



# 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles



# VIII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales



**INTA** Ediciones

Colección  
**DIVULGACIÓN**



## **3° CONGRESO NACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES**



## **VIII CONGRESO INTERNACIONAL SISTEMAS AGROFORESTALES**

**Editor Dr. Pablo Luis Peri**

**7 , 8 y 9 de Mayo 2015  
Iguazú, Misiones - Argentina**



3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles : VII Congreso Internacional  
Sistemas Agroforestales / compilado por Pablo L. Peri. - 1a ed. – Santa Cruz :  
Ediciones INTA, 2015.  
716 p. ; 28x20 cm.

ISBN 978-987-521-611-2

1. Sistemas Silvopastoriles . 2. Sistemas agroforestales. 3. Ganadería. 4. Manejo  
Sustentable. I. Peri, Pablo L., comp. II. Título  
634.0

© Copyright 2015 INTA  
Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo, Misiones, Argentina  
3° CONGRESO NACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES  
VIII CONGRESO INTERNACIONAL SISTEMAS AGROFORESTALES

ISBN:  
978-987-521-611-2

Diseño  
Rafael Carranza  
Diseño y Servicios  
carranza.rafael@gmail.com

Imprimió ErreGé & Asociados  
erregeyasoc@aol.com  
Fecha de impresión: Abril 2015  
Cantidad de ejemplares: 400 ejemplares

Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723

Impreso en Argentina

**ORGANIZADOR**  
**EEA INTA Montecarlo, Misiones, Argentina**

**MIEMBROS DEL COMITÉ ORGANIZADOR INTERNACIONAL**

**Presidente: Florencia Montagnini- Universidad De Yale - EEUU**

***Vice-presidente Honorario:***

*Muhammed Ibrahim - Head of Innovation Program of IICA.-*

***Vicepresidente 1º:***

*Rogério Martins Mauricio - Universidade Federal São João del Rei- Brasil.-*

***Secretario:***

*Enrique Murgueito Restrepo- CIPAV - Colombia.-*

*Tomás Schlichter- Coordinador Programa Nacional Forestal INTA- Argentina*

*Pablo Luis Peri - Jefe de Grupo Forestal - Silvopastoril EEA Santa Cruz - UNPA - CONICET- Argentina*

*Vanderley Porfirio da Silva - EMBRAPA Floresta, PR - Brasil*

*Roxana Maneschi - UFPA PA -Brasil*

*Alvaro Sotomayor Garretón - INFOR - Chile- IUFRO*

*Rolando Barahona Rosales - Universidad Nacional de Colombia sede Medellín - Colombia*

*Claudia Sepúlveda- CATIE-Costa Rica*

*Manuel Sánchez Hermosillo- IICA - República Dominicana*

*Martha Xóchitl Flores - Presidente Fundación Produce Michoacán - Red SSPi de México. - México*

*Eduardo Escalante - Danac Yaracuy - Venezuela*



**COMISIÓN ORGANIZADORA NACIONAL****Presidente Ejecutivo: Hugo E. Fassola****Presidente Honoraria:** *María Cristina Goldfarb INTA-EEA Sombrerito- Corrientes***Vicepresidente:** *Gerardo Mujica-Director - INTA-EEA Delta- Buenos Aires***Secretario:** *Luis Colcombet - EEA INTA Monte Carlo - Misiones***Pro- secretario 1º:** *Jorge Esquivel - AACREA Tierra Colorada - Misiones***Pro- secretario 2 do :** *Martín C. Domínguez - EEA INTA Cerro Azul - Misiones***Tesorería:** *María Belén Rossner -INTA-EEA Cerro Azul - Misiones***Pro Tesorero 1º:** *Juan Carlos Datschke-INTA-EEA Montecarlo - Misiones***Organización y coordinación de moreradores-debates-conclusiones :** *Jorge Fahler, ex invest. INTA, actividad privada- Roberto Fernández- INTA-EEA Montecarlo-Misiones , Fernando Niella - FCF Universidad Nacional de Misiones - Misiones***Sub-Comisión de prensa y difusión:** *Héctor Boccanera - INTA-AER Oberá - y Francisco Pascual -INTA-AER Puerto Rico, Misiones; Lilian Roman - INTA-AER Concordia- Entre Ríos; Julieta Carbajal- Gob. de la Provincia de Corrientes.***Sub-Comisión de viajes:** *Mauro Loto -INTA-EEA Monte Carlo - y Andrea Pantiuk- INTA-EEA Cerro Azul, Misiones***Sub- comisión Página WEB:** *Jorge Marcelo Navall - INTA-EEA Santiago del Estero - Santiago del Estero***REFERENTES y COLABORADORES:****Rosana Ferruchi***INTA-EEA Montecarlo-Misiones***Iris Figueredo***INTA EEA-Montecarlo-Misiones***Jose Luis Houriet***NTA-EEA Cerro Azul-Misiones***Daniel Pavetti***INTA-EEA Cerro Azul-Misiones***Miguel Angel López***Universidad Nacional de Misiones - Misiones***Luis Gandara***INTA-EEA Sombrerito- Corrientes***Lucía Romero***NTA-EEA Bella Vista - Corrientes***Diana Elsa Díaz***INTA-EEA Concordia- Entre Ríos***Edgardo Casaubon***INTA-EEA Delta- Buenos Aires***Paula Ferrere***INTA-AER9 de Julio- Buenos Aires***Pablo Laclau***NTA-AER Tandil - Buenos Aires***Carlos Rossi- Decano***Facultad de Agronomía U. N. de Lomas de Zamora  
Buenos Aires***Martín Zarate***INTA-EEA Santiago del Estero – Santiago del Estero***Adriana Gómez***INTA-EEA Santiago del Estero – Santiago del Estero***José Alberto Gobbi***INTA-C.R. La Pampa- San Luis***Sebastian Kees***INTA-EEA Saenz Peña - Chaco***Stella Marys Bogino***FICES – Villa Mercedes San Luis***Carlos Carranza***INTA-Vivero Forestal Villa Dolores - Córdoba***Gonzalo Caballé***INTA-EEA Bariloche – Río Negro***Esteban Ricardo Thomas***INTA-EEA Alto Valle – Río Negro***Luis Francisco Cosimi***Regional NOA-MAGyP*

**MIEMBROS DEL COMITÉ CIENTÍFICO****Presidente: Pablo Luis Peri (INTA-UNPA-CONICET)****Integrantes**

Santiago M. Lacorte

Pablo Peri

Tomás Schlichter

Javier Gyenge

María Elena Fernández

Martín Pinazo

Carlos Kunst

Verónica Rush

Marcelo de León

Gonzalo Caballé

Nahuel Pachas

Cristina Goldfarb

Carlos Rossi

Hugo Fassola

Carlos Carranza

Luis Colcombet

Marcelo Navall

Guillermo Martinez Pastur

Héctor Bahamonde

Pablo Laclau

María Belén Rossner

Julián Chará

Zoraida Calle

John Jairo Lopera

Enrique Murgueitio

Eduardo Enrique Escalante

Adolfo Cardozo

Ramón Jaimez

Rosana Manesch

Domingos Sávio Campos Paciullo

João Carlos de Carvalho Almeida

Marcelo Francia Arco-Verde

Vanderley Porfirio da Silva

Alexandre Varella

Laercio Couto

Muhammad Ibrahim

Francis Dube

Alvaro Sotomayor

Jaime Salinas

Roberto Scoz

**Institución, lugar**

EEA Montecarlo, Misiones, Argentina

INTA, EEA Santa Cruz, Argentina

Coordinación Forestal Nacional, INTA, Argentina

INTA, EEA Bariloche, Argentina

INTA, EEA Bariloche, Argentina

INTA, EEA Montecarlo, Argentina

INTA, EEA Santiago del Estero, Argentina

INTA, EEA Bariloche, Argentina

INTA, EEA Manfredi; U.N.Cba. , Argentina

INTA, EEA Bariloche, Argentina

EEA Montecarlo, Misiones

INTA, EEA Corrientes, Argentina

U.N. de Lomas de Zamora, Argentina

INTA, EEA Montecarlo, Argentina

INTA, Est. Ftal. Villa Dolores, Argentina

INTA, EEA Montecarlo, Argentina

INTA, EEA Santiago del Estero, Argentina

CADIC-CONICET, Argentina

INTA, EEA Santa Cruz, Argentina

INTA Tandil

EEA Montecarlo, Misiones, Argentina

CIPAV, Colombia

CIPAV, Colombia

CIPAV, Colombia

CIPAV, Colombia

Universidad de los Andes, Venezuela

Universidad Llanos Occidentales, Venezuela

Universidad de los Andes, Venezuela

Universidade Federal do Pará, Brasil

Embrapa, Brasil

UFRRJ, Brasil

Embrapa, Brasil

Embrapa, Brasil

Embrapa, Brasil

Centro para Conservação da Natureza e

Desenvolvimento Sustentável, Brasil

CATIE, Costa Rica

Universidad de Concepcion, Chile

INFOR, Chile

INFOR, Chile

INIA, Uruguay



## PROLOGO

A escala mundial se calcula que mil millones de hectáreas son ocupadas por sistemas agroforestales y silvopastoriles. El territorio ocupado por sistemas pecuarios en nuestro continente supera el 27%, constituyendo la mayor ocupación de tierras destinadas a la producción. En América Latina y en el Caribe, estos sistemas productivos probablemente superen las 300 millones de hectáreas, asociando en diferentes regiones cultivos, pasturas y ganado con árboles y arbustos.

Los grandes desafíos generados por el incremento de la demanda mundial de alimentos de origen animal y productos forestales, los efectos del cambio climático, la pérdida de capital natural y la necesidad de todos los países para lograr el desarrollo sustentable, obligan a trabajar en soluciones innovadoras. Refuerzan la importancia de estos temas los acuerdos de las convenciones de las Naciones Unidas para la biodiversidad, el cambio climático y la degradación de las tierras. Ante este marco, los Sistemas Agroforestales y los Silvopastoriles tienen un rol importante en Latinoamérica, como herramientas para satisfacer la provisión de bienes, la generación de empleo y de servicios ambientales.

En las últimas dos décadas la comunidad científica, algunas empresas innovadoras y numerosas familias campesinas latinoamericanas demostraron que los sistemas agroforestales y silvopastoriles son apropiados para intensificar áreas de pastoreo y además desempeñar un rol estratégico en la provisión de alimentos de buena calidad y bienes forestales, que pueden contribuir fuertemente a la bioeconomía. Al mismo tiempo contribuyen a rehabilitar ecosistemas degradados y mitigar los efectos del cambio climático.

Es un privilegio, en representación de todos los integrantes de la Comisión Organizadora y del Comité Científico-Técnico, de presentar las Actas del VIII Congreso Internacional sobre Sistemas Agroforestales para la Producción Pecuaria y Forestal Sostenible y el III Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles que fuera realizado en la ciudad de Iguazú, Misiones, Argentina, del 7 al 9 de mayo de 2015. Este evento, de gran interés para el desarrollo sustentable de América Latina y el Caribe, tuvo por finalidad crear un ámbito donde se presentó información científica, técnica y de manejo práctico como base para el intercambio del conocimiento, el debate de ideas y puesta en común en la temática silvopastoril y agroforestal en la región. Fue un evento donde la comunidad científica, profesionales del sector, empresas privadas y representantes de entes estatales, participaron mancomunadamente desde sus distintos roles para efectuar un aporte respecto a avances tecnológico y de apropiación social del conocimiento sobre mejores usos de la tierra para generación de riquezas e incrementos del capital natural y social, así como para la generación de servicios ambientales de los agro ecosistemas.

Por último, desde el Comité Organizador y Comité Científico, queremos expresar nuestro agradecimiento a las instituciones organizadoras y auspiciantes que representaron a diferentes sectores de la sociedad, disertantes y a todos los que hicieron posible la realización de este evento.

Florencia Montagnini  
Presidente Comité Organizador  
Internacional

María Cristina Goldfarb  
Presidente Honoraria  
Comisión Organizadora Nacional

Pablo L. Peri  
Presidente del  
Comité Científico-Técnico



# Índice

<b>Área 1: Producción agropecuaria y forestal en los sistemas silvopastoriles y agroforestales .....</b>	<b>1</b>
Mejora del estrato herbáceo en sistemas silvopastoriles de <i>Nothofagus antarctica</i> : Evaluación de especies forrajeras.....	3
Determinación de la actividad antioxidante en infusiones de <i>Nothofagus antarctica</i> (ñire) bajo uso silvopastoril .....	8
Respuesta forrajera de <i>Taraxacum officinale</i> en un sistema silvopastoril de bosque nativo en Patagonia Sur .....	9
Oferta floral de <i>Trifolium repens</i> para la apicultura en un sistema agroforestal con álamos bajo riego .....	14
Evaluación de un raleo bajo enfoque silvopastoral, en un renoval de <i>Nothofagus antarctica</i> (ñire) en la Patagonia Chilena.....	15
Disponibilidad de forraje de <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Trifolium repens</i> en sistemas silvopastoriles con álamos.....	16
Variación en la composición botánica de un sistema silvopastoril de <i>Nothofagus antarctica</i> tras la aplicación de tratamientos de fertilización y riego .....	17
Establecimiento de árboles nativos de interesse ecológico e econômico para Sistemas Silvopastoris Intensivos em Apuí, Amazônia Brasileira .....	21
Alternativas de modelos silvopastoriles en forestaciones de <i>Populus spp</i> en zonas bajo riego en el oasis del Valle de Uco en Mendoza .....	26
La infección con parásitos gastrointestinales y infestación por ectoparásitos en el ganado en el sistema silvopastoral en comparación con el sistema convencional.....	27
Supervivencia y crecimiento vegetativo de plantines de roble ( <i>Quercus robur</i> L.) bajo aplicaciones de herbicidas.....	31
Comportamiento del Gaton Panic bajo un sistema Foresto-ganadero en el sudoeste chaqueño.....	32
Sombreado forestal aplicado a tambos. Simulaciones de cortinas forestales.....	33
Experiencia silvopastoril con <i>Eucalyptus sp.</i> en el departamento Concordia, Entre Ríos .....	37
Evaluación del componente herbáceo en el espinal del noroeste del departamento Concordia, Entre Ríos.....	38
Efecto del sombreado en producción y estacionalidad de un pastizal en Cuenca del Salado .....	39
Ensayo de plantación de especies forrajeras nativas producidas en invernáculo bajo cobertura de pino y estepa en Patagonia.....	43
Producción de carne en un Sistema Silvopastoril de Algarrobos y Grama Rhodes de la Llanura Deprimida de Tucumán, Argentina.....	48
Crecimiento y desarrollo de <i>Tithonia diversifolia</i> Hemsl. A Gray en condiciones de trópico alto .....	53
Produtividade e características químicas da forrageira <i>Tithonia diversifolia</i> .....	58
Cinética de fermentação <i>in vitro</i> da forrageira <i>Tithonia diversifolia</i> .....	63
Sistemas silvopastoriles de la Depresión del Salado. Estructura y biomasa de montes de sauce .....	67
Establecimiento silvopastoral en pequeñas propiedades agrícolas de la zona central de Chile, con <i>Pinus radiata</i> D. Don.....	73
Ensayo de siembra de <i>Thynopirum ponticum</i> y <i>Bromus stamineus</i> bajo pino ponderosa al sur de la provincia del Chubut.....	79
Análisis preliminar de la calidad forrajera de <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) Gray en el Norte de Misiones, Argentina .....	85
Conducta reproductiva de vacas lecheras cruzadas pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos del bosque seco tropical colombiano .....	89
Ecofisiología de sistemas agroforestales: cacaos criollos con árboles maderables .....	93
Efecto de la cobertura arbórea sobre la instalación de especies alternativas al Pino ponderosa en sistemas silvopastoriles del NO Patagónico.....	98
Avaliação <i>in vitro</i> e <i>in situ</i> da forrageira <i>Tithonia diversifolia</i> para nutrição de ruminantes.....	102
Revisión del conocimiento de selección de especies forestales para proveer de sombra a vacas lecheras.....	107
Alternativas de modelos silvopastoriles en forestaciones de <i>Populus spp</i> en zonas bajo riego en el oasis sur en Mendoza.....	112
Efecto de dos diseños silvopastoriles sobre el desarrollo de ramas en <i>Pinus ponderosa</i> . Dougl. ex. Laws. ....	113
Comparación del consumo de forraje y agua y sus correlaciones en un sistema silvopastoril intensivo y uno convencional en tres regiones de Colombia.....	117

Efecto del marco de plantación en la sustentabilidad de sistemas silvopastoriles en la región este de Uruguay.....	123
Ensayos de una vacuna a base de antígenos poliproteicos y una suspensión de hongos acaropatógenos sobre el número de garrapatas <i>Rhipicephalus microplus</i> en bovinos en pastoreo .....	124
Parámetros reproductivos de garrapatas <i>Rhipicephalus microplus</i> obtenidas de bovinos tratados con una vacuna a base de antígenos poliproteicos y una suspensión de hongos acaropatógenos .....	129
Calidad de carne de chivitos criollos neuquinos en sistemas silvopastoriles con pino ponderosa.....	134
Instalación de sistemas silvopastoriles en el delta del Paraná: comportamiento de guías y barbados de sauce como material de propagación.....	138
Calidad forrajera de pasturas en un sistema silvopastoril del delta del Paraná .....	142
Dinámica de la Productividad Primaria Neta en sistemas silvopastoriles cultivados en el NE de Argentina .....	146
Cinética ruminal de <i>Panicum maximum</i> L. cv. Tanzania en un sistema silvopastoril en Chiapas, México. ....	151
Producción de grano y madera en un sistema agroforestal álamo- trigo utilizado como filtro verde .....	156
Cargas parasitarias ocasionadas por <i>Rhipicephalus microplus</i> y su relación con la raza y la productividad animal en fincas ganaderas ubicadas en el bosque seco tropical .....	161
Efecto de la sustitución en la suplementación de un alimento comercial por un subproducto agroindustrial en la producción y composición de la leche bovina en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi). ....	166
Variación mensual de la biomasa del forraje en función del grado de cobertura del dosel en diferentes sistemas silvopastoril.....	171
Composición nutricional y degradabilidad de la materia seca de dietas de sistemas silvopastoriles intensivos y tradicionales en Colombia.....	176
Evaluación de variables de crecimiento animal bajo sistema silvopastoril con dos forrajeras en Misiones.....	182
Producción Primaria Neta Aérea del Componente Herbáceo de Sistemas Silvopastoriles en la Llanura Ondulada del sur de Córdoba .....	187
Desarrollo de modelos de estimación de forrajimasa disponible para ganado caprino en sistemas silvopastoriles .....	192
Sistema silvopastoril implantado con algarrobo blanco y Grama rhodes: avances en un demostrador de la región chaqueña .....	197
Unidad demostrativa y experimental de un Sistema Silvopastoril en el Chaco Semiárido.....	201
Sistema de producción agroforestal inundable del camu-camu ( <i>Myrciaria dubia</i> <i>McVaugh</i> <i>H.B.K.</i> ) en humedal de Loreto-Perú .....	206
Raleo en bosque de ñire para un aprovechamiento multipropósito.....	214
Evaluación plantaciones de ñire en la Reserva Nacional Coyhaique.....	219
Perfil lipídico en carne de bovinos manejados en sistemas silvopastoriles y convencionales en el trópico colombiano .....	224
Terneza y color en carne de novillos cebados en sistemas silvopastoriles intensivos y tradicionales en el Trópico Colombiano .....	229
Productividad, composición botánica y receptividad ganadera de un pastizal bajo monte de sauce ( <i>Salix humboldtiana</i> ) en las islas del Pre Delta en Diamante, provincia de Entre Ríos, Argentina .....	234
El componente arbóreo del sistema silvopastoril tradicional cercos vivos en el trópico húmedo de México .....	239
Efecto de la densidad de plantación de <i>Grevillea robusta</i> A. Cunn. sobre la calidad de la madera en vistas a un uso potencial en sistemas agroforestales .....	243
Prácticas culturales de implantación de sauces en la Depresión del Salado .....	249
Uso del nitrógeno en la ganadería de leche bajo sistemas silvopastoriles intensivos y convencionales en el trópico colombiano .....	257
Modelos integrados de producción carne y madera: la evolución reciente en el Uruguay .....	263
Impacto de la <i>Collaria spp.</i> en Sistemas silvopastoriles intensivos –SSPi y Sistemas convencionales, monocultivo de pasto Kikuyo, <i>Pennisetum clandestinum</i> .....	269
Desarrollo de un simulador para manejo de producciones silvopastoriles sobre campo natural .....	274
Productos forestales no maderos en bosques de ñire bajo uso silvopastoril: Obtención de tintes naturales de <i>Misodendrum punctulatum</i> .....	281
Productos forestales no maderos en bosques de ñire bajo uso silvopastoril: Obtención de tintes naturales de <i>Usnea barbata</i> .....	285
Efecto de la cobertura arbórea sobre desempeño reproductivo postparto y ganancia de peso de vacas brahman .....	289

Efecto de la sombra en cambios estructurales de <i>Brachiarias</i> asociadas a <i>T.diversifolia</i> y/o <i>C.argentea</i> .....	294
Nuevo sistema de pastoreo rotativo.....	299
Sistema extensivo versus sistema silvipastoril intensivo para pecuária de leite na Amazônia Brasileira: produtividade, benefícios socioeconômicos e ecossistêmicos para mitigação e adaptação às mudanças climáticas.....	304
Biomassa da serapilheira em Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), Sistema agroflorestal (SAF) e Floresta estacional no Cerrado .....	309
Estado del conocimiento de las investigaciones en sistemas agro-silvo-pastoriles: una mirada para Sudamérica.....	313
Rasgos de especies forrajeras basados en diversidad funcional asociados a la producción de biomasa que contribuyen a la decisión de ganaderos en zonas secas.....	317
Diseño de un sistema silvipastoril implantado empleando el software de predicción de niveles de radiación “Shade Motion”....	323
Composición botánica, disponibilidad y valor pastoral del componente forrajero en un sistema agroforestogadano, Corrientes Argentina.....	328
Un nuevo modelo productivo integrado: El sistema silvoapícola pastoril .....	333
Evaluación preliminar del desempeño de ganado de carne Hereford ( <i>Bos taurus</i> ) en sistemas de producción silvipastoriles y campo natural del sureste uruguayo. ....	336
Pautas preliminares y teóricas para el aprovechamiento silvipastoril en bosques nativos de dos quebrachos de Salta.....	340
Fenología y preferencias alimentarias por cabras trashumantes en seis agostaderos montañosos del suroeste de México.....	345
Calidad de productos forestales en los sistemas silvipastoriles en la provincia de misiones y NE de Corrientes, Argentina.....	351
Produção de forragem e valor nutritivo da <i>urochloa brizantha</i> cv. Marandu, em função do sombreamento e da adubação.....	355
Evaluación preliminar de un sistema silvopastoral en la estepa de <i>Acacia caven</i> presente en el secano interior la zona central de Chile.....	360
Análisis de variables dasométricas en sistemas silvipastoriles de pino híbrido con braquiaria y pastizales naturales mediante regresión heteroscedástica .....	365
Calidad de madera de <i>Pinus taeda</i> de 20 años de edad proveniente de rodales con diferente manejo silvícola.....	372
Caracterización de un sistema productivo con bosque nativo del establecimiento “La Sombrilla” en el departamento Gral. Obligado, Santa Fe, Argentina.....	377
.....	381
.....	385
<b>Área 2: Aspectos económicos y sociales de los sistemas silvipastoriles y agroforestales.....</b>	<b>389</b>
Política forestal en apoyo a la implementación de sistemas silvipastoriles en Argentina .....	391
Programa piloto de transferencia y fomento agroforestal, provincia de Palena, Chile. Estudio de caso, manejo silvopastoral en bosques de <i>Lomatia hirsuta</i> (radal) .....	397
Programa educativo ambiental para la promoción de agroforestería, Quebrada negra, Barinas, Venezuela .....	398
Sistemas agroflorestais e a recomposição da Reserva Legal de imóveis rurais no Brasil.....	399
Contribución al conocimiento del ingreso bruto de un sistema silvipastoril en la provincia del Chaco.....	403
Razones que afectan la adopción de tecnología de la pequeña producción familiar silvipastoril en Itacaruaré, Misiones.....	408
Análisis de sustentabilidad en planteos silvipastoriles para pequeños productores de Eldorado, Misiones:	
3- Dimensión económica. ....	412
Análisis de sustentabilidad en planteos silvipastoriles para pequeños productores de Eldorado, Misiones:	
2- Dimensión social. ....	418
Desarrollo de los Sistemas Silvopastoriles a través del Asociativismo.....	424
Viabilidade Econômica da Gliricídia ( <i>Gliricidia Sepium</i> ) na Implantação de Cercas Vivas .....	425
Instrumentos de Política Pública y Sistemas Silvopastoriles .....	429
Guía de recomendaciones para el manejo de Sistemas Silvopastoriles en Santiago del Estero.....	434
Regulaciones para el manejo ganadero en el marco de la ley de bosques en la región chaqueña.....	439

Sistemas agroforestales y su contribución a un desarrollo silvoagropecuario sustentable en Chile .....	444
Sistemas silvopastoriles en el NO Patagónico.....	453
Árboles nativos dendroenergéticos: diálogo de saberes con campesinos.....	454
Sistemas silvopastoriles en Uruguay; un sistema productivo que no se adopta con solo promocionarlo.....	458
Análisis de los beneficios de la adopción de sistemas silvopastoriles en la producción de carne y leche en Colombia (Estudios de caso).....	459
Estrategia de comunicación para el Grupo Agroforestal de INTA Reconquista .....	463
Análisis Económico de Programas Silvopastoriles .....	467
Análisis económico financiero de un sistema agroforestal apícola en el centro norte de la Provincia de Buenos Aires .....	473
.....	478
<b>Área 3: Sistemas silvopastorilesy agroforestales: aspectos ambientales y mitigación al cambio climático.....</b>	<b>481</b>
Descomposición y liberación de nutrientes de heces ovinas en bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> (ñire) bajo uso silvopastoril .....	483
Exportación de nutrientes en bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> (ñire) raleados para uso silvopastoril. Pautas para su atenuación .....	484
Silvopastoreo en robledales viejos con distintos grados de cobertura como una opción de manejo sustentable en la Región del Biobío, Chile.....	490
Conversión a una ganadería sustentable sector Peña Larga, Cuenca del Masparro, Barinas, Venezuela.....	491
Monitoreo de copas empleando fotos hemisféricas en raleos de <i>Nothofagus antarctica</i> en Tierra del Fuego .....	492
Herramientas para la conservación de la biodiversidad en bosques bajo uso silvopastoril de <i>Nothofagus antarctica</i> en Tierra del Fuego .....	497
Propiedades físico-químicas del suelo de bosques de ñire ( <i>Nothofagus antarctica</i> ) con y sin uso silvopastoril .....	502
Valoración de áreas de regeneración natural (rastrojos) para la conformación de sistemas agrosostenibles en paisajes ganaderos de la Amazonia colombiana. ....	506
Planificación y diseño de sistemas agroforestales basados en la calidad del suelo: caso Estado de México.....	511
Recuperación de bosque degradado en el Chaco Árido. I- Efecto de clausura temporaria y siembra sobre la producción de forraje.....	515
Recuperación de bosque degradado en el Chaco Árido. II- Efecto de clausura temporaria, fajas de ramas y siembra sobre retención y acumulación de suelo.....	516
Recuperación de bosque degradado en el Chaco Árido. III- Evaluación de sitios seguros para la regeneración de <i>Aspidosperma quebracho blanco</i> .....	517
Distribución de la precipitación en un bosque de pino radiata con manejo silvopastoril vs. forestal tradicional.....	518
Variación de temperatura y humedad del suelo durante el período invernal en situaciones de cielo abierto y bajo un sistema Silvopastoril en el NE de la Provincia de Corrientes-Argentina .....	522
Medición de la biomasa microbiana del suelo en un sistema agroforesto ganadero (SAFG) con pino híbrido en Corrientes, Argentina. ....	527
Biomasa y actividad microbiana del suelo en un sistema silvopastoril con pinos en la Patagonia Andina .....	532
Retrospectiva ecológica de la microcuenca alta de la Quebrada Grande, Municipio de San Antonio de Tequendama Cundinamarca-Colombia. ....	537
Actividad enzimática y biomasa microbiana del suelo en sistemas silvopastoriles del Chaco.....	538
Cantidad y distribución de luz incidente bajo la canopia en un sistema agroforestoganadero (SAFG) con pino híbrido en Corrientes, Argentina. ....	544
Fertilidad del suelo en un sistema agro-foresto-ganadero (SAFG) con pino híbrido en Corrientes Argentina. ....	545
Gestión del suelo en las existencias del Carbón Orgánico en un sistema agroforestal del Sur de España.....	546
Proceso de lignificación en la provincia de La Pampa, Argentina. Identificación a partir de sensores remotos.....	554
Selectividad del ganado vacuno por especies arbóreas de importancia forestal en las Yungas argentinas .....	560



Sistemas agroforestales: medida de adaptación al cambio climático en el Trópico Mexicano .....	561
Determinación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de la orina y el estiércol bovino en dos sistemas de pastoreo orientados a la producción de leche .....	565
Flujos de gases de efecto invernadero (GEI) en praderas de dos sistemas para la producción de leche bovina y un bosque secundario bajo condiciones de Bs-T .....	570
Captura de C en sistemas agroforestales y silvopastoriles (SSP) .....	576
Agroforestería: una alternativa agroecológica para el manejo de la erosión eólica en la cuenca del valle de México .....	580
Un marco ecológico para establecer márgenes de manejo de sistemas silvopastoriles. 1- El caso de ñirantales del norte de la Patagonia, Argentina .....	584
Degradabilidad y producción <i>in vitro</i> de metano de dietas para ganado lechero en sistemas silvopastoriles intensivos y convencionales .....	591
Influencia de las formas de carbono orgánico en las propiedades edáficas en un sistema silvopastoril de Tucumán, Argentina. ...	596
Impacto de diferentes usos ganaderos sobre las comunidades de coleópteros en pastizales y bosque nativo de ñire ( <i>Nothofagus antarctica</i> ) en Tierra del Fuego .....	601
Estimación de la huella de carbono en sistemas silvopastoriles intensivos y convencionales para la producción de leche bovina en Colombia .....	606
Emisiones de metano en sistemas de producción con y sin inclusión de <i>Leucaena leucocephala</i> .....	611
Estimación de carbono aéreo y subterráneo en sistemas silvopastoriles intensivos de Colombia .....	616
Identificação de espécie de cigarrinha das pastagens parasitada por fungo, em sistema silvipastoril .....	622
Sistemas silvopastoriles intensivos: Elementos claves para la rehabilitación de la función ecológica de los escarabajos del estiércol en fincas ganaderas del valle del río Cesar, Colombia .....	626
Dinámica del carbono orgánico de suelo en sistemas forestales y silvopastoriles del NE de Corrientes .....	631
Aprovechamiento de la potencialidad silvopastoril como alternativa para el control de incendios en la Reserva Natural Militar La Calera, Córdoba (Argentina) .....	636
Un marco ecológico para establecer márgenes de manejo de sistemas silvopastoriles. 2- El caso de ñirantales de Patagonia Sur, Argentina. ....	641
Caracterización de las variables de rodal que condicionan la radiación fotosintéticamente activa incidente bajo el dosel de <i>Eucalyptus grandis</i> bajo uso silvopastoril .....	646
Restauración de paisajes y producción de alimentos orgánicos en sistema agroforestal .....	651
Análisis de sustentabilidad en planteos silvopastoriles para pequeños productores de Eldorado, Misiones: 1- Dimensión ecológica. ....	655
Diversidad de escarabajos coprófagos en sistemas silvopastoriles del Valle del río Cesar, Colombia. ....	662
Estudio de composición florística nativa del sistema silvopastoril y campo natural del sureste uruguayo .....	667
Rol de la vegetación espontánea en el manejo de hormigas cortadoras en un sistema silvopastoril de salicáceas en el delta del Paraná .....	671
Producción <i>in vitro</i> de metano de dietas ofrecidas en sistemas silvopastoriles intensivos con <i>Tithonia diversifolia</i> y sistemas tradicionales .....	672
Emisiones <i>in vivo</i> de metano en sistemas de producción con y sin inclusión de <i>Tithonia diversifolia</i> .....	678
Impacto del pago por servicios ambientales y la asistencia técnica en silvopastoriles en Quindío, Colombia .....	683
Sistemas Silvopastoriles: ¿Cómo Afectan Las Propiedades Bioquímicas De Suelos Templados? .....	688
Relación de variables meteorológicas y cálculo de ITH, en un sistema intensivo de ganado de leche en el norte de Antioquia. ...	694
Tecnologías de manejo sustentable de chañar en el NO de Santa Fe .....	699
Biodiversidad en Sistemas Silvopastoriles Intensivos .....	700
Transformación de un bosque secundario degradado en sistema silvopastoril. Efectos en la calidad biológica de suelos .....	705
Carbono retenido por la hojarasca y la biomasa radicular en diferentes usos del suelo del oeste de la provincia del Chaco, Argentina .....	710

# Índice Autores

Abanto, R.C.; .....	206	Broom, D.M. ....	385
Accietto, R. ....	636	Buduba, C.G. ....	43, 79, 518
Acosta, Alejandro.....	467	Bueno, H. ....	336, 667
Acuña, B. ....	15, 397	Bussoni, A. ....	123, 263, 274
Aguilar, R. ....	239	Caballé, G. ....	33, 98, 107, 113, 134, 453, 532
Ahrens, C. ....	399	Cabrini, S. ....	473
Albanesi, A. ....	538, 705	Calderón, A. D. ....	26, 112
Alcântra, M. ....	304	Caldez, L.B. ....	48, 596
Alonso, P. ....	502	Calle-Díaz, Z. ....	700
Alvarez, J. ....	263	Calsavara, L. H. F. ....	58, 63
Alves Gonçalves, R. ....	309	Camacho Ronquillo, J.C. ....	345
Alves, Ch. E. ....	206	Cámara, J. ....	239
Amaral, J. ....	651	Camargo García, J. C. ....	616
Angarita Amaya, E. ....	611	Campagnani, M.O. ....	622
Angulo Arizala, J. ....	53	Cancio, H. ....	16
Angulo, J. ....	124, 129, 294	Cangussú, M. ....	622
Anriquez, A. ....	705	Cantet, J. M. ....	611
Aparicio, J. L. ....	365	Capellari, A. ....	182
Aranda, R. ....	328, 527, 544, 545	Capozzolo, M.C. ....	377, 463, 699
Araque, O. ....	93	Carbonero Muñoz, M. ....	546
Area, M. C. ....	372	Cárcamo-Rico, B. ....	511, 561, 580
Arias Giraldo, L. M. ....	616	Cardozo, A. ....	584
Arias, M. ....	381	Cardozo, F. ....	699
Arias, S. ....	705	Carmona, J.C. ....	289
Arnulphi, S. ....	636	Carranza, C. A. ....	391, 515, 516, 517
Auad, A. ....	622	Carrero, G. C. ....	21, 304
Avogadro, E. ....	412, 418, 655	Caruso, C. ....	43
Ayala, O. ....	112	Carvalho, W. T. V. ....	102
Babi, H. ....	408	Casado, M. V. ....	32
Bahamonde, H. ....	3, 313, 483, 484, 492	Casal, A. ....	39
Bahamón Díaz, W.Y. ....	506	Casaubón, E.A. ....	138, 142, 671
Ballón, M. ....	48	Castaño, K. ....	636
Banegas, N. ....	48, 596	Castro, C.G. ....	463, 699
Barahona Rosales, R. ....	89, 117, 161, 176, 224, 229, 257, 565, 570, 591, 606, 611, 672, 678	Castro, German ....	377
Barahona, R. ....	124, 129	Cavaliere, J. M. ....	32
Bardales, L.R. ....	206	Cavallero, M.L. ....	584
Barragán, W. ....	294	Ceballos, R. B. ....	596
Barrera, M. ....	601	Cellini, J.M. ....	492, 601
Barth, S.R. ....	243, 351	Cenamo, M.C. ....	304
Barton, D.N. ....	683	Cerrillo, T. ....	138
Bartra, J.K.H. ....	171	César, D. ....	336, 667
Benvenutti, M. A. ....	299	Céspedes Flores, F.E. ....	710
Bernardis,, A.C. ....	710	Chaparro, J. J. ....	124, 129
Bernasconi, J. ....	636	Chará Orozco, J. D. ....	117
Bertoli, B. ....	31	Chará, J. ....	89, 166, 224, 257, 269, 565, 570, 591, 606, 611, 616, 636, 662, 672, 678, 700
Bettarello, M.M. ....	21, 304	Chervin, M. ....	439
Bilhassi, T.B. ....	27	Chifarelli, D. H. ....	424, 412, 418, 655
Bobadilla, P.E. ....	336, 667	Chiossone, J. L. ....	403
Bonet, J.M. ....	197	Christiansen, R. ....	3
Borrelli, L. ....	134	Cibils, O. A. ....	299
Boscana, M. ....	123	Cisternas Mandujano, J.C. ....	214, 219
Bosch, Daniel ....	377	Clausen, L. ....	197
Bottegal, D. ....	48	Cocco, M. ....	38
Brassiolo, M. ....	192	Colcombet, L. ....	85
Briceño, E. ....	491	Cora, A. ....	636

Corbella, R. ....	48, 596	Garibaldi, L.A. ....	584
Coria, D. ....	434	Gastaldi, B. ....	8
Cornaglia, P. ....	142	Gauchat, M. E. ....	243
Correa Londoño, G. ....	611	Giancola, S. ....	408
Cossio, A. ....	214	Giglioti, R. ....	27
Costas, R. A. ....	424	Gil, A. ....	336, 667
Criollo, D. ....	317	Giménez, A. M. ....	243
Cruz León, A. ....	454	Giménez, L.I. ....	182
Cruz-Hernández, S. ....	511, 561	Giraldo, C. ....	124, 129, 700
Cubbage, F. ....	263	Giraldo-Echeverri, C. ....	626, 662
Cunzolo, S. ....	134	Gobbi, J.A. ....	710
de la Peña, C. ....	37, 38	Godoy, M. ....	98
de Sena Oliveira, M.C. ....	27	Goldfarb, M.C. ....	328, 478, 527, 544, 545
Deambrosi, A. ....	377	Gómez Castro, A. G. ....	345
Delarota, G. ....	58, 63, 102	Gómez, A. ....	192, 197, 434
Delgado, E. ....	398, 491	Gómez, F. ....	518
Delmiro Oliveira, F. ....	309	Gonda, H. ....	79
Despósito, C.D. ....	340	González, Adrian ....	142
Di Gerónimo, P.F. ....	688	González, Andrés ....	434
Dias Rabelo, M. ....	27	González, G.L. ....	234
Díaz, A.I. ....	506	González, S. ....	8
Díaz-Jaimes, L. ....	546	Gonzalez-Polo, M. ....	532
Dieguez F. ....	274	Gorosito, N.B. ....	671
Diez, J.P. ....	98, 113	Goyheneix, M. ....	281, 285
Domínguez Daguer, D. ....	33, 107	Grande, D. ....	239
Dominguez Nuñez, J. ....	705	Grasso, D. ....	538
Doncys, G. ....	257	Griffiths, N. ....	439
Donney's Lemos, G. ....	117, 176, 591, 611, 672, 678	Guimarães, L.E. ....	309
Dossman Gil, M. A. ....	616	Gunther, R. ....	646
Doussoulin, M. ....	490	Gurini, Laura ....	333
Dube, F. ....	490	Gurini, L.B. ....	671
e Silveira, S. R. ....	58, 63, 102	Gusmão, M.R. ....	27
Echeverri, D.M. ....	694	Guzman, L. ....	317
Eclesia, R. P. ....	146, 636	Gyenge, J. ....	156, 187
Ely, F. ....	93	Hansen, N. ....	584
Escobar, F. ....	636, 662	Hansen, N. ....	79
Esquivel, J. ....	478	Hernández, M. ....	700
Estrada-Becerra, C.M. ....	511	Huertas, S. ....	336, 667
Faggioli, V. S. ....	527	Ibrahim, M. ....	683
Fassola, H.E. ....	243, 351, 372	Icardi, M. ....	156
Fernández Rebollo, P. ....	546	Iman, C.S. ....	206
Fernández, J.A. ....	710	Jacauna, M.A. ....	21
Fernandez, M.E. ....	688	Jaimez, R.E. ....	93
Fernández, P.C. ....	671	Jaldo Álvaro ....	408
Ferrari Usandizaga, S. C. ....	544	Jankovic, V. ....	39
Ferreira, G. ....	263	Jiménez Ferrer, G. ....	151
Ferrere, P. ....	333, 473	Joseau, M. J. ....	243
Feuillade, D. ....	434	Kañas, K. ....	398
Fiandino, S. ....	156, 187	Karlin, M. ....	636
Flores Palenzona, M. ....	37, 38	Kees, S. M. ....	403
Franceschi Nicodemo, M.L. ....	27	Kimmich, G. ....	85, 146, 636
Franco Guerra, F. J. ....	345	Ku Vera, J. ....	151
Freitas, D. S. ....	58, 63, 102	Kunst, Carlos ....	434
Froufe, L.C. ....	651	Kurtz, V. ....	182, 424
Fuser, C. ....	38	La Manna, L. ....	518
Gallego Castro, L.A. ....	53	Lacecini, M. V. ....	408
García Martínez, G.C. ....	43, 79	Laclau, P. ....	31, 33, 67, 107, 249, 391, 429, 688
García, J. R. ....	596	Lacorte, S. M. ....	478, 522
Gargaglione, V. ....	3, 9, 17, 313, 483, 484	Lara Bueno, A. ....	454

Lara, J.E. ....	48	Muñoz Saéz, F. ....	360
Lauria, J. ....	37	Murgueitio, E. ....	166, 229, 336, 606, 616, 626, 662, 667, 269, 700
Ledesma, M. ....	340, 515, 516, 517	Murillo, N. ....	31
Ledesma, R. ....	434	Nagahama, N. ....	43
Lencinas, M.V. ....	313, 492, 497, 502, 601	Nahed, J. ....	239
León Velasco, H. ....	151	Nasca, J.A. ....	48
Libutski, J. R. ....	424	Nascimento, K. B. ....	102
Llorens, E. ....	554	Navall, M. ....	434
Loguercio, G.A. ....	43, 79	Néo, T.A. ....	27
Lopera, J. J. ....	269, 616, 678	Neves Calil, F. ....	309
López, D. ....	584, 641	Nicodemo, M.L.F. ....	171
Lorea, L. ....	249	Noriega-Altamirano, G. ....	511, 561, 580
Loto, M. ....	85	Núñez, F. ....	328, 527, 544, 545
Lucero, A. ....	73, 360	Ochoa, D. E. ....	269
Luchina, J. ....	48, 596	Ochoa, M. A. ....	112
Luiz, H.R. ....	622	Oliveira, L.B. ....	355
Macedo Pezzopane, J.R. ....	27	Olmeda, F. ....	234
Madoz, G. ....	138	Opazo, W. ....	43
Madureira, A. P. ....	58, 63, 102	Oprandi, G.O. ....	699
Mahecha, L. ....	53, 124, 129, 289, 294	Orjuela Chaves, J.A. ....	506
Maldonado Torres, R. ....	454	Ormaechea, S. ....	9, 313
Malizia, L. R. ....	560	Osorio, J. F. ....	289
Maneschy, R. Q. ....	425	Osses, J. ....	219
Marcito Arrieta, O. ....	345	Oyharçabal, E. ....	43, 79
Marcovecchio, J. ....	391	Paciullo, D. S. C. ....	58, 63, 102
Margherit, L. ....	463	Paez, J.A. ....	391
Marques, M.N.C. ....	425	Palma, W. ....	219
Márquez, S.M. ....	269, 694	Pantiu, A.J. ....	182
Martínez Calsina, L. ....	48, 596	Paredes, D.E. ....	206
Martínez Pastur, G. ....	313, 492, 497, 502, 601, 641	Paredes, J. ....	491
Martins, A.D. ....	355	Parras-Alcántara ....	546
Massa, A. ....	197	Pavetti, D. R. ....	299
Massa, E. ....	234	Percara, C. ....	38
Mathews, D.J.P. ....	206	Pereira, L. G. ....	102
Mattenet, F.J. ....	8, 281, 285	Pérez Luna ....	151
Mauricio, R. M. ....	58, 63, 102	Perez, H.E. ....	48
Mayo, J. P. ....	3	Pérez, N. ....	317, 491
Mayorga Mogollon, O. L. ....	611	Pérez, P.G. ....	48
Mazzarino, M. J. ....	532	Peri, P.L. ....	3, 8, 9, 15, 17, 142, 281, 285, 313, 391, 483, 484, 492, 497, 584, 601, 641
Mazzini, F. ....	560	Perri D.V. ....	671
Melo Quintana, G. ....	537	Pezzutti, R. ....	372
Melo Silva-Neto, C. ....	309	Piaggio, J. ....	336, 667
Michela, J.F. ....	403	Picasso ....	123, 263
Molina Botero, I. C. ....	176, 591, 611, 672, 678	Pighin, D. ....	134
Molina Durán, C. H. ....	117, 257, 565, 570	Pinedo, P.M. ....	206
Molina Durán, E. J. ....	565, 570	Pinilla Suárez, J. C. ....	360
Molina Echeverry, J. J. ....	565, 570	Pinto Núñez, R. ....	214
Moncada, A. C. ....	124, 129	Piñeiro, G. ....	631
Moncada, H. A. ....	289	Plasencia, A. ....	48, 596
Monelos, L.H. ....	8	Plevich, J. O. ....	156, 187
Montagnini, F. ....	576	Poey, S. ....	554
Montero, E. ....	14	Polla, C. ....	336, 667
Montoya Rodríguez, C. ....	224, 229	Queiroz, J. F. ....	425
Montoya Uribe, S. ....	117, 257, 166, 611, 678	Quirós Villalba, O.G. ....	328, 527, 544, 545
Montoya-Lerma, J. ....	636, 662	Rebora, C. ....	26
Montoya-Molina, S. ....	636, 662	Rédua, S. ....	651
Moreno Elcure, F. ....	546	Relva, M.A. ....	560
Moreno, J. ....	317		
Müller-Using, B. ....	490		



Reyes Montoya, E. ....	459	Sosa Lovato, S. ....	3
Ribeiro, R. S. ....	58, 63, 102	Sotomayor, A. ....	15, 73, 360, 397, 444
Righi, C.A. ....	171	Sousa, J.T.L. ....	355
Rivera Herrera, J. E. ....	166, 176, 565, 570, 591, 606, 611, 616, 672, 678	Sousa, L.F. ....	355
Robalino, J. ....	683	Steenbock, W. ....	651
Robledo, M. S. ....	26	Stefanazzi, I. ....	554
Rodríguez, M. ....	491	Stevani, R. ....	412, 418, 655
Rodríguez-Neave, F. ....	511, 561, 580	Stolpe, N. ....	490
Rogério Martins, M. ....	622	Suárez, F.A. ....	48
Rojas, C. ....	317	Suárez, J. F. ....	89, 124, 129
Roldán Bernhard, S.D. ....	201	Suirezs, T.M. ....	372
Roman, L. ....	37, 38	Tamer, A. ....	197
Romero, A. ....	538	Tarabini, M. ....	518
Romero, L. ....	646	Tarico, J. C. ....	156, 187
Romero, M. ....	570	Tezara, W. ....	93
Rossi, C.A. ....	234	Thomas, E. ....	14, 16
Rossner, M.B. ....	85, 146, 636	Thuane, C.G. ....	27
Rossner, V.A. ....	146	Tobar, D. ....	683
Rueda, M. ....	192	Toledo, L. ....	491
Rufini, S. ....	636	Tomsic, Pablo ....	434
Ruiz-Cortés, T. ....	89	Tondi, M. ....	112
Ruizdiaz, A. ....	646	Toro Manríquez, M. ....	502
Rusch, G. ....	584, 641	Torres, C. G. ....	365
Rusch, V. ....	584, 641	Torres, J.C. ....	48
Sacramento, J. P. ....	58, 63, 102	Trinidad, F. I. ....	345
Salazar Benjumea, R. ....	161	Uguet Vaquer Piloni, J. P. ....	522
Salinas, J. ....	15, 397	Uribe Gómez, M. ....	454
Salinas-Cortés, A.D. ....	561	Uribe, F. ....	166
Sanabria, M.C. ....	545	Utello, M. J. ....	156, 187
Sanchez Delgado, A. R. ....	156, 187	Valdés Smukas, G. ....	67
Sánchez Rodríguez, M. ....	345	Valdivieso, A. ....	239
Sánchez, P. ....	161	Varela, F. ....	274
Sánchez, S. ....	124, 129	Varela, S. ....	98
Sánchez-Jardón, L. ....	313	Vázquez, P. ....	554
Sangregorio, S. ....	14	Vega, H. ....	48
Santos, A.C. ....	355	Vergara-Sánchez, M.Á. ....	511, 561, 580
Santos, J.G.D. ....	355	Viccini, R. ....	403
Sarasola, M.M. ....	584	Vicente, A. ....	304
Saravia, Juan ....	201	Videla, C. ....	688
Sardinha, A. M. ....	21	Videla, D. ....	372
Schindler, S. ....	497	Vignolio, O. ....	31
Schinelli, T. ....	43	Vila, F. ....	336, 667
Schlichter, T. ....	391	Villar, D. ....	124, 129
Schneider, C. ....	636	Villarreal Espino Barros, O.A. ....	345
Scoz, R. J. ....	458	Villarroel, A. ....	73
Seoane, C. E. ....	651	Villaverde, R. ....	67
Sheridan, M. ....	14	Villegas Sánchez, G. ....	117, 166, 176, 257, 591, 611, 616, 672, 678
Sierra-Montoya, E. ....	89	von Müller, A. ....	584
Signorelli, A. ....	473	Winck, R.A. ....	351, 372
Silberman, J. ....	538, 705	Yescas Albarrán, C. A. ....	454
Silveira Junior, O. ....	355	Zagal, E. ....	490
Skoko, J. J. ....	403	Zamuner, E.C. ....	688
Solarte, A. ....	683	Zapata, C. ....	683
Soler, R.M. ....	313, 492, 497, 502, 601	Zarate, M. ....	197, 323
Sorondo, M. ....	473	Zimerman, M. ....	48, 134

# AREA

---

# 1

## **Producción agropecuaria y forestal en los sistemas silvopastoriles y agroforestales**



# Mejora del estrato herbáceo en sistemas silvopastoriles de *Nothofagus antarctica*: Evaluación de especies forrajeras

Gargaglione, V<sup>1</sup>.; Peri, P.L.; Sosa Lovato, S.; Bahamonde, H.; Mayo, J. P.; Christiansen, R.

## Resumen

Actualmente el 70% de los bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) en Patagonia están siendo utilizados como sistemas silvopastoriles (SSP). Este trabajo evaluó la producción de especies forrajeras y el estrato herbáceo natural en SSP de ñire con diferentes condiciones hídricas y de fertilización. El estudio se ubicó en el SO de Santa Cruz, en un SSP de ñire donde se instalaron 12 parcelas de 6 x 6 m sembradas con *Bromus catharticus*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium pratense* y *Trifolium repens*, en un diseño de parcelas divididas con 3 repeticiones. Dentro de cada parcela se aplicaron dos niveles de riego (secano vs. irrigado) y tres niveles de fertilización, agregando 0, 100 y 200 Kg de N ha<sup>-1</sup> en el caso de las gramíneas y 0, 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup> de P para leguminosas. A su vez, se instalaron tres parcelas testigo con estrato herbáceo natural con los mismos tratamientos. A excepción de *Bromus catharticus*, todas las especies lograron un alto porcentaje de implantación. Se encontraron diferencias significativas según la especie, el estado hídrico y nivel de fertilizante. La mayor producción se obtuvo con *Dactylis glomerata* con riego y nivel medio de fertilización (6347 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) seguido por el estrato herbáceo natural con riego y máximo nivel de fertilización (5729 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y *Trifolium pratense* con riego y sin fertilizante (5207 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>). *Trifolium repens* en secano obtuvo significativamente el menor valor de producción de biomasa (394 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>). *Dactylis glomerata* se muestra como una buena opción para mejorar la productividad de estos sistemas silvopastoriles, como así también fertilizar el estrato herbáceo natural. Este tipo de información permite evaluar el potencial mejoramiento productivo de los SSP en la región.

**Palabras claves:** *Dactylis glomerata*, bosque nativo, Patagonia, ñire.

## Evaluation of different pasture species to improve dry matter production in *Nothofagus antarctica* silvopastoral systems

## Abstract

Patagonian *Nothofagus antarctica* (ñire) forest are usually used as silvopastoral systems (SPS). A split-split plot experiment was conducted in SW Santa Cruz, Argentina, to study the effects of water status and fertilization on dry matter production of four forage species and natural pasture growing in a SPS. This study was carried out in ñire forest with silvopastoral use where 12 plots of 6 x 6 m were sown with *Bromus catharticus*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens* and *Trifolium pratense* individually in each plot (n=3), and another three plots with natural understory were selected as control. Each plot was divided into two irrigation levels, and sub-divided in three levels of fertilizer application: low, medium and high. Levels for grasses were 0, 100 and 200 kg of N ha<sup>-1</sup> and for legumes were 0, 50 and 100 kg P ha<sup>-1</sup>. All species achieved a good establishment with the only exception of *Bromus catharticus*. Significant differences were found according to specie, water condition and fertilizer level, where *Dactylis glomerata* under irrigation and 100 kg N ha<sup>-1</sup> obtained the highest biomass production (6347 kg MS ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>), followed by natural grasses under irrigation and 200 kg N ha<sup>-1</sup> (5729 kg DM ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>) and *Trifolium pratense* under irrigation (5207 kg DM ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>). In contrast, the lowest production was for *Trifolium repens* in rainfed (394 kg DM ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>). *Dactylis glomerata* showed as a good option to improve *N. antarctica* silvopastoral production, as well fertilized natural understory grasses.

**Key words:** *Dactylis glomerata*, native forest, Patagonia, ñire.

<sup>1</sup> INTA EEA Santa Cruz-UNPA, Mahatma Gandhi 1322 CP 9400 Río Gallegos, e-mail: gargaglione.veronica@inta.gob.ar



## Introducción

Actualmente se estima que el 70 % de los bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) se utilizan como sistemas silvopastoriles de manera extensiva (Peri, 2009). La productividad del estrato herbáceo suele estar condicionada por la calidad de sitio y la cobertura de copas que condiciona la cantidad de luz que llega al sotobosque (Scholes y Archer, 1997, Peri, 2009, Gargaglione et al., 2014). En este sentido, una alternativa para mejorar la producción de materia seca del estrato herbáceo en estos sistemas sería la implantación de especies tolerantes a cierto nivel de sombreado. En este sentido, si bien existen antecedentes de producción del estrato herbáceo natural bajo la cobertura de ñire, son escasos los estudios acerca de mejoras del estrato herbáceo mediante la implantación de especies

adaptadas (Peri et al., 2012). Dentro de las especies comúnmente conocidas como tolerantes a la sombra se encuentran el pasto ovillo (*Dactylis glomerata*), cebadilla criolla (*Bromus catharticus*) y trébol rojo (*Trifolium repens*) (Maddaloni y Ferrari, 2001; Devkota et al., 1997). Estas especies han sido ya probadas en la zona con buenos resultados en implantación y producción (Christiansen et al., 2007) aunque todos los antecedentes existentes pertenecen a zonas de estepa bajo riego, por lo que su utilización en sistemas boscosos australes carece de precedentes. El objetivo del presente estudio fue evaluar la producción y calidad de distintas especies forrajeras en sistemas silvopastoriles de ñire comparando con un sistema natural, bajo distintos niveles de fertilización y riego.

## Metodología

El trabajo se realizó en un bosque coetáneo en fase de crecimiento óptimo ( $41 \pm 6$  años) con una densidad de 5820 árboles por hectárea, ubicado en la estancia Cancha Carrera ( $51^{\circ} 13' 21''$  S,  $72^{\circ} 15' 34''$  O) en una calidad de sitio intermedia donde los árboles maduros dominantes alcanzan una altura de entre 8 y 10 m. El clima en toda la zona es templado frío con una temperatura media anual de  $5,9^{\circ}\text{C}$  y una precipitación media anual de 563 mm. Los suelos del área de estudio pertenecen al orden Molisoles (haploboroles énticos), presentan una profundidad de hasta 60 cm, un pH de 4,7, contenido de nitrógeno (N) total de 0,6 %, 23,5 ppm de fósforo (P) y 5,6 % de carbono orgánico (Gargaglione, 2011).

En una rodal de 0,4 ha cercado con alambrado perimetral, se realizó un raleo de árboles hasta dejar un 50% de cobertura de copas y establecer un sistema silvopastoril. Las especies implantadas fueron *Dactylis glomerata* variedad Porto nacional (pasto ovillo), *Bromus catharticus* var. Fierro Plus INTA (cebadilla criolla), *Trifolium pratense* var. Quiñequeli (trébol rojo) y *Trifolium repens* var. Nimbus (trébol blanco). El diseño constó de parcelas sub-divididas con estructura completamente aleatoria teniendo como principal factor a la especie a implantar, subfactor el nivel de riego y como sub-sub-factor el nivel de fertilizante. Para cada especie se instalaron parcelas de  $6 \times 6$  m ( $n=3$ ), cada una dividida en dos sub-parcelas de  $6 \times 3$  m aplicando a un lado riego (aplicado

semanalmente en diciembre-enero cada 12 días), lámina total aplicada de 90 mm) y la otra mitad, en secano. Dentro de estas sub-parcelas se instalaron tres sub-sub-parcelas correspondiendo a tres niveles de fertilizante aplicado durante dos años consecutivos. El nivel de fertilizante para el caso de las gramíneas constó de 0, 100 y 200 Kg de N  $\text{ha}^{-1}$  en forma de urea y para el caso de las leguminosas fue de 0, 50 y 100 Kg de P  $\text{ha}^{-1}$  aplicado como superfosfato. Además, se instalaron tres parcelas con el estrato herbáceo natural con los mismos tratamientos a modo de testigo comparativo, fertilizado con urea debido a que el 90% de la composición eran gramíneas (*Poa pratensis*, *Agrostis tenuis*, *Deschampsia flexuosa*, y *Dactylis glomerata*, entre otras). La siembra se realizó al voleo, luego de un laboreo superficial con rotovactor, a una densidad de: pasto ovillo 12 kg  $\text{ha}^{-1}$ , *Bromus catharticus* 14 kg  $\text{ha}^{-1}$ , trébol rojo 6 kg  $\text{ha}^{-1}$  y trébol blanco a 3 kg  $\text{ha}^{-1}$  durante la primavera del 2011. La productividad se midió mediante cortes de biomasa con un marco de  $0,1 \text{ m}^2$  en pico de biomasa (fin de enero). En gabinete, el material fue separado en verde, seco e inflorescencias y secado en estufa a  $65^{\circ}\text{C}$  para obtener el peso seco. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA para parcelas divididas con un nivel de significancia de  $p < 0,05$  utilizando el software Infostat 2.0 y las diferencias significativas fueron separadas mediante el test de Tukey.

## Resultados

Todas las especies lograron una buena implantación con excepción de *Bromus catharticus* el cual no logró establecerse, por lo que no fue considerada para los posteriores análisis. Se encontraron diferencias significativas debido a efectos de los factores especie, agua y fertilización, como así también interacciones entre factores (Tabla 1). El mayor valor de biomasa se observó

en el tratamiento de pasto ovillo con riego y nivel medio de fertilización (6347 kg MS  $\text{ha}^{-1}$ ), seguido por el estrato herbáceo natural con riego y máximo nivel de fertilización (5729 kg MS  $\text{ha}^{-1}$ ) y trébol rojo con riego y sin fertilizante (5207 kg MS  $\text{ha}^{-1}$ ). En el otro extremo, el trébol blanco en secano obtuvo significativamente la menor producción de biomasa (394 kg MS  $\text{ha}^{-1}$ ).

**Tabla 1.** Resultado de análisis de la varianza global comparando todas las especies implantadas (*Trifolium repens*, *Trifolium pratense* y *Dactylis glomerata*) y el estrato herbáceo natural con dos niveles de agua (con riego y seco) y tres niveles de fertilización (bajo, medio y alto) en un sistema silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en el S.O. de la provincia de Santa Cruz. La fertilización correspondió a tres niveles de nitrógeno para las gramíneas (0, 100 y 200 kg de N ha<sup>-1</sup>) y tres niveles de fósforo para las leguminosas (0, 50 y 100 kg de P ha<sup>-1</sup>).

Factor de Variación	Grados de libertad	Valor F	Valor p
Modelo	39	3,29	0,0004
Especie	3	8,67	0,0068
Agua	1	37,09	0,0003
Fertilización	2	7,98	0,0015
Agua* especie	3	4,29	0,0441
Agua * Fertilización	2	3,77	0,0337
Especie* Fertilización	6	6,58	0,0001
Agua* Especie *Fertilización	6	1,67	0,1616

La Figura 1 muestra la producción de biomasa separada por las distintas especies implantadas y el estrato herbáceo natural según el nivel de fertilización y condición hídrica. En el caso del pasto ovillo, la producción fue mínima en el tratamiento sin fertilizante para ambos tratamientos de disponibilidad hídrica (con riego y sin riego), alcanzando aproximadamente 1000 kg MS ha<sup>-1</sup>, mientras que al aumentar la cantidad de fertilizante aumentó la producción

de materia seca, alcanzando un máximo de 6347 kg MS ha<sup>-1</sup> en el tratamiento con 100 kg de N ha<sup>-1</sup> y riego. En este sentido, es importante destacar que el tratamiento sin fertilizante obtuvo significativamente menos cantidad de biomasa que el resto de los tratamientos, pero no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con 100 y 200 kg de N ha<sup>-1</sup>. Asimismo, si bien no se encontraron diferencias entre los tratamientos con riego y seco,

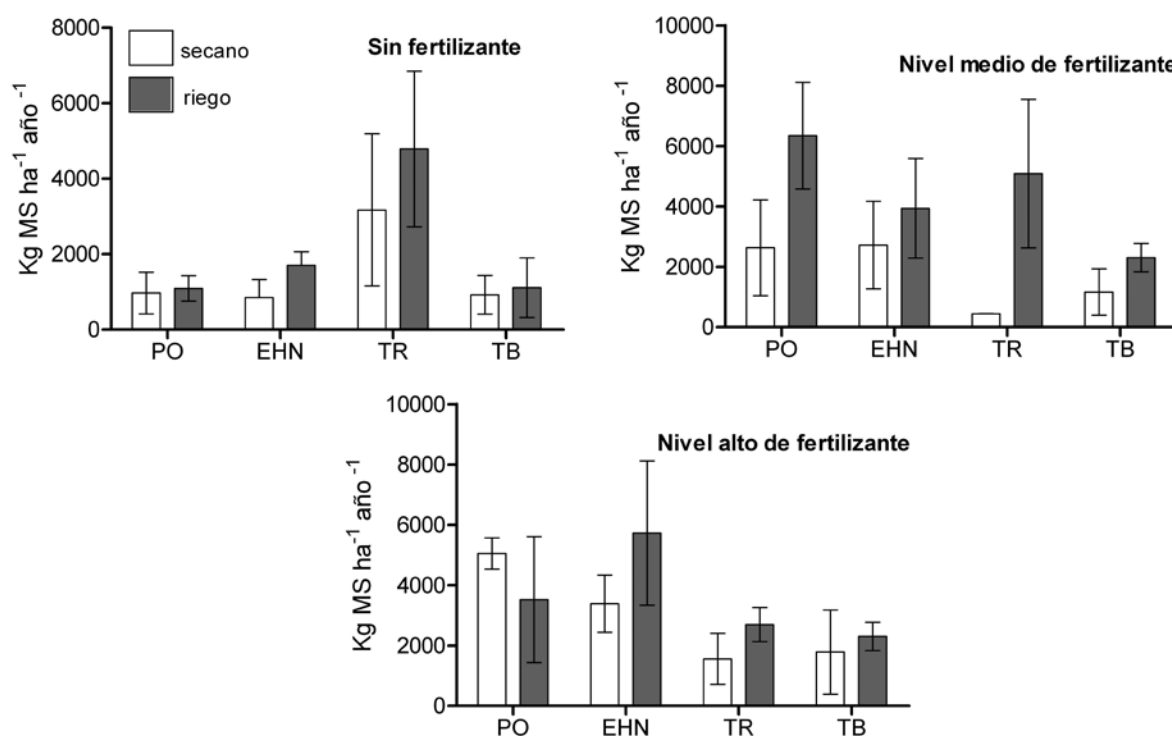


Figura 1. Producción en materia seca por año de tres especies implantadas en un sistema silvopastoril de *Nothofagus antarctica* al S.O. de la provincia de Santa Cruz y el estrato herbáceo natural de la zona. Las especies evaluadas fueron pasto ovillo (*Dactylis glomerata*, PO), trébol rojo (*Trifolium pratense*, TR), trébol blanco (*Trifolium repens*, TB) y estrato herbáceo natural de la zona compuesto en un 90% de gramíneas (EHN), todos bajo distintos tratamientos hídricos (riego y seco) y tres niveles de fertilización: sin, medio y alto. En el caso de gramíneas los niveles de fertilización fueron 0, 100 y 200 kg de N ha<sup>-1</sup> y en el caso de las leguminosas se aplicaron 0, 50 y 100 kg de P ha<sup>-1</sup>. Las barras verticales indican desvíos estándar de las medias.

sí hubo una interacción positiva entre el nivel de agua y el fertilizante, siendo mayor la producción con niveles medios de fertilizante y riego. Para el caso del estrato herbáceo natural (EHN), la máxima producción en todos los casos se dio bajo el tratamiento con riego, aunque estas diferencias no fueron significativas (Figura 1). En contraste, se encontraron diferencias significativas según el nivel de fertilizante, siendo mayor la producción con dosis medias y altas de N. En este sentido, la mínima producción se observó en el tratamiento sin fertilización y sin riego (852 Kg MS ha<sup>-1</sup>) mientras que la máxima (5729 kg MS ha<sup>-1</sup>) se obtuvo con 200 kg de N ha<sup>-1</sup> y riego (Figura 1). En

cuanto a las leguminosas, para el trébol rojo se encontraron diferencias significativas según el tratamiento hídrico, en donde en todos los casos las parcelas bajo riego produjeron mayor cantidad de forraje que las parcelas en secano (Figura 1, TR). En contraste, no hubo diferencias en cuanto al nivel de P agregado. Para esta especie, la mayor producción se obtuvo bajo riego (5088 kg MS ha<sup>-1</sup>). Finalmente, para el trébol blanco no se encontraron diferencias significativas por efecto de los tratamientos de agua y fertilizante, aunque se observó una tendencia de mayor producción bajo riego (alrededor de 2300 kg de MS ha<sup>-1</sup>), siendo en todos los casos inferior a la observada para las otras forrajeras y el EHN.

## Discusión

Los valores de producción de materia seca del estrato herbáceo natural encontrados en este trabajo en secano y sin fertilización (852 kg ha<sup>-1</sup>), se encuentran entre los valores informados para ñirantales del sur de Patagonia. Por ejemplo, Bahamonde et al (2012) encontraron productividades de entre 240 y 1025 kg de MS ha<sup>-1</sup> para la provincia de Santa Cruz y de entre 350 y 1649 kg de MS ha<sup>-1</sup> para Tierra del Fuego, dependiendo de la cobertura de copas y la calidad de sitio. Sin embargo, en el presente estudio se encontró que la fertilización nitrogenada produjo importantes incrementos en la producción de biomasa del estrato herbáceo natural (2719 y 3388 Kg de MS ha<sup>-1</sup> para 100 y 200 kg de N ha<sup>-1</sup>, respectivamente). En este sentido, es importante destacar que en este sitio de estudio el estrato herbáceo natural de la zona ya cuenta con forrajeras que fueron introducidas durante el siglo anterior. Entre ellas se destacan el propio pasto ovillo y *Poa pratensis*, las que responden muy activamente a la aplicación de fertilización nitrogenada, especialmente el pasto ovillo el cual incrementó su producción de biomasa y además, su porcentaje de cobertura. Este incremento del pasto ovillo sería el que explicaría el importante aumento en productividad que mostró el estrato herbáceo natural al aplicar fertilización. Estos resultados indicarían que una forma rápida de mejorar la productividad en sitios donde ya se encuentran forrajeras exóticas preestablecidas, es la de fertilizar con nitrógeno. Por otra parte, en este estudio se observó que la implantación de una pastura de pasto ovillo pura puede ser una buena alternativa para incrementar la productividad de estos sistemas, ya que esta especie presentó altos niveles de producción tanto en riego como en secano, aunque debe ser acompañada con fertilización nitrogenada, siendo el nivel óptimo a aplicar el de 100 kg de N ha<sup>-1</sup>, ya que no se encontraron diferencias significativas en biomasa acumulada ante dosis mayores de fertilizante. En el caso de las leguminosas, el trébol rojo se muestra también

como una buena alternativa para estos sistemas, aunque en este caso debe pensarse en acompañar la pastura con riego, ya que en secano no se obtuvieron buenos rendimientos. Asimismo, no se encontraron diferencias entre los niveles de fertilizante para las leguminosas, indicando que los suelos de estos bosques no serían deficientes en fósforo para estas pasturas. Existen pocos antecedentes en Patagonia Sur de implantación de forrajeras en sistemas silvopastoriles. Mayo et al. (2014) realizaron un ensayo con una pastura mezcla de trébol blanco y pasto ovillo bajo distintas condiciones hídricas y lumínicas y encontraron que las pasturas bajo riego produjeron 6929 kg MS ha<sup>-1</sup>, un 84% más que los tratamientos en secano (3761 Kg MS ha<sup>-1</sup>). Asimismo estos autores informaron que las parcelas creciendo con un 25% de transmisividad lumínica obtuvieron significativamente menor cantidad de biomasa que las parcelas con 100% de transmisividad, pero no encontraron diferencias significativas entre el 100 y el 50% transmisividad lumínica, lo que demuestra que estas especies son muy aptas para implantar en sistemas silvopastoriles (Mayo et al., 2014). Por su parte, Hansen et al. (2013) trabajando con sistemas silvopastoriles de ñire en la Pcia. de Chubut, realizaron una siembra al voleo con una mezcla de pasto ovillo, *Festuca* sp. y trébol rojo, y encontraron un aumento en la productividad del estrato herbáceo de 172 kg MS ha<sup>-1</sup> a 2178 kg MS/ha. Si bien este incremento en la productividad es muy importante, en valores absolutos la biomasa obtenida por fue inferior a las encontradas en este estudio. Esto puede deberse a que estos autores no realizaron fertilización o bien a que se trata de sitios con un mayor déficit hídrico. En este sentido, debido a la gran diversidad de ambientes en los que el ñire se desarrolla y por ende se emplazan los sistemas silvopastoriles, sería conveniente realizar ensayos en una mayor variedad de sitios a fin de poder confirmar o enmarcar los resultados encontrados en este estudio.

## Conclusiones

La pastura con pasto ovillo, acompañado con niveles medios de fertilización nitrogenada, se muestra como una buena alternativa forrajera para mejorar la productividad de los sistemas silvopastoriles de ñire, mientras que el trébol rojo logra una buena implantación y productividad pero en este sitio debe ir acompañado con riego para alcanzar su máximo potencial. Se

destaca también que el estrato natural de la zona, que contiene pasto ovillo naturalizado, puede incrementar su productividad hasta tres veces con el solo agregado de fertilizante nitrogenado, alcanzando niveles de más de 5500 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en caso de agregar riego y la máxima dosis de fertilizante.

## Bibliografía

- Bahamonde, H., Peri, P.L., 2012. Producción del pastizal bajo un corte mensual en bosques de ñire bajo uso silvopastoril. Actas 2º Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 122-127. Ediciones INTA, Santiago del Estero, 9 al 11 de Mayo de 2012. ISBN: 978-987-679-123-6.
- Christiansen, R., Mayo, J. P., Alvarado, C., Rubinich, J. M. 2007. Informe de Avance: Ensayo de Adaptación de especies forrajeras en estancia Cancha Carreras, zona de Río Turbio, Santa Cruz. UNPA-UART.
- Devkota, N. R., Kemp, P. D., Hodgson, J. 1997. Screening Pasture Species for shade tolerance. Proc. Agron. Soc. New Zealand 27: 119-128.
- Gargaglione, V., Peri, P.L., Rubio, G. 2014. Tree–grass interactions for N in *Nothofagus antarctica* silvopastoral systems: evidence of facilitation from trees to underneath grasses. Agroforestry systems 88 (5): 779-790.
- Hansen, N., Ríos, C., Dromaz, M., De María, G., Rêo, G., von Müller, A., Lloyd, C., Raso, M., Buduba, C., Fetherson, S. 2013. Ejecución de prácticas de manejo silvopastoril en bosque de ñire (*Nothofagus antarctica*). Actas II Jornadas Forestales de Patagonia Sur- 2º Congreso Internacional Agroforestal Patagónico, El Calafate, Santa Cruz Argentina, 16 y 17 de Mayo.
- Maddaloni, J., Ferrari, L. 2001. Forrajeras y Pasturas del ecosistema templado húmedo de la Argentina. Universidad Nacional de Lomas de Zamora – INTA, NesDan SRL, Capital Federal.
- Mayo, J.P., Christiansen, R., Cabrera, M.L., Cosio, A.E., Ferrari, L. 2014. Evaluación de la productividad potencial de una pastura de *Trifolium repens* L. y *Dactylis glomerata* L., bajo diferentes niveles de sombra y sin restricción hídrica. Resultados preliminares. Actas 3º Encuentro de Investigadores de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Río Turbio, Santa Cruz, 17 de Octubre de 2014 (actas en CD).
- Peri P. L., 2009. Sistemas Silvopastoriles en Patagonia: revisión del conocimiento actual. Pp.10-26 en Actas del 1º Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, 14-16 Mayo, Misiones, Argentina.
- Peri, P. L., Mayo, J. P., Christiansen R. 2012. Producción y calidad del pastizal mejorado con trébol blanco en sistemas silvopastoriles de ñire en Patagonia. Proceedings of the 2nd National Congress of Silvopastoral Systems, Santiago del Estero, Argentina. INTA Editions, pp 70-75

# Determinación de la actividad antioxidante en infusiones de *Notohofagus antarctica* (ñire) bajo uso silvopastoril

B. Gastaldi<sup>1, \*</sup>; S. González<sup>1</sup>; F.J. Mattenet<sup>2</sup>; L.H. Monelos<sup>3</sup>; P.L. Peri<sup>2,3,4</sup>

## Resumen

La incorporación a la dieta humana de productos con actividad antioxidante ha demostrado tener múltiples beneficios para la salud, y su estudio se encuentra en auge. Sin embargo, existe escasa información en cuanto a la composición y propiedades químicas de la flora patagónica. El objetivo del trabajo es la obtención de datos preliminares sobre la actividad antioxidante cualitativa de infusiones de *Notohofagus antarctica* (ñire) procedentes de bosques nativos bajo uso silvopastoril en el SO de Santa Cruz, Argentina. Se colectaron muestras frescas de 10 árboles en tres situaciones: (i) brotes, hojas y ramas finas (<4 mm) obtenidas en bosques húmedo (altura árboles dominantes= 10m); brotes, hojas y ramas finas en un sitio seco cercano a la estepa (altura < 4m), y (iii) brotes, hojas, ramas finas y flores de árboles en el mismo sitio seco. Las infusiones de cada situación fueron obtenidas según indican las normas vigentes de la Farmacopea Argentina. Para determinar la actividad antioxidante de cada infusión se realizó un test con placas de sílica-gel para cromatografía en placa delgada (TLC) y una solución etanólica del radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH) de 2 mg/ml como reveladora. Con una micro-pipeta se tomó una alícuota de 3 µl de cada extracto, se sembró en la placa de TLC y se dejó secar a temperatura ambiente durante 2 minutos. Luego, se roció la placa con la solución reveladora y se dejó secar a temperatura ambiente durante 5 minutos. La presencia de manchas amarillas sobre el fondo violeta en la placa determina actividad antioxidante. Todas las muestras analizadas mostraron claramente la presencia de sustancias antioxidantes. La información generada sienta la bases para ulteriores estudios cuantitativos y/o aislamiento de componentes activos y brinda además una posibilidad en cuanto al uso de ñire como fuente natural de antioxidantes (uso medicinal, nutracéutico), ampliando la diversidad productiva de los bosques de ñire bajo uso silvopastoril, a través de productos forestales no madereros.

**Palabras claves:** bosque nativo, producto no maderero, valor agregado.

## Determination of antioxidant activity in infusions of *Notohofagus antarctica* (ñire) under silvopastoral use

## Abstract

The addition to the human diet products with antioxidant activity has been shown to have multiple health benefits, and their study is increasing. However, there is little information concerning the composition and chemical properties of the Patagonian flora. The aim of this work is to obtain preliminary data on the qualitative antioxidant infusions from *Notohofagus antarctica* (ñire) native forests under silvopastoral use in SW of Santa Cruz, Argentina. Fresh samples from 10 trees were collected in three situations: (i) buds, leaves and small branches (< 4 mm) from humid forests (dominant trees height = 10m); (ii) buds, leaves and small branches at a nearby site to dry steppe (height < 4m), and (iii) shoots, leaves, small branches and flowers in the same dry site. Infusions of each situation were obtained as indicated by the Farmacopea Argentina. To determine the antioxidant activity of each infusion a test with silica-gel plates for thin layer chromatography (TLC) and the ethanolic solution radical 1,1-diphenyl-2-picryl-hidrazilo (DPPH) of 2 mg/ml as revealing was used. A 3 µl aliquot of each extract was taken with a micro-pipette, spread on the TLC and allowed to dry at room temperature for 2 minutes. Then, the developer solution was sprayed on the plate and dried for 5 minutes. The presence of yellow spots on the violet background determines antioxidant activity. All samples clearly showed the presence of antioxidants. The information generated provides the basis for further quantitative studies and/or isolation of active components. This also provides a possibility for the use of ñire as a natural source of antioxidants (medical use, nutraceutical), extending the productive diversity of forests under silvopastoral use as a non-timber forest products.

**Keywords:** native forests, non-wood product, added value.

\* Autor de correspondencia: gastaldibruno@gmail.com. <sup>1</sup>UNPSJB, <sup>2</sup>EEA INTA Santa Cruz. <sup>3</sup>Universidad Nacional de la Patagonia Austral. <sup>4</sup>CONICET

# Respuesta forrajera de *Taraxacum officinale* en un sistema silvopastoril de bosque nativo en Patagonia Sur

Ormaechea S; Peri Pablo; Gargaglione V.

## Resumen

Actualmente en Patagonia *Taraxacum officinale* es considerada una especie indicadora de deterioro e indeseable desde el punto de vista forrajero por algunos técnicos y productores. No obstante, hay evidencia del potencial forrajero de esta especie en otros lugares del mundo. Por ello el objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial forrajero de *T. officinale* para un ambiente de bosque de ñire bajo uso silvopastoril en Patagonia Sur evaluando su producción y calidad. Para ello, se instaló un ensayo con 4 tratamientos (Control, Riego, Fertilización nitrogenada con 200 kgN.ha<sup>-1</sup> y Riego + Fertilización) en un rodal raleado de bosque de *Nothofagus antarctica* al sudoeste de Patagonia Sur. Los resultados mostraron que la producción varió desde 704 (Control) a 1170 kgMS.ha<sup>-1</sup> en el tratamiento de Riego + Fertilización. Además, presentó niveles altos de proteína bruta (10,3-17,6%) y digestibilidad de la materia seca (82,5-85,0%). Esto permite respaldar la evidencia sobre la calidad forrajera de esta especie.

**Palabras clave:** proteína bruta, digestibilidad, índice de área foliar, calidad forrajera.

## Forage response of *Taraxacum officinale* at silvopastoral system in a native forest of Southern Patagonia

## Abstract

Currently in Patagonia, *Taraxacum officinale* is considered as a species that indicates grassland deterioration and not suitable forage. However, there are evidences showing its forage potential. Therefore, the aim of this study was to determine the potential forage use of *T. officinale* in a *Nothofagus antarctica* (ñire) silvopastoral system in southern Patagonia by evaluating its production and quality. For this, an essay with 4 treatments (Control, Irrigating, Nitrogenous fertilization with 200 kgN.ha<sup>-1</sup> and Irrigating + Fertilization) was performed in a thinned stand of ñire forest at southwest of Patagonia. The results showed that production varied from 704 (Control) to 1170 kgDM.ha<sup>-1</sup> in the treatment of Irrigating + Nitrogenous fertilization. In addition, high levels of crude protein (10.3-17.6%) and dry matter digestibility (82.5-85.0%) were observed. This provides evidence of the forage quality of this specie.

**Key words:** crude protein, digestibility, leaf area index, forage quality.

## Introducción

*Taraxacum officinale* (achicoria o diente de león) es una planta herbácea cosmopolita de la familia Asteraceae. Su alta tasa de dispersión ha determinado que en Patagonia su distribución esté generalizada tanto en los mallines (Bran et al., 2004; Buono, 2004; Utrilla et al., 2006; Gaitán et al., 2011) como en el bosque (Fernández et al., 1998; Hansen et al., 2013), y en menor medida en la estepa (Posse et al., 2000; Manero et al., 2006). En el bosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) bajo uso silvopastoril de la provincia de Santa Cruz fue relevado que esta especie se encuentra presente en el 46,5% de la superficie de bosque (74.257 ha) (Ormaechea y Peri, 2013). Algunos autores señalan que su aparición está relacionada con el sobrepastoreo de los pastizales (Roig y Méndez, 2003) por lo que se la asocia con estados degradados del pastizal y consecuentemente con pérdidas de producción y calidad forrajera del pastizal. Sin embargo, Ormaechea y Peri (2013), en un relevamiento del

bosque nativo de ñire de toda la provincia de Santa Cruz, encontraron que la presencia de *T. officinale* no estaba asociada exclusivamente a sitios disturbados ni degradados.

Por otra parte, esta especie exótica también ha sido considerada indicadora de degradación (Paz y Buffoni, 1986; Ormaechea et al., 2010) debido a la posibilidad de que ocupe espacios potencialmente colonizables por otras especies de mejor calidad forrajera en el pastizal natural. Sin embargo, varios autores señalan que *T. officinale* es consumida normalmente por el ganado (McInnis et al., 1986; Bergen et al., 1990; Ralphs y Pfister, 1992) y que posee muy buenas cualidades nutricionales dadas por su alto porcentaje de proteína bruta y su alta digestibilidad (Somlo et al., 1985; Bergen et al., 1990; SAG, 2004). Por todo esto, el objetivo de este estudio fue analizar la respuesta forrajera de esta especie bajo condiciones de riego y fertilización en un ambiente de bosque de ñire bajo uso silvopastoril en Patagonia Sur.

## Materiales y Métodos:

El ensayo se realizó en un bosque puro de ñire en fase de desarrollo de regeneración avanzada ( $41 \pm 6$  años) con una densidad de  $3900 \text{ árboles} \cdot \text{ha}^{-1}$  y  $71 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  ubicado en la estancia Cancha Carrera ( $51^\circ 13' \text{ S}$ ,  $72^\circ 16' \text{ O}$ ) en una calidad de sitio intermedia donde los árboles maduros dominantes alcanzan una altura de entre 8 y 10 m. El clima en toda la zona es templado frío con una temperatura media anual entre  $5,9^\circ \text{C}$  y una precipitación media anual de 563 mm. Los suelos del área de estudio pertenecen al orden Molisoles (haploboroles énticos) presentan una profundidad de hasta 60 cm, un pH de 4,7, contenido de nitrógeno (N) total de 0,6 %, 23,5 ppm de fósforo (P) y 5,6 % de carbono orgánico. En la zona de estudio se realizó un raleo de árboles hasta dejar un 50% de cobertura de copas y establecer un sistema silvopastoril. El diseño constó de parcelas de pastizal natural con alta cobertura de *T. officinale* ( $>25\%$ ) bajo 4 tratamientos, Control, Riego, Fertilización nitrogenada en seco y Riego + Fertilización nitrogenada, dispuestas en forma completamente aleatoria. El área total tiene una superficie de 0,4 ha en donde se establecieron 16 parcelas (4 repeticiones por tratamiento) de  $6 \times 3 \text{ m}$ . El riego consistió en aplicaciones de una vez por semana durante diciembre-febrero, alcanzando un total de 90 mm en todo el período. La fertilización consistió en dos aplicaciones de nitrógeno en forma de urea, una

en primavera temprana y la otra en enero, aplicando un total de  $200 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Todas las parcelas fueron aisladas del pastoreo mediante un alambrado perimetral. Los cortes de pastizal se realizaron en febrero (pico de biomasa) en un marco de  $0,1 \text{ m}^2$  (unidad de muestreo) a una altura de 2 cm sobre el nivel del suelo. En gabinete, el material fue primero escaneado para obtener el área foliar y luego secado en estufa a  $65^\circ \text{C}$  para obtener el peso seco (Balanza Shimadzu. Modelo ELB300). Luego de pesar se enviaron 4 muestras compuestas correspondientes a cada tratamiento al laboratorio para análisis de contenido de proteína bruta (PB) y digestibilidad de la materia seca (DMS). Las muestras compuestas incluían todas las repeticiones de cada tratamiento.

Para determinar el área foliar se escanearon la totalidad de las hojas de *T. officinale* presentes en cada unidad de muestreo. Las hojas fueron expandidas sobre la base de un escáner y el archivo de imagen resultante fue analizado mediante el software DT-Scan (Delta-T Ltd., Cambridge, UK) calculando el área foliar. Luego se secaron y pesaron para el cálculo del área foliar específica (AFE). Los datos fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA con un nivel de significancia de  $P < 0,05$  utilizando el software Infostat 2.0 y las diferencias significativas fueron separadas mediante el test de Tukey.

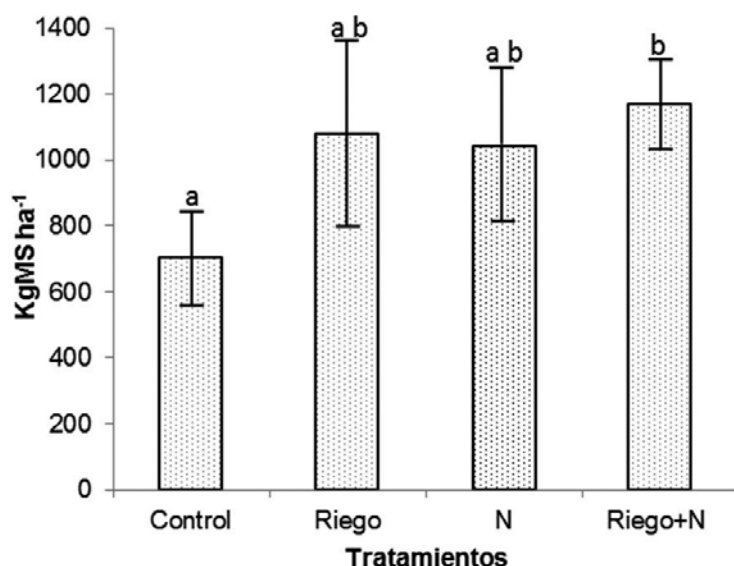


Figura 1: Disponibilidad de *Taraxacum officinale* en pico de biomasa (febrero) bajo diferentes tratamientos. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

## Resultados y Discusión

La disponibilidad de materia seca mostró un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) del tratamiento de Riego + Fertilización nitrogenada (1170 kgMS.ha<sup>-1</sup>) en comparación al Control (704 kgMS.ha<sup>-1</sup>) (Figura 1). Los otros dos tratamientos, si bien presentaron una tendencia hacia una mayor producción, no tuvieron diferencias significativas entre sí ni con ambos extremos. Todos los valores se encontraron por debajo de lo informado por Peri et al. (2005) para la misma clase de sitio y momento de corte (1705 kgMS.ha<sup>-1</sup>) pero en un pastizal natural de sotobosque de ñire con predominancia de gramíneas.

Los valores medios de área foliar específica (AFE) variaron entre 229,8 y 264,1 cm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> para los tratamientos de Riego+Fertilización nitrogenada en secano y Fertilización, respectivamente. Estos valores son mayores a lo encontrado por Sharma et al. (2014), quien obtuvo valores de AFE entre 171,8 a 225,8 cm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> para la misma especie vegetal. El índice de área foliar manifestó un incremento proporcional a la disponibilidad de materia seca en pico de biomasa (Figura 2). La importancia de esta única relación entre la producción de materia seca e IAF es que incluye diferencias en aspectos morfológicos (densidad de plantas, altura, tamaño de hojas)

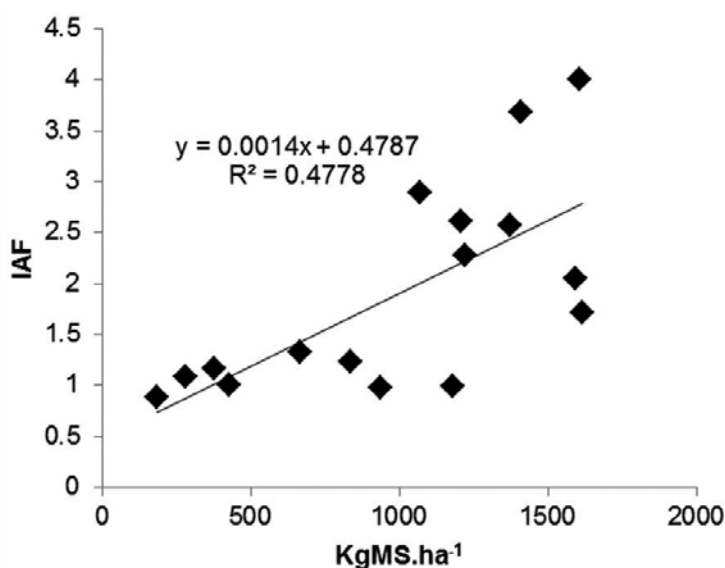


Figura 2: Relación entre el índice de área foliar de *Taraxacum officinale* y la disponibilidad de materia seca en pico de biomasa de un pastizal de sotobosque de ñire.



en el canopeo de *T. officinale* debido a cambios ambientales y de manejo, la cual puede ser utilizada en modelos de predicción (Peri et al., 2003).

Por otra parte, los valores de DMS superaron el 80% en todos los casos, así como también el contenido de proteína bruta superó el 10% (Tabla 1). Otros autores (Peri et al., 2005; Peri y Bahamonde, 2012) en el mismo momento de corte (febrero) y calidad de sitio, encontraron valores de DMS en forrajeras del sotobosque (predominantemente compuesto de gramíneas) inferiores al 69%. Inclusive en el resto del período de crecimiento y en calidades de sitio superiores, los valores de DMS encontrados en el presente estudio para *T. officinale* fueron superiores a los observados en gramíneas forrajeras del sotobosque. Asimismo, Bahamonde et al. (2012) encontraron valores de contenido de proteína bruta menores a lo observado en este estudio (6-8%) para gramíneas del pastizal natural en el mes de febrero y para la misma calidad de sitio de este estudio.

Tabla 1: Contenido de proteína bruta (PB) y digestibilidad de la materia seca (DMS) de hojas de *Taraxacum officinale* bajo diferentes tratamientos en un sistemas silvopastoril de ñire en Patagonia Sur.

Tratamiento	DMS%	PB%
Control	84,7	11,4
N	82,5	12,2
Riego	85,0	10,3
Riego+N	82,5	17,6

Por otra parte, testimonios de productores sugieren que la palatabilidad de la especie decae en floración (se vuelve “amarga”). Se considera importante abarcar este aspecto en futuros estudios por su evidente influencia en el pastoreo.

## Conclusiones:

Los valores de producción y calidad forrajera encontrados en este estudio respaldan el potencial forrajero de esta especie para el sitio de estudio y los parámetros de calidad analizados. Por otra parte, podría ser importante considerar el uso estratégico de

esta especie en febrero, cuando la calidad general del pastizal natural ha comenzado a decaer. Sin embargo, es necesario repetir estas mediciones a fin de poder realizar recomendaciones al sector productivo.

## Bibliografía

- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Alvarez, R., Barneix, A., Moretto, A., Martínez Pastur G., 2012. Producción y calidad de gramíneas en un gradiente de calidades de sitio y coberturas en bosques de *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst. en Patagonia. Ecología Austral 22: 62-73.
- Bergen, P., Moyer, J.R., Kozub, G.C., 1990. Dandelion (*Taraxacum officinale*) use by cattle grazing on irrigated pasture. Weed Technology. 4:258-263.
- Bran, D., Gaitan, J., Ayesa, J., López, C., 2004. La vegetación de los mallines del NO de la Patagonia. Taller: Los mallines en la Patagonia Argentina, Esquel, 4 al 5 de Marzo.
- Buono, G., 2004. Sistema de Pastoreo Ovino-Bovino en Mallines. IDIA XXI Ovinos. Año IV. N°7 pp. 41-44.
- Fernández, M.C., Staffieri, G., Martínez-Pastur, G., Peri, P.L., 1998. Cambios en la biodiversidad del sotobosque a lo largo del ciclo del manejo forestal de la lenga. Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO. 22 al 28 de noviembre. Valdivia, Chile.
- Hansen, N., Codesal, P., Quinteros, P., Gallardo, C., 2013. Especies del sotobosque en ambientes de Ñire en Chubut. Ediciones INTA. EEA INTA Esquel, 120 p.
- Gaitán, J.J., López, C.R., Bran, D.E., 2011. Vegetation composition and its relationship with the environment in mallines of north Patagonia, Argentina. Wetlands Ecology and Management 19:121-130.
- Manero, A., Clifton, G., Barría, D., 2006. Determinación de la dieta de ovinos para la parametrización del módulo animal del Modelo SAVANNA. En: Peri P.L. (Ed.) Desarrollo de un Sistema de Soporte de Decisiones para mejorar porcentajes de señalada de modo ecológicamente sustentable en establecimientos de la Estepa Magallánica (Patagonia). Ediciones INTA, Río Gallegos, Argentina, pp. 71-76.
- McInnis, M.L., Vavra M., 1986. Summer diets of domestic sheep grazing mountain meadows in northeastern Oregon. Northwest Science. 60:265-2170.
- Ormaechea, S.G., Utrilla, V.R., Suarez, D.D., Peri, P.L., 2010. Evaluación objetiva de la condición de mallines de Santa Cruz. Cartilla de Información Técnica. EEA INTA Santa Cruz. Producción animal, pp. 47-52.
- Ormaechea, S., Peri, P., 2013. Presencia de *Taraxacum officinale* en bosques de ñire de Santa Cruz. II Jornadas Forestales de Patagonia Sur. Calafate, Argentina pp. 71.

- Peri P.L., Moot D.J., McNeil D.L., 2003. A canopy photosynthesis model to predict the dry matter production of cocksfoot pastures under varying temperature, nitrogen and water regimes. *Grass and Forage Science* 58:416-430.
- Peri, P.L., Sturzenbaum, M.V., Monelos, L., Livraghi, E., Christiansen, R., Moretto, A., Mayo, J.P., 2005. Productividad de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Patagonia Austral. En: Actas del 3<sup>er</sup> Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Corrientes, Argentina, 10 pp.
- Peri, P.L., Bahamonde, H., 2012. Digestibilidad de gramíneas creciendo en bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) bajo uso silvopastoril. Actas del 2<sup>do</sup> Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Santiago del Estero, Argentina. Ediciones INTA, pp. 264-269.
- Paz, C., Buffoni, H., 1986. Manejo de las vegas en el sur de Santa Cruz. Presencia INTA. 2:40-44.
- Posse, G., Anchorena, J., Collantes, M.B., 2000. Spatial Micro-Patterns in the Steppe of Tierra del Fuego Induced by Sheep Grazing. *Journal of Vegetation Science*. 11:43-50.
- Roig, A., Mendez, E., 2003. Especies indicadoras de estados y procesos en la vegetación patagónica. Separado de: Desertificación. Indicadores y puntos de referencia en América Latina y Caribe. Abraham E., Tomasini D., Maccagno P. (Eds.), IADIZA, Mendoza.
- Ralphs M.H., Pfister, J.A., 1992. Cattle diets in tall forb communities on mountain rangelands. *Journal of Range Management*. 45:534-537.
- Servicio agrícola y ganadero (SAG), 2004. El pastizal de Magallanes, guía de uso, condición actual y propuesta de seguimiento para la determinación de tendencia. Proyecto FNDR- SAG Magallanes y Antártica Chilena: Protección y recuperación de pastizales, XII Región. Magallanes, Chile. 128 p.
- Sharma, B., Apple, M.A., Zhou, X., Olson, J.M., Dorshorst, C., Dobeck, L.M., Cunningham, A.B., Spangler, L.H., 2014. Physiological responses of dandelion and orchard grass leaves to experimentally released upwelling soil CO<sub>2</sub>. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. 24:139-148.
- Somlo, R., Durañona, C., Ortiz, R., 1985. Valor nutritivo de especies forrajeras patagónicas *Revista Argentina de Producción Animal*. 5:589-605.
- Utrilla, V.R., Brizuela, M.A., Cibils, A.F., 2006. Structural and nutritional heterogeneity of riparian vegetation in Patagonia (Argentina) in relation to seasonal grazing by sheep. *Journal of Arid Environments*. 67:661-670.

## Oferta floral de *Trifolium repens* para la apicultura en un sistema agroforestal con álamos bajo riego

Thomas E.<sup>1</sup>; Sheridan M.<sup>2</sup>; Sangregorio S.<sup>2</sup>; Montero E.<sup>3</sup>

Los sistemas agroforestales integran la producción forestal con otras actividades agropecuarias en un mismo sitio. La implantación de algunas leguminosas forrajeras en las forestaciones no solo permite disponer de forraje de calidad para el ganado, sino también de flores para la actividad apícola. El trébol blanco (*Trifolium repens*) es una de las forrajeras recomendadas para sistemas silvopastoriles en la región de los valles irrigados del norte de la Patagonia. El objetivo de este trabajo fue conocer la oferta de flores durante la primavera y principios del verano de una pastura de trébol blanco implantada bajo dosel de álamos. Este trabajo se realizó durante la temporada 2013/14 en una forestación de álamos híbridos euroamericanos (*P. xcanadensis* 'Guardi'), con una densidad de 555 árboles ha<sup>-1</sup> (6 m x 3 m), DAP medio de 16,8 cm y altura media de 15,2 m, ubicado en la localidad de Cipolletti, Provincia de Río Negro (38° 53' 02" S; 67° 55' 41" O). El 16 de octubre de 2013 se instalaron cuatro parcelas de 0,25m<sup>2</sup> distribuidas al azar, en las que se contabilizaron quincenalmente las inflorescencias. A continuación se detallan fechas de evaluación, cabezuelas promedio/parcela y cabezuelas promedio/m<sup>2</sup>: 16oct=12,3//49,3 ; 31oct=14,7//58,7 ; 16nov=38,3//153,3 ; 02dic=65,7//262,7 ; 16dic=34,7//138,7 ; 30dic=21,3//85,3 ; 17ene=1,7//6,7 ; 30ene=1,3//5,3. A partir de submuestras, se contaron flores/inflorescencia, arrojando un promedio de 71,6 flores/cabezuela. Según estos resultados, la producción de flores es significativa a partir de mediados de noviembre, con un máximo a principios de diciembre y una disminución considerable a partir de mediados de enero. Esta importante disponibilidad de flores de trébol ocurre cuando la colonia de abejas se encuentra en pleno desarrollo, en un período que va desde el final de la floración de los frutales de pepita y carozo, hasta el inicio de la floración de las especies del monte.

**Palabras clave:** trébol blanco, flores, *Populus*, sistemas silvopastoriles, apicultura

<sup>1</sup>INTA - EEA Alto Valle de Río Negro thomas.esteban@inta.gob.ar ; <sup>2</sup>INTA - AER Cipolletti; <sup>3</sup>Sabores del sur s.r.l.

# Evaluación de un raleo bajo enfoque silvopastoral, en un renopal de *Nothofagus antarctica* (ñire) en la Patagonia Chilena

Salinas, J.\*<sup>1</sup>; Sotomayor, A.<sup>1</sup>; Peri, P.L.<sup>2</sup>; Acuña, B.<sup>1</sup>

## Resumen

En la Región de Aysén (Patagonia chilena) existen cerca de 109.000 ha de bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire), estos ecosistemas están clasificados dentro del Tipo Forestal Lengua. Esta especie presenta polimorfismo intraespecífico, el cual se ha asociado a una adaptación frente a los distintos biotopos, modificando su cuerpo vegetativo y adoptando distintas formas de vida, tales como; (i) arborescente, (ii) arbustivo achaparrado y (iii) camefítico. El principal uso de estos bosques es la producción de leña y postes. Paralelamente el pastoreo de animales domésticos es una práctica común en estos sitios, sin embargo, se desconoce el verdadero potencial para uso silvopastoral que presentan los ñirantales, sumado a esto, en la legislación forestal vigente no se dispone de planes de manejo bajo un enfoque silvopastoral para fomentar la actividad.

El presente trabajo presenta datos preliminares de la estructura antes y después de un raleo por lo bajo en un bosque puro de ñire (altura dominante media 9,9 m), ubicado en un sitio húmedo relacionado a un mallín distante 45 km de la ciudad de Coyhaique, Chile. La evaluación dasométrica consideró 10 parcelas circulares de 100 m<sup>2</sup> distribuidas en forma aleatoria. La densidad antes de la intervención fue de 5.630 árboles ha<sup>-1</sup>, con un diámetro medio cuadrático (DMC) de 10,3 cm. Durante el año 2014, se realizó un raleo con una intensidad de 34% del área basal, hasta llegar a una densidad residual de 2.270 árboles ha<sup>-1</sup> que permitió incrementar el DMC a 12,9 cm.

**Palabras claves:** Sistema silvopastoral, bosque nativo, leña.

## Evaluation of a thinning under silvopastoral approach in a *Nothofagus antarctica* (ñire) in Chilean Patagonia.

## Abstract

In the Region of Aysén (Chilean Patagonia) there are about 109.000 ha of *Nothofagus antarctica* (ñire) forest (ñirantales), these ecosystems are classified as lenga forest type. This species presents intraespecific polymorphism, which has adapted to the different biotypes, modifying its vegetative body and adopting different forms of life, such as; (i) tree-like, (ii) scrubby bush (iii) chamaephyte. The main use of these forests is the production of firewood and posts. At the same time, the pasture of domestic animals is a common practice in these places, nevertheless, the real potential silvopastoral use that the ñirantales represent is unknown. In addition to this, the current forest legislation does not include plans of usage under a silvopastoral approach to encourage the activity.

The present work presents preliminary information of the structure before and after of thinning the lower part in a pure forest of ñire (average domineering height 9,9 m), located in a humid place related to a mallín distant 45 km of the city of Coyhaique, Chile. The dasométric evaluation considered 10 circular plots of 100 m<sup>2</sup> distributed in random form. The thickness before the intervention was 5.630 trees ha<sup>-1</sup>, with an average diameter quadratic (DMC) of 10,3 cm. During the year 2014, a thinning was done with an intensity of 34 % of the basal area, up to coming to a residual thickness of 2.270 trees ha<sup>-1</sup> that the DMC allowed to increase to 12,9 cm.

**Keywords:** Silvopastoral system, native forest, firewood.

\*Autor de correspondencia: <sup>1</sup>Instituto Forestal, Tel:+56 9 97368277, Email <jsalinas@infor.cl> Coyhaique, Chile. <sup>2</sup>EEA INTA Santa Cruz

## Disponibilidad de forraje de *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens* en sistemas silvopastoriles con álamos

Thomas E.; Cancio H. \*

La implantación de pasturas en forestaciones de álamos (*Populus* spp.) y sauces (*Salix* spp.) bajo riego hace posible la integración con la ganadería. Conocer la disponibilidad de forraje en distintas épocas del año permite ajustar la carga animal según las metas de producción. El objetivo de este trabajo fue evaluar la disponibilidad de forraje en primavera-verano de una pastura compuesta de pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) (PO) y trébol blanco (*Trifolium repens*) (TB) bajo dosel de álamos híbridos euroamericanos (*P. xcanadensis*). El trabajo se realizó durante dos temporadas -2012/13 y 2013/14- en un establecimiento ubicado en la localidad de Chimpay, Provincia de Río Negro (39° 11' 36"S; 66° 8' 6"O), en un macizo con 140 árboles ha<sup>-1</sup> (12 m x 6 m), DAP medio de 37,8 cm y altura media de 29,4 m al inicio de la evaluación. La radiación fotosintéticamente activa bajo dosel se estimó mediante fotografías hemisféricas (n=3) y posterior análisis con Gap Light Analyzer (GLA), siendo 74,3% el valor medio de transmitancia. El 24 de octubre de 2012 se instalaron cuatro clausuras de 1 m<sup>2</sup> distribuidas al azar, realizándose un corte a 5 cm del suelo para uniformar el rebrote inicial. Las estimaciones de producción de forraje se realizaron en noviembre (30Nov2012; 28Nov2013), enero (23Ene2013; 28Ene2014) y marzo (24Mar2013; 27Mar2014). La disponibilidad promedio de forraje para ambas temporadas fue de 1.787 ± 298 kgMS/ha en noviembre, 1.262 ± 364 kgMS/ha en enero y 1.241 ± 239 kgMS/ha en marzo. La proporción PO:TB fue de 48,5%:51,5% en noviembre, 59,9%:40,1% en enero y 63,4%:36,6% en marzo. Considerando el 65% de eficiencia de cosecha y una eficiencia de conversión teórica de 14:1, esta oferta de 4290 kgMS/ha de forraje en primavera-verano posibilita producir aproximadamente 200 kg/ha de carne vacuna.

**Palabras clave:** pasto ovillo, trébol blanco, *Populus*, sistemas silvopastoriles, carne

\* INTA - EEA Alto Valle de Río Negro. Gral. Roca, Río Negro. thomas.esteban@inta.gob.ar

# Variación en la composición botánica de un sistema silvopastoril de *Nothofagus antarctica* tras la aplicación de tratamientos de fertilización y riego

Gargaglione, V<sup>1</sup>., Peri, P.L.

## Resumen

Los bosques de *Nothofagus antarctica* en Patagonia Sur son utilizados mayoritariamente como sistemas silvopastoriles (SSP) y se ha generado información en cuanto a diversos aspectos ecológicos y de manejo. Sin embargo, es escasa la información respecto a la respuesta del estrato herbáceo a prácticas comunes como ser la aplicación de fertilización y riego. El objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios en el sotobosque bajo distintas condiciones hídricas (riego y seco) y tres niveles de fertilización nitrogenada (0, 100 y 200 kg N ha<sup>-1</sup>). En un SSP con 50% de cobertura de copas se instaló un ensayo de parcelas divididas (6x 6 m) en donde se emplazaron transectas de puntos para evaluar la dinámica de la cobertura vegetal, la biodiversidad y la riqueza específica. También se instalaron transectas en un bosque primario sin intervención. La cobertura vegetal del SSP fue alrededor del 96%, no presentando diferencias según la condición hídrica ni el nivel de fertilizante, mientras que el bosque primario obtuvo una cobertura del 83%. En el SSP aumentó la proporción de gramíneas con el aumento del fertilizante, siendo las especies *Dactylis glomerata* y *Poa pratensis* las del mayor incremento. Tanto la riqueza como el índice de diversidad de Shannon fueron inferiores en el SSP comparado con el bosque primario, y las diferencias se acentuaron al aumentar el nivel de fertilizante aplicado. Estos resultados indicarían que la apertura del dosel arbóreo, sumado al agregado de fertilizante nitrogenado, puede conllevar a que especies introducidas forrajeras de rápido crecimiento predominen y tiendan a desplazar al resto de las especies presentes. Si bien esto beneficiaría la obtención de forraje, se debe tener especial cuidado al aplicarse en gran escala ya que podría conllevar a la desaparición de algunas especies nativas presentes, haciendo todo el sistema más vulnerable en cuanto a la conservación de la biodiversidad.

**Palabras clave:** ñire, Patagonia, gramíneas, sotobosque

## Botanical composition variation in a *Nothofagus antarctica* silvopastoral system after application of fertilization and irrigation treatments

## Abstract

*Nothofagus antarctica* forests are mainly used as silvopastoral systems (SP). While information related to ecological and management aspects have been generated, there is a lack of knowledge about understory responses to irrigation and nitrogen fertilization. The aim of this work was to evaluate changes in *N. antarctica* understory vegetation to different soil water conditions (irrigation vs. rainfed) and three nitrogen levels (0, 100 and 200 kg N ha<sup>-1</sup>). A split-split plot design (6 x 6 m plot, n=3) was installed in a SP with 50% of tree cover and six transects of 6 m were established using point interception method in each treatment. Also, three transects were established in an adjacent primary forest as control. Vegetation cover, richness and Shannon index were measured. Vegetal cover in SP was around 96% whereas primary forest had 83%. No differences were found in vegetal cover according to irrigation or nitrogen level. Grass proportion increased in SP with an increase in nitrogen fertilization being *Dactylis glomerata* and *Poa pratensis* the main species. Understory richness and the Shannon index were lower in SP compared with primary forest, and these differences increased with the highest nitrogen level application. These results indicated that opening the tree cover together with nitrogen application may induce the increment of introduced forage species by displacing others native species. This beneficial increase in forage production at large spatial scale may reduce the system integrity by reducing biodiversity.

**Key words:** ñire, Patagonia, grasses, understory.

<sup>1</sup> INTA EEA Santa Cruz-UNPA-ICASUR, Mahatma Gandhi 1322 CP 9400 Río Gallegos, e-mail: gargaglione.veronica@inta.gob.ar

## Introducción

*Nothofagus antarctica* (ñire) es una especie nativa que crece en la región patagónica de Argentina y Chile desde los 36° 30' hasta los 56° 00' de latitud Sur y es utilizada actualmente bajo un esquema de uso silvopastoril (Peri et al., 2005). Si bien la característica común en estos sistemas es su utilización de manera extensiva, cerca de un 40% de la superficie total posee estructuras forestales de ñire con alta cobertura de copas (>60%) adecuadas para realizar apertura del dosel (raleos) con el fin de promover el crecimiento del sotobosque y a su vez obtener productos madereros (Peri y Ormaechea, 2013). Estos raleos también pueden ser acompañados con otras prácticas de manejo como ser la fertilización nitrogenada a fin de estimular el crecimiento y calidad del forraje. En este sentido, sin bien el componente arbóreo ha sido más estudiado en cuanto a su

respuesta a las intervenciones silvícolas (Ivancich et al., 2010) como así también la producción de materia seca del sotobosque en sistemas silvopastoriles estables (Peri et al., 2005, 2013) y los tiempos de respuesta del estrato herbáceo ante la apertura del dosel arbóreo (Gargaglione et al., 2012), no existen antecedentes acerca de cómo la implementación de fertilización nitrogenada y riego pueden alterar la composición botánica de estos sistemas australes. Conocer estos atributos es necesario a fin de establecer pautas que tiendan a un uso planificado y sustentable del sistema. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios en la cobertura vegetal, composición botánica, biodiversidad y riqueza de la vegetación del sotobosque de ñire en respuesta a la aplicación de distintos niveles de fertilización nitrogenada tanto bajo riego como en secano.

## Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la estancia Cancha Carreras (51° 13' 21" S, 72° 15' 34" O) ubicada a 40 km de Río Turbio (Santa Cruz, Argentina), en un bosque puro de ñire en fase de crecimiento óptimo (21-110 años) y desarrollándose en una clase de sitio IV donde los árboles maduros dominantes alcanzan una altura de entre 8 y 9,9 m (Ivancich et al., 2011). El clima en toda la zona es templado frío con una temperatura media anual de 5,9 °C y una precipitación media anual de 563 mm. Los suelos del área de estudio pertenecen al orden Molisoles (haploboroles énticos), presentan una profundidad de hasta 60 cm, un pH de 5,7, un contenido de nitrógeno (N) total de 0,53 %, 26,7 ppm de fósforo (P) y 12,3 % de materia orgánica.

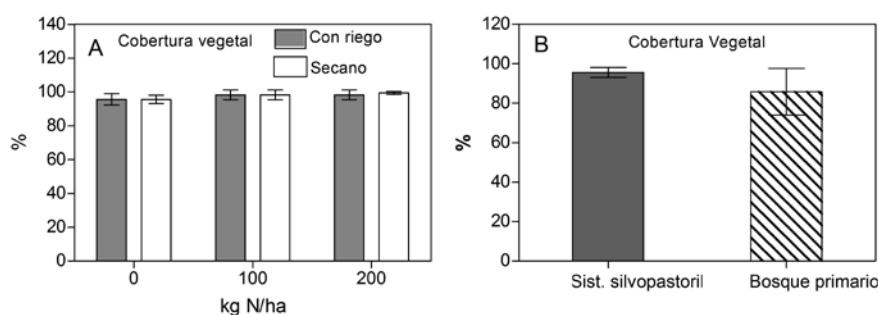
Las mediciones de composición botánica se realizaron en un ensayo instalado en el año 2012 que consta de parcelas de 6 x 6 m (n = 3) que contienen estrato herbáceo natural creciendo en distintas condiciones de humedad y fertilización. Estas parcelas se encuentran en un área que ha sido raleada al 50% de cobertura de copas para simular un sistema silvopastoril. Las parcelas principales se encuentran divididas en dos, donde a la mitad se le aplica

riego a capacidad de campo una vez por semana y la otra mitad crece en secano. Estas mitades, a su vez, se encuentran subdivididas en tres para dar los distintos niveles de fertilización, que corresponden a 0, 100 y 200 kg de Nitrógeno (N) ha<sup>-1</sup> aplicados en forma de nitrodoble en dos dosis (noviembre y enero) durante los dos años precedentes a la realización de este estudio. En un rodal aledaño al sector raleado se instalaron además tres transectas de 12 m de longitud en un bosque primario sin intervención como control. Todo el predio se encuentra cercado y libre de pastoreo. La composición botánica del estrato herbáceo se evaluó mediante 2 transectas de 6 m de longitud en cada uno de los tratamientos de fertilización, correspondiente a la parcela más pequeña, (total evaluado 12 metros por tratamiento, con tres repeticiones, dadas las tres repeticiones de la parcela principal). En cada transecta se midió la cobertura de especies por el método de intercepción (Levy y Madden, 1933), registrándose cada 10 cm todas las especies interceptadas, o bien la presencia de mantillo o suelo desnudo. Con estos datos se obtuvo el porcentaje de cobertura vegetal, la riqueza específica y el índice de diversidad de Shannon.

## Resultados y Discusión

La cobertura vegetal en las parcelas del sistema silvopastoril en todos los casos fluctuó entre el 95 y 98%, no presentando importantes diferencias según la condición hídrica ni tampoco según el nivel de fertilizante aplicado en los últimos dos años (Figura 1A). En contraste, el bosque primario sin intervención presentó valores de cobertura inferiores, de alrededor del 83% (Figura 1B), estando el resto de la superficie del suelo cubierta por mantillo. Estos resultados concuerdan con otros estudios previos realizados en la zona y en la provincia de Tierra del Fuego donde el bosque sin intervención siempre presentaba mayores porcentajes de mantillo y menores porcentajes de cobertura vegetal en comparación a los sistemas silvopastoriles, en donde la entrada de luz estimula el crecimiento y la cubierta de la vegetación (Gargaglione et al., 2012). En cuanto a la composición botánica, el sistema silvopastoril pre-

sentó un aumento de la proporción de gramíneas a medida que incrementaba la cantidad de fertilizante aplicado, tanto en el sistema bajo riego como en secano, aunque en magnitudes diferentes (Figura 2). En el primer caso, la proporción de gramíneas presentó una media de 62% de la cobertura vegetal para el nivel de cero fertilizante, mientras que este valor incrementó a 71 y 72% para los niveles de 100 y 200 kg de N ha<sup>-1</sup> aplicado, respectivamente (Figura 2A). En el sistema silvopastoril en secano, por su parte, también aumentó la proporción de gramíneas de 65 % en el tratamiento sin fertilizante a 66 y 69% para los niveles de 100 y 200 kg de N ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 2B). En contraste, al comparar las medias generales de riego y secano, no se encontraron diferencias en la proporción de gramíneas y dicotiledóneas entre los dos grupos (datos no mostrados), por lo que la variación en



**Figura 1. A)** Cobertura vegetal del estrato herbáceo natural de un sistema silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en la provincia de Santa Cruz, tras dos años de aplicación de fertilizante (0, 100 y 200 kg N ha<sup>-1</sup>) y dos condiciones de riego (con riego y seco). Las barras verticales indican el desvío estándar de la media. **B)** Comparación de la cobertura vegetal de un bosque primario sin intervención vs. el sistema silvopastoril, en este caso se compara con la situación de sin fertilizante y sin riego.

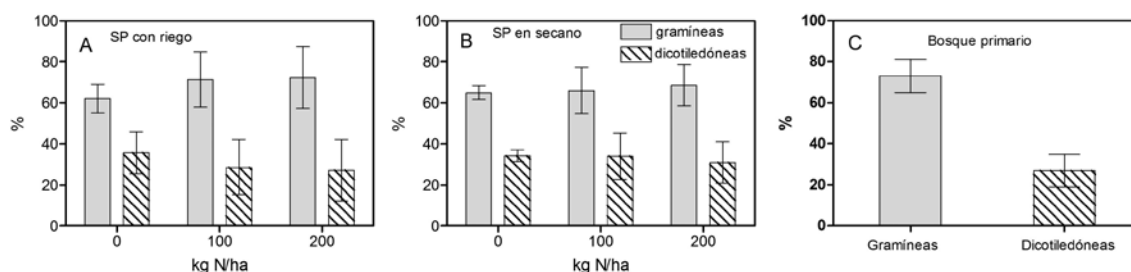
las comunidades botánicas estarían dadas principalmente por la cantidad del N aplicado. Las principales especies presentes del grupo gramíneas del sistema silvopastoril fueron *Poa pratensis* y *Dactylis glomerata*, estando en mucha menor proporción *Deschampsia flexuosa*, *Trisetum spicatum* y *Bromus catharticus*. En cuanto a las dicotiledóneas, las más abundantes fueron *Taraxacum officinale* y *Osmorhiza chilensis*. La proporción de cada una de las especies presentó ligeras variaciones según el tratamiento considerado. Por ejemplo, en el sistema silvopastoril bajo riego, *P. pratensis* decreció su participación con el incremento de N aplicado, de 41% en el tratamiento sin fertilizante a 24% en el tratamiento con 200 kg N ha<sup>-1</sup>, mientras que *D. glomerata* aumentó su proporción de 16,4 a 43 % con los mismos niveles de N aplicado. El resto de las gramíneas presentaron una participación muy inferior, como el caso de *D. flexuosa* (2,3%) y *Trisetum spicatum* (1,3 %). En el caso de las dicotiledóneas, *T. officinale* decreció de 14,9 con 0 N a 9% en el tratamiento con 200 kg N ha<sup>-1</sup>, mientras que *O. chilensis* se mantuvo entre el 12 y 14% en todos los niveles. El resto de las especies presentaron coberturas relativas muy inferiores, como ser *Viola magellanica* (0,5 %), *Vicia sativa* (0,5) y *Gallium aparine*, el cual descendió de 2% de cobertura relativa en el tratamiento sin fertilizante a 0,2% en el tratamiento con 200 kg de N ha<sup>-1</sup>.

Para el sistema silvopastoril en secano, las tendencias fueron algo diferentes. Por ejemplo, *P. pratensis* aumentó su cobertura relativa de 25,4% con cero nitrógeno a 35,3% con 200 kg de N ha<sup>-1</sup>, mientras que en este caso *D. glomerata* se mantuvo en todos los casos ocupando entre 31 y el 36% del total de la cobertura vegetal, en los distintos niveles de N aplicado. En cuanto a las dicotiledóneas, en

este caso *T. officinale* presentó el mismo patrón que bajo riego de disminuir con el aumento de fertilizante aplicado, pero en el caso de *O. chilensis*, éste aumentó su cobertura de 9,6% a 18,3% en los niveles de 0 y 200 kg de N ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

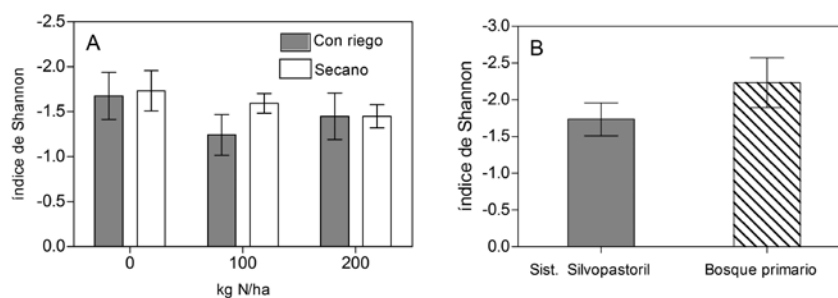
La riqueza específica del sistema silvopastoril presentó una media entre 8 y 10 especies para los distintos tratamientos de N aplicado, mientras que el bosque primario presentó una riqueza media de 13 especies y una cobertura de gramíneas de alrededor del 73% (Figura 2C). La composición botánica del bosque primario fue diferente al encontrado en el sistema silvopastoril, con otras especies y otros porcentajes de cobertura: en este caso las gramíneas se representaban por *P. pratensis* (30,7 %), *Poa spiciformis* (16,8 %), *D. glomerata* (12,3 %), *D. flexuosa* (6,5 %), *Carex macrosolen* (2,8%) y *T. spicatum* (4,9 %) mientras que entre las dicotiledóneas predominaban *Vicia sativa* (4,6%), *Viola magellanica* (4,2 %), *T. officinale* (3,6%), *O. chilensis* (2,1 %), *G. aparine* (1,4 %) y *Gallium fuegianum* (0,7 %).

El sistema silvopastoril sin fertilizante presentó un índice de diversidad de Shannon de alrededor de -1,7 en el tratamiento sin fertilización y este valor decreció a -1,44 para el caso del tratamiento con 200 kg de N ha<sup>-1</sup> (figura 4A). Esto se debería principalmente a que con un aumento en la disponibilidad de este nutriente incrementan la proporción de las gramíneas dominantes, principalmente el *D. glomerata* o *P. pratensis* según la disponibilidad hídrica. Por su parte el bosque primario obtuvo un índice de diversidad de Shannon de -2,23, claramente superior al sistema silvopastoril, lo cual es concordante con los resultados anteriores que mostraban una mayor riqueza de especies en el



**Figura 2.** Representación de los principales grupos botánicos de un sistema silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en la provincia de Santa Cruz tras la aplicación de dos años consecutivos de fertilizante (0, 100 y 200 kg N ha<sup>-1</sup>) en A) un sistema bajo riego, B) el mismo sistema en secano y C) un bosque primario aledaño sin intervención. Las barras verticales indican el desvío estándar de la media.





**Figura 4. A)** Comparación del índice de diversidad de Shannon de un sistema silvopastoril de *Nothofagus antarctica* tras la aplicación de dos años consecutivos de fertilización (0, 100 y 200 Kg N ha<sup>-1</sup>) y distintas condiciones hídricas (con riego y secano). **B)** Comparación del índice de diversidad de Shannon para un bosque primario de *Nothofagus antarctica* y un bosque bajo uso silvopastoril, (en este caso se toma el ejemplo con cero fertilizante y en secano). En ambos casos las barras verticales indican el desvío estándar de las medias.

bosque primario y a su vez con proporciones de participación en la cobertura vegetal mas equilibradas. Estos resultados son concordantes con estudios previos que demostraban que la apertura del dosel arbóreo en sí misma producía un descenso en el índice de diversidad de Shannon en estos sitios de Santa Cruz

(Gargaglione et al., 2012). Este descenso se puede ver incrementado más aún si al sistema se le agregan condiciones favorables de fertilización y riego, en donde *D. glomerata* por ejemplo incrementa mucho su abundancia en pos del detrimento de otras gramíneas y dicotiledóneas.

## Conclusiones

Este trabajo evaluó la variación en la composición botánica del estrato herbáceo de un sistema silvopastoril en la provincia de Santa Cruz luego de dos años de la aplicación de fertilización nitrogenada y riego. Se observó que la aplicación de riego y fertilización nitrogenada en el sistema silvopastoril determinó la predominancia de *D. glomerata* por sobre las demás especies, disminuyendo por consiguiente la riqueza específica y el índice de diversidad de Shannon en comparación a un sistema de bosque primario. Algo similar ocurrió al agregar fertilizante nitrogenado en secano, siendo en este caso la especie *Poa pratensis* la que incrementó en mayor medida su participación en la

cobertura vegetal. Estos resultados indicarían que la apertura del dosel arbóreo, sumado al agregado de fertilizante nitrogenado, si bien no produce cambios en la cobertura vegetal global, si puede conllevar a que aquellas especies introducidas forrajeras de rápido crecimiento predominen y tiendan a desplazar al resto de las especies presentes. Si bien esta respuesta puede ser beneficiosa desde el punto de vista de obtener forraje para la cría de ganado, se debe tener especial cuidado al aplicarse en gran escala ya que podría conllevar a la desaparición de algunas especies nativas presentes haciendo todo el sistema más vulnerable o frágil en cuanto a la conservación de la biodiversidad.

## Bibliografía

- Gargaglione, V., Peri, P.L., Monelos, L.H., Ormaechea, S., Ceccaldi, E., Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., 2012. Respuesta de la vegetación herbácea a raleos en bosque de ñire en Patagonia. Actas del 2° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles pp. 40-45, Santiago del Estero, 9 al 11 de Mayo de 2012.
- Ivancich, H., Martínez Pastur, G., Peri, P.L., 2011. Modelos forzados y no forzados para el cálculo del pindice de sitio en bosques de *Nothofagus antarctica* en Patagonia Sur. Bosque 32(2): 135-145.
- Ivancich, H., Martínez Pastur, G., Peri, P., Soler, R., Lencinas, M. V. 2010. Primeros resultados de raleos en bosques de *Nothofagus antarctica* para el manejo silvopastoril en Tierra del Fuego, Argentina.
- Levy, EG; Madden, EA. 1933. The point method of pasture analyses. New Zealand Journal of Agriculture 46:267-379.
- Peri, P. L., Sturzenbaum, M. V., Monelos, L., Livraghi, E., Christiansen, R., Moreto, A., Mayo, J. P. 2005. Productividad de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Patagonia Austral. Pp 10 en Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Comisión Silvicultura Bosque Nativo. Corrientes, 6 al 9 de Septiembre 2005.
- Peri P.L., Ormaechea S., 2013. Relevamiento de los bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Santa Cruz: base para su conservación y manejo, 88 pp. Ediciones INTA, Buenos Aires. ISBN 978-987-679-219-6.
- Peri, P.L., Monelos, L.; Martínez Pastur, G., Ivancich, H., 2013 Raleo en bosque de *Nothofagus antarctica* para uso silvopastoril en Santa Cruz. Actas II Jornadas Forestales de Patagonia Sur y 2do Congreso Internacional Agroforestal Patagónico (Ed. Peri, P.L.), pp. 96. INTA-Instituto Forestal de Chile-UNPA-CONICET. El Calafate, Santa Cruz, 16 al 18 de Mayo de 2013. ISBN 978-987-679-238-7.

# Estabelecimento de árvores nativas de interesse ecológico e econômico para Sistemas Silvipastoris Intensivos em Apuí, Amazônia Brasileira

G. C. Carrero; M.A. Jacauna, A. M. Sardinha; M.M. Bettarello;

## Resumo

Este é um artigo preliminar que avalia a sobrevivência e crescimento de 25 espécies de árvores após 8 meses de plantio em pastagens convertidas visando o estabelecimento de sistemas silvipastoris intensivos na Amazônia brasileira com intuito de aumentar a renda de produtores rurais e a resiliência dos agroecossistemas. De 1097 plantas de 25 espécies 892 sobreviveram (81%) ao primeiro período de estiagem, mesmo plantadas no meio da estação chuvosa. Espécies com maior sucesso (entre 91-100%) de sobrevivência foram *Genipa americana*, *Caryocar villosum* e *Leucaena leucocephala*, *Inga edulis*, *Tabebuia serratifolia*, *Gliricidia sepium*, *Aspidosperma macrocarpon* e *Schizolobium amazonicum*. Em termos de crescimento em 8 meses após o plantio, *Leucaena leucocephala*, *Inga edulis*, *Caryocar villosum* e *Genipa americana* foram as que mais cresceram, 40cm ou mais. Apenas dois indivíduos de *G. americana* foram plantadas e deve-se fazer mais testes para comprovar seu potencial real.

**Palavras chave:** Amazonas, fronteira do desmatamento, taxa de sobrevivência, agroecossistemas, *Inga edulis*.

## Native trees establishment of ecological and economic interest for intensive silvopastoral systems in Apuí, Brazilian Amazon

## Abstract

This preliminary paper assess the survival and growth in height of 25 tree species after 8 months of planting on pasturelands for the implementation of Intensive silvopastoral systems in the Brazilian Amazon aiming at increasing agroecosystem resilience and rural peasant income. 892 plants out of 1097 (81%) have survived after the first dry season, even planted in the middle of the rainy season. Species of higher success were *Genipa americana*, *Caryocar villosum*, *Leucaena leucocephala*, *Inga edulis*, *Tabebuia serratifolia*, *Gliricidia sepium*, *Aspidosperma macrocarpon* and *Schizolobium amazonicum*. Regarding height growth after 8 months from planting *Leucaena leucocephala*, *Inga edulis*, *Caryocar villosum* and *Genipa americana* were the ones that grew 40cm or more.

**Key words:** Amazonas, deforestation frontier, tree survivor rate, agroecosystems, *Inga edulis*.

## Introdução

A ocupação da Amazônia se baseia no desmatamento inicial da área a ser explorada comercialmente, principalmente pela pecuária extensiva, que é o uso adotado de 75% das áreas desmatadas na Amazônia Brasileira (Barreto et al., 2013). Com a expansão da soja no sul da Amazônia, a migração da atividade pecuária tem acelerado em fronteiras próximas a borda de floresta contínua (Barona et al., 2010), como é o caso de Apuí, no sul do Amazonas. Apuí tem o segundo maior rebanho, é o terceiro município com maior desmatamento acumulado no Amazonas e o décimo em taxas anuais em 2012 e 2013 na Amazônia Legal Brasileira (INPE, 2014). Cerca de 80% da população é de migrantes brasileiros de outras regiões, que não tem conhecimento do potencial das espécies madeireiras e do clima local (Carrero e Fearnside, 2011).

Até 2000 o processo de acúmulo de terras levou ao estabelecimento de fazendas voltadas a pecuária extensiva, muitas vezes por motivos especulativos, que hoje ocupam cerca de 90% das áreas em uso no município (Carrero e Fearnside, 2011). Estes sistemas sem uso de insumos contribuem para a rápida degradação das pastagens e do solo, sendo o fósforo um dos fatores mais limitantes (Hecht, 1988). As áreas são abandonadas depois de 9 a 11 anos de uso (Luizão et al., 2009). Essa atividade degradadora tem aumentado a fragmentação florestal, gerando o 'efeito de borda' que poderia ser minimizado com a paisagem agroflorestal e silvipastoril. Tais efeitos incluem mudanças na umidade, luz e temperatura da floresta, alterando o habitat e causando, entre outras coisas, alta mortalidade de árvores e redução de ocorrência de espécies animais (Lovejoy et al., 1986, Laurance et al., 2000).

O desafio de desenvolver a Amazônia e, ao mesmo tempo,

conservar a floresta e gerar retorno econômico passa, necessariamente, pela adoção de princípios agroecológicos e sustentáveis na produção agrícola. Alguns estudos foram desenvolvidos com o intuito de promover a adoção de sistemas silvipastoris na Amazônia brasileira (e.g. Veiga e Serrão, 1990; Serrão e Homma, 1991; Townsend et al., 2000). Contudo, pouco se sabe sobre sistemas silvipastoris intensivos (SSPI). SSPIs são um bom exemplo de uso da terra que podem aumentar a produtividade e rentabilidade de uma fazenda, aumentar a geração de bens e serviços ecossistêmicos e permitir a liberação de áreas frágeis, marginais e estratégicas para a conservação (Calle et al., 2012).

Em Apuí, o Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (Idesam) tem desenvolvido e adaptado modelos de SSPI, com apoio do Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV-CO). A pecuária extensiva apresenta lotação animal média de 0,75 unidades animais por hectare, enquanto que sistemas de manejo semi-intensivo testados comprovaram que a técnica é viável economicamente, produzindo 3 vezes mais na mesma área (Carrero et al., 2014a), sem incluir árvores. Com árvores, sistemas silvipastoris semi e intensivos teriam maior potencial de aumentar a produtividade e os serviços ecossistêmicos. Com os SSPI, o contraste entre floresta e área produtiva seria reduzido, áreas rurais seriam mais permeáveis às espécies da matriz florestal, aumentaria a diversidade biológica e a resiliência do agroecossistema, reduzindo o efeitos da fragmentação florestal.

Este artigo avalia quais espécies de árvores da flora local tem maior sobrevivência e sucesso para ser utilizadas na implantação de sistemas silvipastoril intensivos no sul do Amazonas.

## Materiais e métodos

O município de Apuí se localiza no sul do Amazonas, na rodovia Transamazônica (Figura 1). Apresenta altitude média de 135 m acima do nível do mar, com relevo plano a

moderadamente ondulado (Radambrasil, 1978). A precipitação anual está entre 2800-3100 mm e a temperatura média anual é de 26°C e o clima é classificado como tropical de

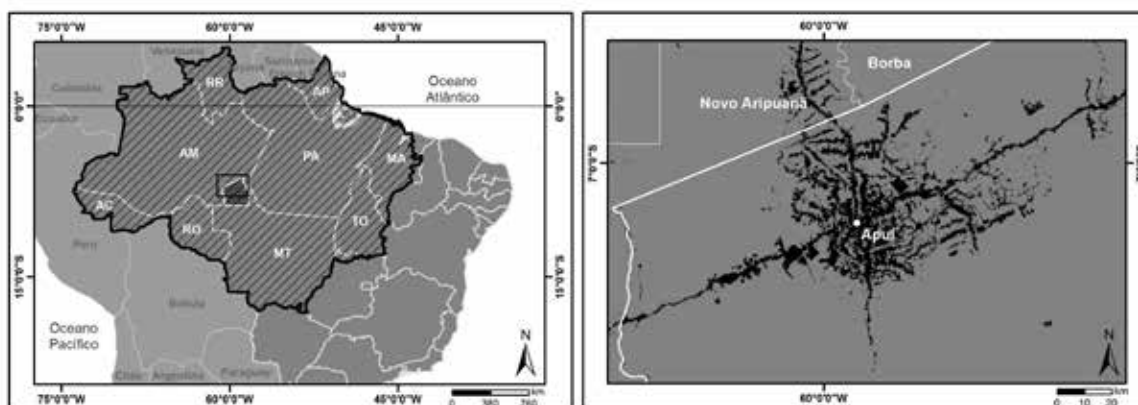


Figura 1: Localização do município de Apuí, Amazonas, Brasil. Preto na figura à direita é área desmatada.

Area 1: Produção agropecuária y forestal en los sistemas silvopastoriles y agroforestales

Tabela 1. Análise química dos solos das 3 UD's de SSPI de amostras 0-20cm profundidade

UD	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Ca%	Mg%	K%
1	4,1	23	3	0,5	4	1	46	5	51	10,1	0,16	0,9	93	3,4	0,2	6,84	2,34	0,94
2	4,4	36	5	0,5	19	7	57	27	83	32	0,18	0,7	31	8,6	0,4	23,34	8,06	0,64
3	4,4	56	116	1,6	8	7	84	17	101	16,4	0,23	1	100	2	1,3	7,76	7,06	1,59

pH: dissolvido em CaCl<sub>2</sub>; M.O: g/dm<sup>3</sup>; P resina, S-SO<sub>4</sub>, B, Cu, Fe, Mn e Zn: mg/dm<sup>3</sup>; K, Ca, Mg, H+Al, Al, Na, SB e CTC: mmol/dm<sup>3</sup>

monções (Alvares et al., 2013). O tipo de solo predominante é latossolo vermelho-amarelo na classificação brasileira (EMBRAPA, 2006).

Em fevereiro e março de 2014 foram implantadas 3 Unidades Demonstrativas (UD) de SSPI totalizando 12 hectares. O solo das UD's (Tabela 1) são considerados de baixa fertilidade (ver Cochrane et al., 1985), embora a UD 3 tenham níveis melhores de P e MO, embora contenham de média a alta quantidade de carbono (MO).

A UD SSPI consiste em um módulo de 4 hectares (40.000m<sup>2</sup>) com 20 divisões (2.000m<sup>2</sup>) isoladas com cerca eletrificada. As áreas eram compostas pela gramínea *Brachiaria brizantha* e *B. humidicola*, que receberam 2 toneladas de calcário dolomítico (PRNT 92%) e 150kg de superfosfato simples por hectare. Para o plantio das mudas foram demarcadas linhas de 100 metros de comprimento a cada 15-20 metros, onde foi aplicado o herbicida glifosato. As covas foram marcadas com estacas a cada 3 metros e abertas com furadeira mecânica acoplada a um trator nas dimensões de 40cm de diâmetro por 40cm de profundidade. Em cada cova foram

misturados ao solo 500g de composto orgânico e 200g de calcário dolomítico.

Em cada UD foram plantadas uma média de 365 mudas de 25 espécies arbóreas de interesse econômico e ecológico, das quais 11 espécies são leguminosas (Tabela 2). Entre cada muda foram plantadas duas estacas de botão de ouro (*Tithonia diversifolia*). As mudas foram plantas com cerca de 10-15cm de altura em média, com exceção de *M. itauba*, *H. brasiliensis*, *C. rubra* com 60cm de altura. As mudas receberam coroamento manual antes da época seca, entre maio e setembro, e duas aplicações de biofertilizante de baixo custo (a base de esterco, cinzas, plantas leguminosas e repelentes) para aumentar o vigor das folhas. Em outubro de 2014 (8 meses após o plantio) foram realizadas a contagem das plantas vivas e medida a altura da planta a partir da sua base. Os dados de sobrevivência e altura das plantas são apresentados e discutidos no resultados com o objetivo de fornecer argumentos para a escolha das espécies mais aptas a serem plantadas em área de pastagem recuperadas para a formação de SSPI para a produção leiteira.

Tabela 2. Lista de espécies plantas nas linhas das UD's de SSPI.

Espécie	Família	Quantidade
<i>Annona muricata</i> L.	Annonaceae	2
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart	Apocynaceae	12
<i>Euterpe oleraceae</i> Mart.	Arecaceae	17
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O. Grose	Bignoniaceae	80
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl), Pers.	Caryocaraceae	12
<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd.Adr.ex. Juss)	Euphorbiaceae	24
<i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae	268
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Fabaceae	5
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Fabaceae	141
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	71
<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	Fabaceae	45
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.	Fabaceae	26
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl) Willd.	Fabaceae	78
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walpers) O.F. Cook	Fabaceae	19
<i>Leucaena leucocephala</i> var. <i>cunningham</i> (Lam.) De Wit	Fabaceae	39
<i>Copaifera glycyarpa</i> Ducke	Fabaceae	15
<i>Copaifera piresii</i> Ducke	Fabaceae	5
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	Lauraceae	85
<i>Nectandra cuspidata</i>	Lauraceae	27
<i>Cariniana rubra</i> (Gardner ex Miers)	Lecythidaceae	30
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	11
<i>Cedrela odorata</i> (L.)	Meliaceae	23
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Meliaceae	40
<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	2
<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Cheval	Sapotaceae	20
<b>TOTAL</b>		<b>1.097</b>

## Resultados e discussão

Tabela 3. Taxa de sobrevivência das mudas após 8 meses de plantio.

UD	Mudas plantadas	Mudas sobreviventes	Taxa sobrevivência
1	403	243	60,3%
2	274	256	93,4%
3	420	393	93,6%
<b>TOTAL</b>	<b>1.097</b>	<b>892</b>	<b>81,3%</b>

A sobrevivência das mudas plantadas são apresentadas na Tabela 3. Em média a sobrevivência foi de 81%, variando entre 60,3 e 93,6%. Foi observado que na região da UD 1, houve um período de estiagem maior, o que comprometeu algumas espécies, principalmente espécies de crescimento lento.

As espécies que tiveram maior sobrevivência foram *Genipa americana*, *Caryocar villosum* e *Leucaena leucocephala* (100%), seguidas por *Inga edulis*, *Tabebuia serratifolia*, *Gliricidia sepium*, *Aspidosperma macrocarpon* e *Schizolobium amazonicum* (91-99%) (Figura 2). Devido ao período de seca de Apuí ser entre maio e setembro, muitas plantas sofreram com o forte calor e pouca disponibilidade de água, mesmo com a sombra parcial oferecida pelas plantas botão de ouro. Já a gramínea também contribuiu para abafar algumas plantas, que provavelmente não sobreviveram até a época do coroamento. Notou-se que as plantas que sofreram mais foram espécies clímax ou de crescimento moderado a lento, como *M. itauba*, *N. cuspidata*, *C. glycyarpa*. Já *Cedrela odorata*, uma espécie secundária inicial indicada para recuperação de áreas degradadas, pareceu bastante prejudicada, principalmente na UD 1 que teve um período de seca mais acentuado,

e esta espécie prefere solos profundos e húmidos (Carrero et al. 2014b). Os dois indivíduos plantados de *Genipa americana* sobreviveram enquanto dois de *Annona muricata* não. Vale ressaltar que o plantio foi feito já no meio do período das chuvas (fevereiro e março), o que comprometeu o estabelecimento das espécies. O ideal seria plantar em novembro, início das chuvas. Os resultados sugerem que seria preferível plantar em um primeiro ano plantas pioneiras que tiveram entre 90 e 100% de sobrevivência, juntamente com arbustos leguminosos para adubação verde e aumentar matéria orgânica no solo, e no segundo ano inserir mudas mais sensíveis, utilizando a sombra das pioneiras e leguminosas.

Em termos de altura, com exceção das plantas que foram plantadas com 60cm, as que mais se sobressaíram foram *L. leucocephala*, *I. edulis*, *C. villosum* e *G. americana*, crescendo 40cm ou mais. Vale ressaltar que plantas de crescimento rápido e que suportam alta luminosidade são preferíveis em relação aquelas de crescimento lento para o primeiro ano de plantio. Apenas dois indivíduos de *G. americana* foram plantadas e deve se fazer mais testes para comprovar seu potencial real

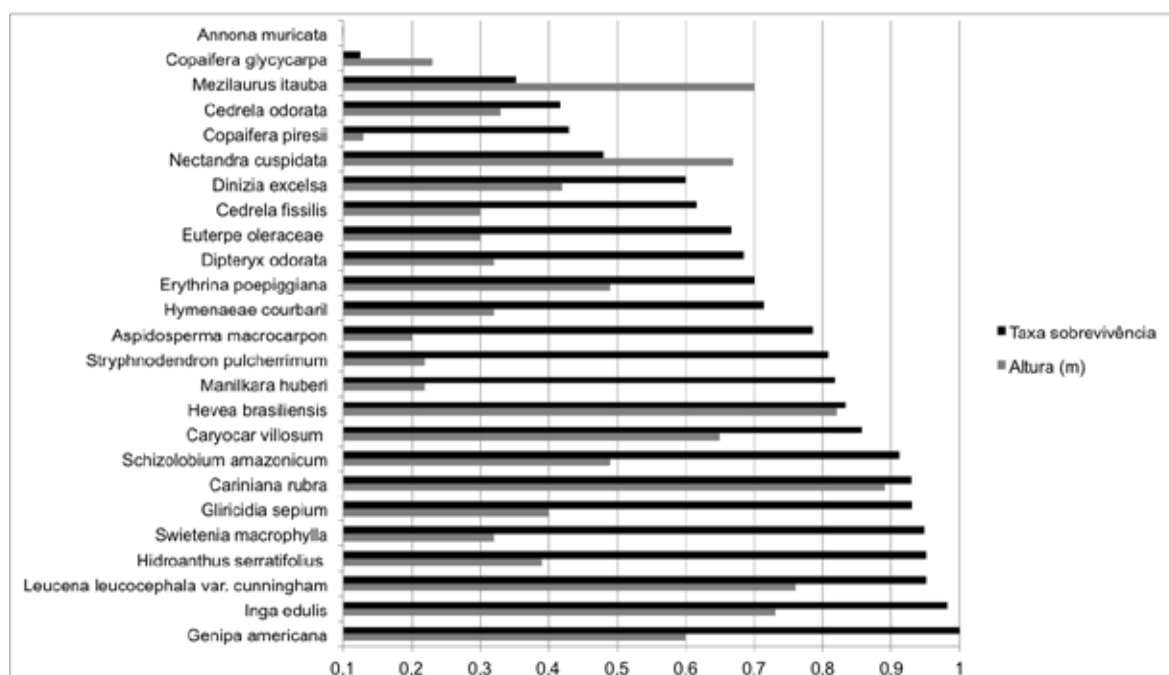


Figura 2. Taxa de sobrevivência e altura (metros) das espécies de árvores plantadas em linha nas pastagens de *B. brizantha* e *B. Humidicola* após 8 meses de plantio.

## Conclusões

O estabelecimento de espécies arbóreas em pastagens em solos de baixa fertilidade na Amazônia para formação de SSPI ainda é pouco conhecido. De 1097 plantas de 25 espécies, 892 sobreviveram (81%) ao primeiro período de estiagem, mesmo plantadas no meio da estação chuvosa. Espécies com maior sucesso (entre 91-100%) de sobrevivência foram *Genipa americana*, *Caryocar villosum* e *Leucaena leucocephala*, *Inga edulis*, *Tabebuia serratifolia*, *Gliricidia sepium*, *Aspidosperma macrocarpon* e *Schizolobium amazonicum*. Em termos de crescimento, em 8 meses após o plantio, *Leucaena leucocephala*, *Inga edulis*, *Caryocar villosum* e *Genipa americana* foram as que mais cresceram, chegando

a 40cm ou mais. Apenas dois indivíduos de *G. americana* foram avaliados e deve-se fazer mais testes para comprovar seu potencial real. A adoção do SSPI para pequenos produtores de leite na região tem grande potencial, já que tais práticas aumentam diretamente a renda e reduzem a necessidade de insumos externos utilizados na agricultura convencional, além de fortalecer a segurança alimentar. Contudo, este sistema precisa ser testado e adaptado na região, tendo em vista as particularidades edafo-climáticas locais, para ser usada como modelo para ser disseminado nestas novas fronteiras e contribuir com a redução do desmatamento e a permanência de agricultores familiares na zona rural.

## Agradecimentos

Ao Fundo Vale pelo apoio financeiro, ao Viveiro Santa Luzia, CIPAV e Via Verde Consultoria Agrônômica pelo apoio técnico e a Prefeitura de Apuí e aos produtores rurais Adelario Ronnau, Lourizete Moraes e Joao Nilton Juliao pela parceria. Aos técnicos Gleisson H. D'Ávila e Melkese de Alcantrá pelo apoio de campo.

## Bibliografia

- ADAF- Agência de Defesa Agropecuária e Florestal do Estado do Amazonas. Mapa de Controle Mensal de emissão de GTA's Interestadual e Intraestadual, 2014. Manaus, AM
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, P. L. M., Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologisch zeitschrift. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Online: <http://www.ingentaconnect.com/content/schweiz/mz/pre-prints/content-507> Alvares\_ ingenta
- Barona, E., Ramankutty, N., Hyman, G., Coomes, Ö.T. 2010. The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. Environmental Research Letters 5: 1-9, pp. 60.
- Barreto, P., Silva, D.S. Ellinger, P. 2013. Como desenvolver a economia rural sem desmatar a Amazônia? Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), Belém-PA.
- Carrero, G.C., Fearnside, P.M. 2011. Forest clearing dynamics and the expansion of landholdings in Apuí, a deforestation hotspot on Brazil's Transamazon Highway. Ecology and Society 16 (2): 26. Online: <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss2/art26/>.
- Carrero, G.C., Albuja, G., Cenamo, M.C., Bettarello, M.M., Vicente, A. 2014a. Viabilidade econômica da pecuária semi-intensiva no sul do Amazonas, uma oportunidade para reduzir o avanço do desmatamento, Idesam, Manaus-AM, pp.48, Online: <http://idesam.org.br/publicacao/relatorio-viabilidade-pecuaria.pdf>
- Carrero, G.C., Pereira, R.S., Jacuina, M.A., Lima Júnior, M.J.V. 2014b. Árvores do sul do Amazonas: guia de espécies de interesse econômico e ecológico. Idesam, Manaus, pp. 116. Online: <http://www.idesam.org.br/publicacao/Arvores-Sul-Amazonas-Guia-Especies.pdf>
- Cochrane, T.T., Sanchez, L.G., Azevedo, L.G., Porras, J.A., Garver, C.L. 1985. A terra na América tropical. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT / Embrapa – Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - CPAC. Vol. 3.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisas de Solos- CNPS. 2006. Sistema brasileiro de classificação de Solos. 2ª Ed. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro-RJ.
- Hecht, S.B., Norgaard, R.B., Possio, C. 1988. The economics of cattle ranching in eastern Amazonia. Interciencia 13:233-240.
- INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2014. Projeto Prodes – Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite. Online: [http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes\\_1988\\_2013.htm](http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2013.htm).
- Laurance, W.F., Delamônica, P., Laurance, S.G., Vasconcelos, H.L., Lovejoy, T.E., 2000. 'Rainforest fragmentation kills big trees'. Nature, 404: 836.
- Lovejoy, T.E., Bierregaard, R.O. Jr., Rylands, A.B., Malcon, J.R., Quintela, C.E., Harper, L.H., Brown, K.S., Powell, A.H., Powell, G.V.N., Schubart, H.O.R., Hays, M.B. 1986. 'Edge and other effects of isolation on amazon forest fragments'. In: Conservation Biology: the science of scarcity and diversity, ed. M.E. Soulé. Sunderland, Massachusetts, pp 257-285.
- Luizão, F. J., Fearnside, P. M., Cerri, C. E. P., and Lehmann, J. 2009. The Maintenance of Soil Fertility in Amazonian Managed Systems. In Keller, M., Bustamante, M., Gash, J., and da Silva Dias, P. (eds.), Amazonia and Global Change, Geophysical Monograph Series, vol. 186. American Geophysical Union (AGU), Washington, DC, pp.311–336.
- RADAMBRASIL, Projeto. 1978. Folha no. SB 20 Purus: geologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
- Serrão, E.A.S., Homma, A.K.O. 1991. Agriculture in the Amazon: the question of sustainability. Committee for Agriculture and Environment in the Humid Tropics, Washington, pp 100.
- Veiga, J.B., Serrão, J.A. 1990. Sistemas silvipastoris e produção animal: a experiência da Amazônia brasileira. En: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA/PASTAGENS, 27., 1990, Campinas, SP. Anais... FEALQ, Piracicaba, pp.37-68.
- Townsend, C.R. et al. 2000. Comunicado Técnico 188 - Condições térmicas ambientais sob diferentes sistemas silvipastoris em Presidente Médici, Rondônia. EMBRAPA-CPAF, Rondônia, pp. 4.

# Alternativas de modelos silvopastoriles en forestaciones de *Populus* spp en zonas bajo riego en el oasis del Valle de Uco en Mendoza

Calderón, A. D.; Rebora, C.; Robledo, M. S. \*

## Resumen

El cultivo de forestales, en particular el de *Populus* spp en zonas bajo riego, requiere de plazos generalmente superiores a los 10 años para lograr el retorno del capital invertido. Por lo tanto surge la necesidad de tener alternativas de ingresos antes del turno de corta del forestal y una de ellas sería la incorporación de pasturas dentro de la forestación para la alimentación del ganado. El objetivo de este proyecto fue valorar los rendimientos y calidad de pasturas (implantadas y espontáneas), y la producción forestal y la interacción entre ellas. La experiencia se desarrolla en el oasis centro en el departamento de Tunuyán en la propiedad de un productor forestal (Lat: 33° 38' 01.31" Sur y Long: 69° 05' 04.57" Oeste). En una plantación de *Populus x canadensis* 'Conti-12', de 3 años de edad a una densidad de 666 plantas por hectárea. Se estableció un diseño de parcelas al azar con tres repeticiones, donde se comparan tres tratamientos: Rastrojo convencional – Testigo (R), Vegetación espontánea (E), Pasturas sembradas (P) con las siguientes especies: *Trifolium repens* ("trébol blanco"), *Festuca arundinacea* ("festuca alta"), *Dactylis glomerata* ("pasto ovillo") y *Bromus unioloides* ("cebadilla criolla"). La siembra de las pasturas se realizó el 20 de marzo de 2014. Los rendimientos para la Pastura sembrada fueron de 2237 y 2018 kgMS/ha para el 1° (octubre de 2014) y 2° (noviembre de 2014) corte respectivamente; para la Vegetación espontánea 512 y 708,5 kgMS/ha para las mismas fechas de corte. En cuanto a la producción forestal no se observan diferencias en los crecimientos para cada uno de los tratamientos. Este ensayo permitirá extraer conclusiones luego del año de sembradas las pasturas y deberá a partir de allí incorporar el componente ganadero y de esa forma analizar los rendimientos de cada uno de los componentes y la correspondiente interacción entre ellos.

**Palabras Clave:** Sistemas silvopastoriles - *Populus* - pasturas - zonas bajo riego - Mendoza

## Silvopastoral systems alternatives in poplar forest for irrigated areas of Mendoza

## Abstract

Forest crop, specially of Poplar species in irrigated areas, demand long periods (10 or more years) to recuperate the investment. One alternative to generate previous incomes is cattle production, that needs the incorporation of forage production to the system. The objective of this proyect is to value yields and quality of forages (cultivated and spontaneous), wood production and their interaction. The experience is conducted in central oasis of Mendoza, in Tunuyán (Lat: 33° 38' 01.31" S y Long: 69° 05' 04.57" W). ; in a three years old *Populus x canadensis* "Conti 12" forest, whit a planting density of 666 plants per hectare. Three treatments are contrasted: Traditional farming (R), Spontaneous vegetation (E), cultivated forages (P). The forage species sown in the mix were: *Trifolium repens*, *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* and *Bromus unioloides*. The sowing was done on March, 20 th of 2014. The yields expresed in kg/ha (dry matter) were 2237 y 2018 for P, for the first (october 2014) and second cut (november 2014). In E, 512 y 708,5. In forest production no diferences were observed between treatments. More time of experience is needed to allow us to take some conclusions, as well as the incorporation of cattle to the experience.

**Keywords:** Silvopastoral systems - *Populus* - forage - irrigated areas - Mendoza

\*Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. Email: acalderon@fca.uncu.edu.ar

# La infección con parásitos gastrointestinales e infestación por ectoparásitos en el ganado en el sistema silvopastoral en comparación con el sistema convencional

Maria Luiza Franceschi Nicodemo<sup>1</sup>, Márcia Cristina de Sena Oliveira, Talita Barban Bilhassi, Thalita Athiê Néo, Thuane Caroline Gonçalves, Márcio Dias Rabelo e Rodrigo Giglioti, José Ricardo Macedo Pezzopane, Marcos Rafael Gusmão.

## Resumo

As alterações de microclima induzidas em sistemas de pastagens arborizadas podem afetar a dinâmica da população de parasitas dos bovinos. Nesse experimento foi estudado o comportamento das infecções por parasitas gastrintestinais e da infestação pelo carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, pela mosca-dos-chifres *Haematobia irritans* e pela larva da mosca do berne (*Dermatobia hominis*), em bovinos de corte criados em sistema silvipastoril (SSP) em comparação ao sistema convencional de pastagens (SCP). O experimento está sendo conduzido em São Carlos, SP, Brasil. O nível de infecção por parasitas gastrintestinais e a infestação pelos ectoparasitas de bovinos foi avaliado em intervalos de 42 dias, relativos aos ciclos de pastagem nos piquetes rotacionados, nos dois sistemas de criação. Até o momento, os dois sistemas mostraram diferenças significativas nas infestações por mosca-dos-chifres e por larvas de *D. hominis* e na infecção por nematódeos gastrintestinais. Os resultados devem subsidiar possíveis alterações no manejo parasitário dos bovinos criados em SSP.

**Palabras clave:** *pasturas tropicales, sistema de producción.*

## Gastrointestinal parasites infection and external parasites infestation in beef cattle reared at a silvopastoral and a conventional system.

## Abstract

Microclimate changes brought about in silvopastoral systems (SSP) may affect the dynamics of bovine parasitosis compared to conventional pastures. The present study evaluated the behavior of gastrointestinal parasites and tick (*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*), horn fly (*Haematobia irritans*) and *Dermatobia hominis* larvae infestations on beef cattle reared at a conventional pasture system (SCP) and at a silvopastoral system. The experiment is conducted at São Carlos, SP, Brazil. The level of gastrointestinal parasites infection and external parasites infestation was evaluated at 42-day intervals relative to grazing cycles, at the two production systems. Partial results showed differences between systems on horn flies and *D. hominis* larvae infestation and gastrointestinal parasites infection. The findings may lead to changes in parasites control in bovines reared in SSP.

**Key words:** *production system, tropical pastures*

<sup>1</sup> Embrapa Pecuária Sudeste, Caixa Postal 339, São Carlos, SP, Brasil. 13560-970. marialuiza.nicodemo@embrapa.br



## Introdução

O Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo e segundo o censo agropecuário de 2006, a pecuária ocupa uma área aproximada de 158 milhões de hectares, enquanto a agricultura, cerca de 59,8 milhões de hectares. A busca por alternativas mais sustentáveis de produção pecuária tem levado à adoção de sistemas silvipastoris (SSP), que combinam pastagens, gado e árvores. Políticas públicas estão sendo adotadas, como o programa Agricultura de Baixo Carbono e Integra São Paulo, que incentivam a conversão de sistemas convencionais de pastagens (SCP)

em sistemas arborizados. Embora esta seja uma alternativa muitas vezes viável para o produtor rural, pouco é conhecido sobre o comportamento das principais parasitoses dos bovinos, nesse tipo de sistema. As infestações pelo carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, pela mosca-dos-chifres, *Haematobia irritans* e as infecções por helmintos gastrointestinais, produzem grandes prejuízos aos pecuaristas no Brasil. Assim, este estudo tem por objetivo estudar o comportamento destas parasitoses em bovinos de corte criados em SSP em comparação ao SCP.

## Materiais e Métodos

O período avaliado compreendeu de 08/2013 a 11/2014. O experimento foi implantado em São Carlos, SP, em dezembro de 2007. O clima da região é classificado como Cwa-Awa (Köppen), geralmente com duas estações bem definidas: seca, de abril a setembro, e chuvosa, de outubro a março. A temperatura média anual é de 21,2 °C. A umidade relativa média anual do ar é de 75,6%. O relevo da região é suave - ondulado, com declives de 3% a 5%, e altitude média de 860 m. O sistema silvipastoril foi implantado em área formada por *Urochloa decumbens*, em Latossolo Vermelho-Escuro (EMBRAPA, 1997) de textura média. Sete espécies florestais nativas foram plantadas diretamente nas pastagens, com proteção de cerca elétrica, alocada a um metro das linhas externas de árvores de cada faixa, resultando em cerca de 600 árvores/ha. O sistema controle a pleno sol foi composto de seis piquetes de capim *Urochloa decumbens*, com duas repetições de área.

Bovinos da raça Canchim foram desmamados ao redor de oito meses, identificados por brincos numerados, vacinados contra febre aftosa e clostridioses e tratados com carrapaticida e anti-helmíntico antes de serem colocados nos piquetes. Os animais receberam suplementação mineral e água "ad libitum"; durante toda a estação seca, receberam mistura mineral proteinada também "ad libitum". Foi adotado o pastejo rotacionado, com sete dias de ocupação e 35 dias de descanso.

As pastagens foram adubadas na estação chuvosa para manutenção da produção. O número de animais alocados nos piquetes variou com a quantidade de forragem disponível ao longo dos meses, avaliando-se a altura do capim para ajustes de carga. Cada piquete teve sete dias de ocupação e 35 dias de descanso. A cada 42 dias, os animais foram pesados após jejum de 16 horas e submetidos à colheita de sangue e avaliação de parasitas.

Como auxiliar na avaliação nutricional dos animais, amostras de sangue venoso foram colhidas com ajuda de sistema à vácuo. As amostras colhidas com anticoagulante (EDTA) foram usadas para a determinação do volume globular (VG) pela técnica de micro-hematócrito.

Amostras de fezes foram colhidas da ampola retal com o auxílio de sacos plásticos para serem submetidas a contagens do número de ovos por grama de fezes (OPG), usando a técnica de Gordon & Whitlock modificada por Ueno & Gonçalves (1989). Para avaliação da carga de ectoparasitas, foi usada a contagem de carrapatos maiores que 4,5 mm de diâmetro presentes no lado esquerdo do corpo dos animais, usando a metodologia proposta por Utech et al., (1978) e a contagem das moscas-dos-chifres presentes na região dorsal dos animais (Fraga et al., 2005). As larvas de *Dermatobia hominis* (berne) presentes no corpo dos animais foram também contadas.

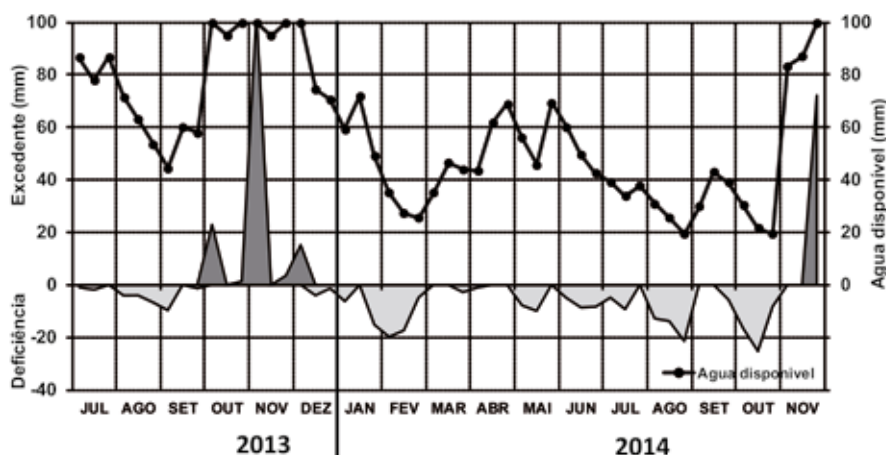


Figura 1. Extrato do balanço hídrico para o período entre julho de 2013 e novembro de 2014, em São Carlos, SP, Brasil.

A fim de melhor caracterizar as pastagens dos SSP e de sol, a quantidade de nematódeos de vida livre e larvas infestantes de parasitas de bovinos presentes na matéria seca do capim foram avaliadas. Amostras em todo o pasto foram feitas com corte rasteiro do pasto. O material foi lavado em água durante 5 horas, sob agitação. O capim foi retirado em pequenas quantidades, sob peneira em cima do recipiente, para remoção das partículas grandes e depois peneira de 38  $\mu$ m onde então as larvas ficaram retidas. O material foi colocado para decantar em frasco cônico por 3 h. O sobrenadante foi descartado e o volume ajustado para 50 ml. Três aliquotas de 0,5 ml foram usadas para contagem e identificação dos gêneros presentes, usando microscópio com aumento de 10 e 40x. Os animais experimentais foram pesados ao final de cada ci-

clo de pastejo (42 dias) para cálculo do ganho de peso individual. A partir do monitoramento do número e peso dos animais mantidos nos piquetes foi calculada a taxa de lotação das pastagens, expressa em UA.ha<sup>-1</sup>. O balanço hídrico climático (Figura 1) foi estimado de acordo com a metodologia de Thornthwaite e Mather (1955).

Os dados das contagens de parasitas e de VG foram transformados em log10 (n+1) para a aproximação dos dados de distribuição normal. Para a análise foi utilizado o procedimento de modelos mistos do pacote estatístico SAS® (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, North Carolina, USA). Os dados de ganho de peso e taxa de lotação nos dois sistemas foram analisados usando o teste de Tukey a 0,05, com o auxílio do programa Infostat (Di Rienzo ET AL., 2011).

## Resultados e discussão

Os sistemas apresentaram dinâmicas distintas para alguns dos parasitas avaliados. As médias das contagens de carrapatos nos animais experimentais não mostraram diferenças significativas entre os sistemas ( $P>0,05$ ). As médias e os respectivos erros padrão foram: SCP =  $1,95\pm0,13$  e SSP =  $1,84\pm0,10$ . Poucos estudos foram conduzidos com a finalidade de verificar diferenças nos níveis de infestação por carrapatos em bovinos criados em SSP em comparação aos criados em SCP. Nossos dados diferem daqueles mostrados por SILVA et al. (2013) que encontraram maiores níveis de infestação por carrapatos em animais criados em SSP, também no estado de São Paulo. As condições de intensa seca no período experimental, inclusive no verão, com redução drástica da produção de capim, podem ter contribuído para as diferenças entre nossos resultados.

Foram encontradas diferenças significativas entre os sistemas ( $P<0,05$ ) para as contagens de larvas de *D. hominis* (berne): SCP =  $0,20\pm0,04$  e SSP =  $0,32\pm0,04$  (médias seguidas dos erros-padrão). Esse resultado era esperado, tendo em vista que a presença de árvores é muito importante para a sobrevivência de *D. hominis*. O ciclo biológico da mosca é bastante complexo, passando por uma fase de vida livre, que é denominada pupa, que ocorre no solo. Quando os adultos emergem do pupário, se refugiam em ambientes florestais.

Foram encontradas diferenças significativas nas contagens de mosca-dos-chifres nos animais entre os sistemas ( $P<0,05$ ): SCP =  $0,83\pm0,07$  e SSP =  $0,65\pm0,05$  (médias seguidas dos erros-padrão). Nossos dados discordam daqueles descritos por SILVA ET AL. (2013) que encontraram maior infestação pela mosca-dos-chifres em animais criados em SSP. As condições climáticas observadas no período experimental, caracterizadas por déficit hídrico rigoroso, podem ser parcialmente responsáveis por essas divergências, mas a estrutura dos dois sistemas silvipastoris difere de maneira importante: enquanto Silva (2013) trabalhou em um sistema formado por clones de *Eucalyptus sp.*, o presente estudo foi realizado em um sistema silvipastoril composto por sete espécies florestais nativas, na densidade de 600 árvores/ha. A maior biodiversidade favorece uma gama maior de organismos vivos. Contudo nossos resultados estão de acordo com os observados por ZULUAGA et al. (2011). Esses autores associaram as menores infestações

por *H. irritans* em animais criados nos SSP à presença de diversos predadores das larvas nos bolos fecais dos bovinos, onde ocorrem as fases de vida livre das moscas.

De modo geral, os animais criados em SSP apresentaram maiores níveis de infecção por nematódeos gastrintestinais. Foram encontradas diferenças significativas para o OPG entre os sistemas ( $P<0,05$ ): SCP ( $1,27\pm0,19$ ) e SSP ( $1,88\pm0,16$ ) (médias seguidas dos erros-padrão). Estudos desenvolvidos em Cuba por SOCA et al. (2007) mostraram resultados diferentes dos obtidos no presente experimento. Eles associaram as menores prevalências de nematódeos nos bovinos criados em SSP às maiores taxas de decomposição do bolo fecal pela microfauna mais diversificada nesse tipo de sistema.

As contagens de nematódeos de vida livre foram maiores ( $P<0,05$ ) no SSP ( $0,67\pm0,04$ ) que no SCP ( $0,46\pm0,04$ ) (médias seguidas dos erros-padrão). Por outro lado, não foram observadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) nas larvas infectantes de nematódeos parasitas de bovinos nas pastagens entre os dois sistemas nas contagens de larvas infectantes (L3) presentes nas pastagens.

Fatores climáticos são determinantes para a sobrevivência, migração e viabilidade das larvas destes parasitas nas pastagens (STROMBERG, 1997; STROMBERG e GASBARRE, 2006). Apesar da falta de chuvas no período, pôde-se verificar que as condições climáticas permitiram o desenvolvimento das fases de vida livre dos parasitas nas pastagens e a infecção dos animais. Provavelmente o sombreamento favorece a umidade na base do capim, propiciando condições muito favoráveis ao desenvolvimento e a migração de um grande número de larvas infectantes no SSP (STROMBERG e GASBARRE, 2006). Apesar da umidade na pastagem ser importante, LIMA et al. (1985) afirmaram que a umidade no bolo fecal dos bovinos é suficiente para a sobrevivência dos estágios de vida livre dos nematódeos, permitindo inclusive a migração das larvas nas pastagens. Vários trabalhos conduzidos no Brasil corroboram estes achados, já que têm mostrado que as condições de temperatura e umidade dominantes propiciam o desenvolvimento das larvas infectantes nas pastagens durante todos os meses do ano, inclusive naqueles em que a precipitação é muito baixa ou até inexistente (LIMA et al., 1985; ARAUJO

E LIMA, 2005; OLIVEIRA et al., 2009).

A taxa média de lotação dos piquetes no período total foi de 1,67 UA/ha no SSP e de 1,25 UA/ha no SCP, sem diferenças significativas entre sistemas (Tukey,  $p > 0,05$ ). O ganho de peso individual para o período total foi de  $0,31 \pm 0,71$  (SSP) e de  $0,39 \pm 0,64$  (SCP) kg/animal.dia, sem diferenças entre tratamentos (Tukey,  $P < 0,05$ ). As médias do VG observadas para

SCP e SSP não diferiram, sendo de  $36,31 \pm 1,02$  e  $35,06 \pm 0,90$  (médias seguidas dos erros-padrão), respectivamente. Com base nessas médias, podemos verificar que todos os animais apresentaram valores de VG dentro dos limites normais para bovinos sadios (JAIN, 1993), ainda que os animais do SSP apresentassem um nível de infecção por nematódeos gastrintestinais significativamente maior.

## Conclusões

Os sistemas silvipastoril e convencional mostraram diferenças significativas nas populações de mosca-dos-chifres e de larvas de *D. hominis* e na infecção por nematódeos gastrintestinais, sem contudo apresentar diferenças em contagens

de carrapatos. Estratégias de manejo de parasitoses podem necessitar de ajustes para controlar de forma mais efetiva a situação em cada condição.

## Agradecimentos

À FAPESP pelo financiamento dos estudos (Processo 2012/05858-0)

## Bibliografia

- Araujo, R.N.; Lima, W.S., 2005. Infecções helmínticas em um rebanho leiteiro na região dos Campos das Vertentes de Minas Gerais. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 57, 186–193.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; Gonzalez, L.; Tablada, C.W. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>. Acesso em 04 abr. 2014.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ), 1997. Manual de métodos de análise de solo 2.ed. rev. total. Embrapa, Rio de Janeiro, pp. 212.
- Fraga, A.B.; Alencar, M.M.; Figueiredo, L.A.; Andrade de, F.L.; Razook, A.G.; Cyrillo, J.N.S.G., 2005 .Genetics analysis of the infestation of females of Caracu cattle breed by Horn Fly (*Haematobia irritans*) (L) (diptera, Muscidae). Genetics and Molecular Biology, 28, 242-247.
- Jain, N.C., 1993. Essentials of Veterinary Hematology. Philadelphia: Lea & Febiger, pp. 417.
- Lima, W.S.; Guimarães, M.P.; Leite, R.C., 1985. Custo benefício de diferentes dosificações anti-helmínticas em relação ao ganho de peso de bezerros de corte. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 20, 1333-1335.
- Oliveira, M.C.S.; Alencar, M.M.; Chagas, A.C.S.; Giglioti, R.; Oliveira, H.N., 2009. Gastrointestinal nematode infection in beef cattle of different genetic groups in Brazil. Veterinary Parasitology, 166, 249-254.
- Silva, G.S.; Borges, W.L.B. ; Freitas, R.S. ; Paziani, S.F. Projeto integração lavoura pecuária floresta (ILPF) do Polo Regional do Noroeste Paulista: Principais resultados parasitológicos e de desempenho animal. En: Silva, G.S.; Borges, W.L.B. ; Freitas, R.S. ; Paziani, S.F.; de Maria, I.C. (Eds.), 2.o Encontro Sobre Produção Agropecuária Sustentável. Campinas: Instituto Agronômico, pp. 38-44.
- Soca, M.; Simon, L; Roque, E., 2007. Árboles y nemátodos gastrointestinales en bovinos jóvenes: Un nuevo enfoque de las investigaciones. Pastos y Forrajes, 30, 21-33.
- Stromberg, B., 1997. Environmental factors influencing transmission. Veterinary Parasitology, 72, 247–264.
- Stromberg, B.E.; Gasbarre, L.C., 2006. Gastrointestinal nematode control programs with an emphasis on cattle. Veterinary Clinics of North America : Food Animal Practice, 22, 543– 565.
- Thornthwaite, C.W.; Mather, J.R., 1955. The water balance. Publications in Climatology. Drexel Institute of Technology, USA, pp.104.
- Ueno, H.; Gonçalves, P.C., 1998. Manual para diagnóstico das helmintoses de ruminantes. 4.ed. Tóquio : Japan International Cooperation Agency, pp. 145.
- Utech, K.B.W.; Wharton, R.H.; Kerr, D.J. , 1978. Resistance to *B. microplus* (Canestrini) in different breeds of cattle. Australian Journal Agricultural Research., 29, 885-895.
- Zuluaga A.F.; Giraldo C.; Chará J., 2011. Servicios ambientales que proveen los sistemas silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad. Manual 4, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Bogotá, Colombia, pp 36.

# Supervivencia y crecimiento vegetativo de plantines de roble (*Quercus robur* L.) bajo aplicaciones de herbicidas

Laclau, P.<sup>1</sup>; Bertoli B.<sup>2</sup>; Vignolio, O.<sup>3</sup> y N. Murillo<sup>3,4</sup>

## Resumen

Los sistemas agroforestales en áreas agrícolas contribuyen a la diversificación de la producción. Un factor ambiental que puede afectar el crecimiento de los árboles es la deriva de los herbicidas utilizados para controlar malezas de los cultivos. Se sintetiza aquí información de 5 experimentos realizados entre 2011 y 2014 para analizar los efectos de diferentes herbicidas a dosis recomendadas sobre la supervivencia y crecimiento de plantines de roble (*Quercus robur* L.). Los herbicidas utilizados fueron: Flumioxasim (Sumisoya), Glifosato, Propaquizafop (Agil), Imazapir (Clearsol), Atrazina, Acetoclor, Fluorocloridona, Imazetapir (Pivot), Metsulfuronmetil y Dicamba. Los plantines de roble de un año de edad, fueron pulverizados en dos épocas del año: invierno y primavera (en 2 y 3 experimentos independientes, respectivamente). Estos momentos corresponden al estado fenológico de *pre-brotación* y de *hojas desplegadas*, coincidentes con la oportunidad de aplicación de herbicidas para el manejo de cultivos de invierno y de verano. Los experimentos fueron realizados a cielo abierto, en macetas dispuestas al azar y regadas por aspersión durante el tiempo de observación. Las plantas se monitorearon durante aproximadamente 90 días. Se identificaron daños en la biomasa aérea (observaciones no destructivas) y se midió el crecimiento en diámetro y altura. Al finalizar el estudio se determinó la biomasa seca de tallos, raíces y hojas por planta, y el área foliar. La información fue analizada mediante ANOVA ( $\alpha=0,05$ ). Los resultados evidenciaron que los efectos de los herbicidas variaron con el estado fenológico de las plantas, el tipo de herbicida y su concentración. El crecimiento no fue afectado cuando los herbicidas se aplicaron en invierno, sobre plantas sin hojas. En cambio, con aplicaciones de primavera, con las plantas en activo crecimiento, ocurrieron daños en las hojas (clorosis parcial y total), retardando el desarrollo foliar. A altas dosis, los herbicidas que más afectaron el diámetro del tallo y la altura fueron Glifosato, Clearsol y Pivot. Las hojas dañadas por los herbicidas fueron reemplazadas por hojas nuevas y no se comprometió la supervivencia en ningún caso. Futuras investigaciones deberían realizarse para evaluar los momentos, productos y dosis más apropiados para establecer sistemas agroforestales en ambientes sujetos al uso de herbicidas.

**Palabras clave:** experimentos estacionales, crecimiento vegetativo, biomasa, supervivencia.

## Survival and vegetative growth of white oak (*Quercus robur* L.) seedlings subject to herbicide applications

### Abstract

Agroforestry systems contribute to diversification in cropping areas. The derive of herbicides usually used to control crop weeds can affect tree growth. Here we synthesized the outcomes of 5 experiments carried on between 2011 and 2014, to assess the survival and vegetative growth of oak (*Quercus robur* L.) seedlings subject to various herbicides at different recommended doses. Herbicides used were: Flumioxasim (Sumisoya), Glifosato, Propaquizafop (Agil), Imazapir (Clearsol), Atrazina, Acetoclor, Fluorocloridona, Imazetapir (Pivot), Metsulfuronmetil and Dicamba. The one-year-old-seedling plots were sprayed in two seasons: winter and spring (2 and 3 independent experiments, respectively). These periods of time correspond to the *pre-sprouting* and *unfolded leaves* phenology phases, coincident with the opportunity of herbicide applications to winter and summer crops. The experiments were carried on outside (open sky), in randomly arranged pots and regularly watered. Plant monitoring lasted for approximately 90 days. Through non-destructive observation, aerial biomass damage was identified. Also, diameter and height growth were periodically measured. To the end of the study, leaf area and dry weight of biomass (stem, roots and leaves) were determined. Data analysis was made by ANOVA's ( $\alpha=0,05$ ). It was found that herbicide effects varied with phenological phase of the plants, type and concentration of chemicals. Plant growth was not affected when the chemical applications were made in wintertime, over bare-leaved plants. On the contrary, for springtime applications, with actively growing plants, leaf damage occurred (partial or total chlorosis), restraining the development of leaves. At high doses, Glifosato, Clearsol y Pivot significantly affected diameter and height growth. The leaves damaged by herbicides were replaced for new ones and survival was not threatened in any case. Future research should assess products, concentrations and appropriate opportunities to set agroforestry systems in environments subject to herbicide risk.

**Key words:** seasonal experiments, plant growth, biomass, survival.

<sup>1</sup>INTA EEA Balcarce, AE Tandil, Rodríguez 370, (7000) Tandil, Argentina, laclau.pablo@inta.gob.ar; <sup>2</sup>Vivero Bertoli, Ayacucho, Bs.As.; <sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agrarias (UNMP), Unidad Integrada Balcarce; <sup>4</sup>INTA EEA Balcarce.

# Comportamiento del Gatton Panic bajo un sistema Foresto-ganadero en el sudoeste chaqueño

Casado, M. V.<sup>1</sup>; Cavalieri, J. M.<sup>2</sup>.

## Resumen

La expansión de la frontera agrícola a expensas del bosque, ha aumentado la deforestación y degradación de este recurso, esto provoca la necesidad de promover la difusión de un manejo foresto-ganadero para revertir el deterioro. El objetivo fue analizar la producción y calidad de la pastura *Panicum maximum* cv. Gatton, teniendo en cuenta la intensidad de la luz bajo dosel de *Prosopis alba*, “Algarrobo Blanco”. El ensayo se realizó en el establecimiento del Sr. Joaquín Bois, en el paraje Pampa Cabrera, Chaco (27° 06' lat. S. y 61° 22' long. O). Se realizó un diseño en bloques al azar, con 3 repeticiones. Los tratamientos fueron: **sin raleo (SR)**, 500 plantas ha<sup>-1</sup>); **con raleo (CR)**, 250 plantas); y **campo abierto (CA)**. Se determinó producción de forraje en Kg MS ha<sup>-1</sup> en cada estación de crecimiento, utilizando jaulas de exclusión de 1 m<sup>2</sup>. Estas se instalaron en dos sectores, teniendo en cuenta intensidad de la luz (**bajo copa (BC)** y **entre copa (EC)**). Como indicador de calidad se utilizó la relación Hoja:Tallo (H:T). Si bien la producción acumulada de CA fue superior que los demás (8293 kg MS ha<sup>-1</sup> vs. 7455; 6787; 6003 y 2365 para CR.BC; CR.EC; SR.EC; SR.BC, respectivamente); estas diferencias no fueron significativas excepto en la situación SR.BC que presentó los menores valores (Test de Fisher: p<0.05). La radiación incidente en SR.BC (372 MJ m<sup>-2</sup>) fue insuficiente y se vio reflejado en un 71% menos de producción de forraje que CA (2172 MJ m<sup>-2</sup>). La relación H:T fue 50% superior en los tratamientos con árboles que CA. Esto se debió a una mayor fertilidad en suelo, mejor conservación de forraje en invierno y la competencia con los árboles por interceptar la radiación solar. Este manejo es recomendable como una alternativa en estos ecosistemas, ya que los sistemas ganaderos serían más sustentables tanto ecológica como económicamente manteniendo la estructura arbórea.

**Palabras clave:** Foresto-ganadero, Gatton Panic, Algarrobo Blanco, Producción de forraje, relación Hoja:Tallo, incidencia de radiación.

<sup>1</sup> EEA INTA Las Breñas. Ruta Nac. 89. Km. 227. Las Breñas, Chaco, Argentina. CP: 3722. casado.maria@inta.gob.ar. <sup>2</sup>AER General Pinedo. cavalieri.jessika@inta.gob.ar

# Sombreado forestal aplicado a tambos. Simulaciones de cortinas forestales

Laclau P.<sup>1</sup>, DomínguezDaguer D.<sup>2</sup> y G.Caballé<sup>3</sup>

## Resumen

En climas templados a templado-cálidos de la llanura pampeana, la provisión de sombra al ganado lechero durante los períodos de fuerte insolación influye marcadamente en el bienestar animal y en la producción láctea. El tendido de cortinas forestales bajo distintos diseños y disposición espacial podría contribuir al confort animal con positivo impacto ambiental y económico. A través de simulaciones de sombreado con el programa ShadeMotion v.3.0 se analizó la provisión de sombra de cortinas forestales. El recuento de cuadrículas de las salidas gráficas de simulación de cortinas con orientación *norte-sur* y *este-oeste* en dos fechas del verano y en 4 horarios del día, permitió estimar la superficie sombreada en esos momentos por metro lineal de cortina. La disposición *este-oeste* mantiene un sombreado angosto y relativamente inamovible, que en dos fechas de verano y en sus valores extremos, osciló entre 2,9 y 6 m<sup>2</sup>/m lineal de cortina según la hora del día. En cambio, las cortinas de rumbo *norte-sur* facilitan la movilidad de la sombra y una proyección más oblicua que incrementa la superficie sombreada por metro lineal de cortina, que en las dos fechas de simulación oscilaron entre 2,9 y 12,5 m<sup>2</sup>/m lineal de cortina. Ambas disposiciones de cortinas, junto a la sala de ordeño y en las pasturas, podrían combinarse siguiendo una estrategia integral de manejo del calor animal durante el verano.

**Palabras clave:** llanura pampeana, bienestar animal, ShadeMotion, proyección de copas

## Tree shading in dairy farms. Forest shelterbelts simulations

## Abstract

In temperate to warm-temperate climate areas of the pampa's plains region, shade shelters for dairy cattle remarkably affect animal welfare and milk production. Forest shelterbelts of various designs and spatial layouts could increase animal comfort resulting in positive economic and environmental impacts. Through the analysis of forest shelterbelts outputs simulated with the software ShadeMotion v.3.0 ® we assessed the shade services provided. The accounting of pixels of the graphic outputs simulating linear tree arrangements *north-south* and *east-west* directions in four daily hours of two summertime dates, allowed us to estimate the shading ground area by lineal meter or the tree line. The *east-west* direction kept an almost constant and narrow shading, ranging 2,9-6 m<sup>2</sup>/m lineal tree line between extremes and considering both summer dates and the four daily hours. Instead, the shelterbelts coursing *north-south* direction facilitated the shade motion and a more sideward projection, increasing the shadow per lineal meter. This case, projected shade ranged 2,9-12,5 m<sup>2</sup>/m lineal tree line between extremes. Both forest shelterbelts arrangements installed by the milking barn or in the pasture could combine in a whole strategy to alleviate animal heat along summertime.

**Key words:** pampa's plains, animal welfare, ShadeMotion, crown projection

<sup>1</sup> INTA EEA Balcarce, Rodríguez 370, (7000) Tandil, Arg., laclau.pablo@inta.gob.ar; <sup>2</sup> Dirección de Producción Forestal (MAGyP); <sup>3</sup> INTA EEA Bariloche

## Introducción

En climas templados a templado-cálidos de la llanura pampeana, la provisión de sombra al ganado lechero durante los períodos de fuerte insolación influye marcadamente en el bienestar animal y en la producción láctea (Cony et al., 2004; Ghiano et al., 2011, 2014; La Manna et al., 2014). La provisión de sombra atenúa la radiación sobre los animales, reduciendo el gasto metabólico empleado en la disipación de calor por transpiración (Cruz Brasesco, 2009). Si bien existe un importante desarrollo en estructuras artificiales de sombra para el ganado (Ghiano et al., 2011) con la posibilidad de aplicación combinada de ventilación o aspersión (Roman et al., 2014), la plantación de especies forestales bajo distintos diseños podría cumplir similares funciones con positivo impacto en la sustentabilidad ambiental y económica, al reemplazar la

utilización de umbráculos artificiales fabricados con postes de madera o con estructuras metálicas y mallas plásticas. En sistemas de pastoreo rotativo intensivo, el tendido de cortinas forestales en los deslindes de los lotes de alternancia de pastoreo, podría proveer de sombra en los momentos de mayor temperatura o de consumo de raciones. Orientando las cortinas de modo de no afectar la insolación de las pasturas instaladas, se podrían incorporar comederos fijos o móviles junto a los árboles. Alternativamente, el arbolado de áreas de encierro o consumo junto al tambo sería aplicable en lugar de las instalaciones artificiales. En este artículo se analiza la provisión de sombra de cortinas forestales a través de simulaciones gráficas de sombreado y se discuten algunas condiciones para el tendido de cortinas de sombra en tambos.

## Materiales y Métodos

Se realizaron 64 simulaciones de sombreado de líneas simples de árboles distanciados 2 metros entre sí, con orientación *norte-sur* y *este-oeste* a la latitud de 31°S, coincidente con la localidad de Rafaela, pcía. de Santa Fe. Para ello se utilizó el programa ShadeMotion v.3.0® (CATIE, 2011), que proyecta trigonométricamente la sombra de árboles individuales para fechas (día y hora) o períodos seleccionados, según características definidas por el usuario, de *largo de tronco*, *largo y forma de copa*, *porosidad de copa* y *estacionalidad del follaje* en función de la *latitud*, la *pendiente*, y su *distribución espacial* en una grilla de coordenadas *x/y*. Las simulaciones se realizaron para dos fechas de alta radiación; el 21 de diciembre y el 21 de febrero, en los horarios de 10, 12, 14 y 16 h. Se probaron árboles con distinto desarrollo, asumiendo que podrían representar las variaciones de tamaño y forma en el tiempo con un manejo razonable de podas. Se consideraron líneas de árboles de cuatro

tamaños diferentes, entre 7 y 11 m de altura, y 4 a 7 m de ancho y alto de copa. En todos los árboles se asumió una densidad de copa (intercepción de luz) constante, del 80% y se simuló con pendiente 0° en el terreno. En la Tabla 1 se especifican las combinaciones simuladas. A través del recuento de cuadrículas sombreadas arrojadas por las salidas gráficas sobre tramos de 30 m lineales de cortina, se calculó la superficie sombreada (m<sup>2</sup>/m lineal de cortina) en cada una de las situaciones simuladas. También por conteo se calculó el ancho medio de las fajas de sombra generadas a lo largo de la cortina.

Por otra parte, en base a bibliografía descriptiva de forestales adaptadas a una variedad de climas templados y el análisis de sus características morfológicas y fisiológicas, se establecieron criterios para el tendido de las cortinas y las ventajas y limitaciones de algunas especies para el sombreado en estos sistemas de producción.

Tabla 1. Simulaciones de sombra de líneas simples de árboles en diferente orientación, en dos fechas y cuatro horarios diurnos, para árboles de diferente altura de tronco y desarrollo de copa.

ORIENTACIÓN	FECHAS	HORARIOS	DESARROLLO DE ÁRBOLES
2 orientaciones	X 2 fechas	x 4 horarios	x 4 tamaños = 64 simulaciones
Norte-sur	21 de diciembre	10h,	Tamaño 1: ancho copa 4m, long. copa 4m, alt. tronco 3m
		12h,	Tamaño 2: ancho copa 5m, long. copa 5m, alt. tronco 3m
		14h,	Tamaño 3: ancho copa 6m, long. copa 6m, alt. tronco 4m
Este-oeste	21 de febrero	16h	Tamaño 4: ancho copa 7m, long. copa 7m, alt. tronco 4m

## Resultados y discusión

Las simulaciones según las variables mencionadas (Tabla 1) indican que al 21 de diciembre, la superficie sombreada por cortinas con orientación *norte-sur* oscilaría entre 2,9 (con los árboles de menor desarrollo, a las 12 h) y 4,9 m<sup>2</sup>/m lineal de cortina (con los árboles de mayor desarrollo, a las 16 h). Para el 21 de febrero en igual horario, estos valores serían de 3,4

y 5,3 m<sup>2</sup>/m lineal respectivamente (Tabla 2). Con cortinas de orientación *este-oeste*, el sombreado al 21 de diciembre sería aproximadamente similar; 3,4 m<sup>2</sup>/m lineal de cortina para los árboles menores, y 5,3 m<sup>2</sup>/m lineal de cortina para los árboles más desarrollados. El 21 de febrero, estos valores oscilarían entre 2,8 y 5,4 m<sup>2</sup>/m lineal de cortina (Tabla 2). Observan-

Tabla 2. Superficie sombreada (m<sup>2</sup>/ m lineal de cortina) y ancho de faja sombreada obtenidos por recuento de cuadrículas de las simulaciones gráficas para las distintas orientaciones de cortina, fechas, horarios y desarrollo de árboles según escala en Tabla 1.

Tamaño del árbol	m2 sombra/ m lineal cortina				ancho faja sombreada, m				m2 sombra/ m lineal cortina				ancho faja sombreada, m			
	10h	12h	14h	16h	10h	12h	14h	16h	10h	12h	14h	16h	10h	12h	14h	16h
	ORIENTACIÓN NORTE-SUR, 21 DE DICIEMBRE								ORIENTACIÓN NORTE-SUR, 21 DE FEBRERO							
1	4.7	2.9	4.7	6.4	5	3	5	7	4.5	2.8	4.7	7.9	5	3	5	9
2	4.8	2.9	4.8	6.5	5	3	5	7	4.6	2.9	4.7	8.1	5	3	5	9
3	6.8	4.9	6.8	10.5	7	5	7	11	7.3	5.0	7.2	12.3	8	5	8	13
4	6.8	4.9	6.8	10.6	7	5	7	11	7.3	4.9	7.3	12.5	8	2	8	14
	ORIENTACIÓN ESTE-OESTE, 21 DE DICIEMBRE								ORIENTACIÓN ESTE-OESTE, 21 DE FEBRERO							
1	3.3	3.4	3.2	4.3	4	4	4	5	3.4	2.8	3.3	3.9	5	5	5	5
2	3.1	3.2	3.2	3.7	4	4	4	4	3.5	2.9	3.2	3.9	5	5	5	4
3	5.1	5.3	5.3	6.0	6	6	6	6	6.0	5.8	5.8	5.9	7	7	7	6
4	5.7	5.3	5.7	5.6	6	6	6	6	5.5	5.4	5.8	6.0	6	6	6	6

do los datos de la Tabla 2, para la orientación *norte-sur* para ambas fechas, se aprecia que estos valores de sombreado se incrementaron en aproximadamente un 50% dos horas antes o después de mediodía, y más de un 100% a las 16 h. En cambio en la orientación *este-oeste* los valores permanecen con escasa o nula variación durante el día. En general puede observarse que el cambio de sombreado es similar entre los dos tamaños menores de árboles y entre los dos tamaños mayores. En la Figura 1 se muestra una salida gráfica de simulación para el 21 de diciembre, con ambas orientaciones de cortina, y con los árboles de mayor desarrollo (tamaño 4 según Tabla 1). De acuerdo con ello puede observarse:

La sombra de copas se desplaza marcadamente respecto de la cortina en la orientación *norte-sur*, en tanto su desplazamiento es mínimo en la orientación *este-oeste*.

El menor sombreado se produce a mediodía, repartiéndose la sombra a ambos lados de los árboles (aunque levemente desplazada al sur en la orientación *este-oeste*).

El nivel de sombreado es similar a las 10 y a las 14 h aunque en la orientación *norte-sur* la sombra se desplaza hacia la izquierda o hacia la derecha de la cortina de árboles, respectivamente.

A las 16 h el sombreado es máximo en la orientación *norte-sur* y se separa de la línea de árboles.

La orientación de las líneas de árboles debería conjugarse con su ubicación dentro del sistema agroforestal (Moore y Bird, 1997; Williams et al., 1997). Si se trata de cortinas alternantes

con fajas de pastoreo, una condición importante será evitar las relaciones de competencia pasto-árbol en los bordes de la cortina (USDA, 1949). La competencia por luz puede afectar el crecimiento de las pasturas, particularmente si se trata de especies megatérmicas -de ciclo primavera-estivo-otoño en la región-, que tienen baja tolerancia al sombreado. También la presencia de árboles puede ser un factor de facilitación para el pasto, según el balance entre la extracción de las raíces, o la atenuación de la demanda evaporativa de agua del suelo (Caballé 2013). Para esta situación de necesidad luminica, el tendido en el rumbo *este-oeste* parece más apropiado, aunque se mantiene sombreada en forma prácticamente constante una superficie reducida del suelo. Con rumbos distintos de *este-oeste*, la superficie sombreada será mayor (máxima en la orientación *norte-sur*), a la vez que se desplazará durante el día manteniendo el piso más seco. Debido a la concentración de deyecciones o el derrame de raciones (en el caso que se dispongan comederos bajo los árboles), el desplazamiento del sombreado durante el día sería apropiado en el área de espera contigua a la sala de ordeño. Por otro lado, en climas frescos, adonde en el invierno se requiere una mayor insolación, podrían utilizarse árboles caducifolios. Como contrapartida, las perennifolias (que también eliminan hojas pero reciclan el follaje completo en varios años) mantienen un sombreado intenso en los meses de invierno pero tienen una mayor interceptación de precipitaciones y proveen de sombreado intenso (menor porosidad). Esto último puede ser más beneficioso

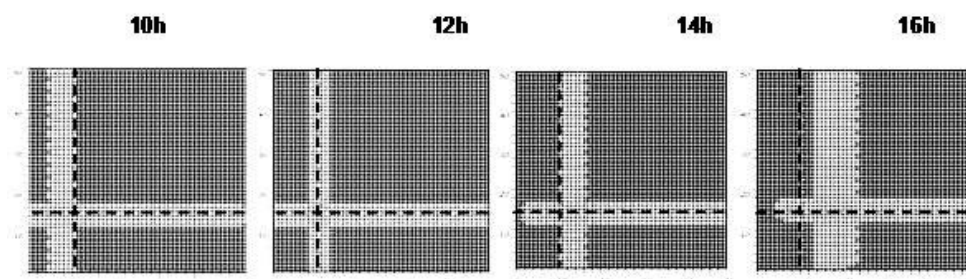


Figura 1. Diagramas de sombra producida a distintas horas del día 21 de diciembre (sombreado claro sobre fondo oscuro) para cortinas (líneas gruesas interrumpidas) de árboles de ancho y longitud de copa de 7 m, 4 m de altura de tronco y 11 m de altura total. Cada cuadro representa 1 m<sup>2</sup> de terreno sobre una grilla tiene 50 m de lado.



en verano. No obstante, la porosidad de la copa (superior) y de la cortina (lateral) debería ser suficiente para facilitar la convección del aire y volatilización del amonio y otros compuestos tóxicos, permitiendo a la vez facilitar la disipación de calor animal y mantener un piso más seco. Eventualmente podrían combinarse ambos tipos. Por otra parte, en cortinas para sombra del ganado debería manejarse un crecimiento

de árboles a tasas moderadas, de modo de mantener copas preferentemente globosas (tan anchas como altas) y con baja carga de ramas gruesas. Ello se logra con la elección de la especie o el manejo de podas. Tampoco deberían ser de gran porte, particularmente cuando la orientación es *este-oeste*, ya que solamente habrá mayor superposición de sombra en la línea, pero no una mayor extensión lateral de la misma.

## Conclusiones

La simulación dinámica de la proyección de copas de cortinas forestales permitió estimar la superficie sombreada del suelo para reparo animal en tambos para distintos periodos. La disposición espacial adecuada de las cortinas (rumbo) y el tamaño, la forma y duración del follaje de los árboles, dependerá de su ubicación dentro del sistema lechero: en áreas de pastoreo o en corral de espera / alimentación junto a la sala de ordeño. La disposición *este-oeste* mantiene un sombreado angosto y relativamente inamovible, que en dos fechas de verano y en sus valores

extremos, osciló entre 2,9 y 6 m<sup>2</sup>/m lineal de cortina según la hora del día. En cambio, las cortinas de rumbo *norte-sur* facilitaron la movilidad de la sombra y una proyección más oblicua que incrementó la superficie sombreada por metro lineal de cortina respecto de la orientación anterior. En las dos fechas de simulación oscilaron entre 2,9 y 12,5 m<sup>2</sup>/m lineal de cortina. Ambas ubicaciones de cortinas, junto a la sala de ordeño y en las pasturas, podrían combinarse siguiendo una estrategia integral de manejo del calor animal durante el verano.

## Agradecimientos

Este artículo se realizó en el marco del Proyecto sobre *Tecnologías y Capacidades para el Manejo de Sistemas Agroforestales y Silvopastoriles con Bosques Implantados* (INTA PNFOR 1104075) con apoyo de la Delegación Técnica Regional Buenos Aires Sur de la Dirección de Producción Forestal (MAGyP). Los autores agradecen la información provista por Miguel Taverna sobre utilización de sombra artificial en tambos.

## Bibliografía

- Caballé G., 2013. Efecto interactivo de la defoliación del estrato herbáceo y la cobertura del estrato arbóreo sobre el crecimiento del estrato herbáceo en sistemas silvopastoriles. Tesis doctoral. Escuela de Graduados de la Facultad de Agronomía (UBA), 130 pgs.
- CATIE, 2011. TreeMotion v3.0. <http://catie.ac.cr>
- Cony, P., Casagrande, G.A. y G.T. Vergara, 2004. Cuantificación de un índice de estrés calórico para vacas lecheras en Anguil, provincia de La Pampa (Argentina) 2004. Rev.Fac. Agronomía - UNLPam Vol. 15 N°1/2, Santa Rosa, Argentina, ISSN 0326-6184
- Cruz Brasesco, G., 2009. Biometeorología del calor sobre la producción de leche de vacas Holstein en Uruguay. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 83 pp
- Ghiano, J., García, K., Gastaldi, L., Domínguez, J., Sosa, N., Massoni, F., Ferreira, M., Walter, E. y M.Taverna, 2011. Manejo del estrés calórico en el tambo. Alternativas de sombras. Ficha técnica n°17, nov. 2011. Resultados de Investigación Lechera; [www.inta.gov.ar/lecheria](http://www.inta.gov.ar/lecheria)
- Ghiano, J., Taverna, M., Gastaldi, L. y E. Walter, 2014. Manejo del estrés calórico. INTA Lechero en <http://inta.gob.ar>
- La Manna, A., Román, L., Bravo, R. e I. Aguilar, 2014. Estrés Térmico en Vacas Lecheras. En: Día de Campo "Manejo de Estrés Térmico en Ganado Lechero". La Estanzuela, Colonia, INIA. 31 p. (Serie Actividades de Difusión no. 728). ISSN 1688-9258
- Moore, R.W. y P.R. Bird, 1997. En: Gordon, A.M. y S.M.Newman (Eds). Temperate Agroforestry Ecosystems. CAB International. ISBN 0851991475. Cap 4:119-148
- Román L., Saravia, C., Astigarraga, L., Bentancur, O., Acosta, Y., Pla, M., Mendoza, A., Morales, T. y A. La Manna, 2014. El Acceso a Sombra Asociado o no con Aspersión y Ventilación Mejora las Variables Fisiológicas y el Desempeño Productivo de Vacas Holando en el Suroeste de Uruguay. En: Día de Campo "Manejo de Estrés Térmico en Ganado Lechero". La Estanzuela, Colonia, INIA. 31 p. (Serie Actividades de Difusión no. 728). ISSN 1688-9258
- USDA, 1949. Trees. The Yearbook of Agriculture. US Government Printing Office, Wash.DC, 944 pgs.
- Williams, P.A., Gordon, A.M., Garrett, H.E. y L. Buck, 1997. Agroforestry in North America and its Role in Farming Systems. En: Gordon A.M. y S.M.Newman (Eds). Temperate Agroforestry Ecosystems. CAB International. ISBN 0851991475. Cap 2:9-84

# Experiencia silvopastoril con *Eucalyptus* sp. en el departamento Concordia, Entre Ríos

Roman, L.; <sup>1</sup>Flores Palenzona, M.; de la Peña, C.; Lauría, J.

## Resumen

Existen numerosas experiencias e información de la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) en las provincias de Misiones, Corrientes y Delta del Río Paraná. Por el contrario, en el noreste entrerriano son escasas las experiencias con este tipo de sistema productivo y la información generada localmente. En el departamento Concordia, zona de influencia de la EEA Concordia del INTA, hay un importante desarrollo de la actividad forestal, contando con unas 50.000 ha forestadas con *Eucalyptus* sp. También es tradicional, la ganadería de cría vacuna totalizando unas 188.446 cabezas. Las características productivas, estructurales y climáticas permiten inferir que los SSP serían una alternativa viable para productores familiares de este departamento. Con el objetivo de generar información que permita evaluar la viabilidad de los SSP en la región, se instaló en octubre de 2013 un ensayo de manejo adaptativo en un establecimiento forestal y ganadero de tipo familiar dedicado a la cría de terneros (31° 28' 6.61" S, 58° 15' 31.03" O). En éste, se prevé realizar mediciones de sus componentes ganadero, arbóreo y arbustivo, y de sus interacciones. El lote experimental abarca una superficie de 3,5 ha en la que se han ensayado 3 tratamientos: líneas simples de *Eucalyptus grandis* clon G 279 del CIEF con distanciamientos de 7, 14 y 21 m entre filas y de 2 m entre plantas. Cada parcela experimental está compuesta por 6 filas consecutivas de 50 m de longitud. Establecida la forestación, se procederá a la siembra de *Brachiaria brizantha* cv *Marandú* y se medirá su producción de biomasa. Luego, se introducirán terneros para su cría y, se mediará la ganancia en peso y producción de carne por unidad de superficie. También se lleva adelante un registro ordenado de los costos de implantación y mantenimiento del SSP, y se evaluará el rendimiento económico y financiero a través de diferentes herramientas de análisis.

**Palabras Clave:** Sistema Silvopastoril, Concordia, *Eucalyptus grandis*,

## Silvopastoral Experience with *Eucalyptus* sp. in the Department of Concordia, Entre Ríos.

## Abstract

There are a number of experiences and data on the implementation of Silvopastoral Systems (SPS) in the provinces of Misiones, Corrientes, and in the Delta of Paraná River. On the other hand, in the northwest of Entre Ríos, there is limited experience with this type of productive system and the information obtained locally. In Concordia, area of influence of the INTA's Agricultural Experiment Station (AES) of this department, there is a significant development of forestry activity, with a 50,000 ha forested area with *Eucalyptus* sp. The cattle breeding activity is also traditional, totaling 188,446 heads.

Productive, structural and climatic characteristics allow us to conclude that the SPS are a feasible alternative for family farmers of this department. With the aim of generating information that makes it possible to evaluate the feasibility of the SPS in the region, in October 2013, an adaptive management trial was installed in a family-type, forest and cattle farm dedicated to calf rebreeding. In this farm, measurements are expected to be performed on its cattle, tree, and shrub components, and on its interactions. (31° 28' 6.61" S, 58° 15' 31.03" O). The experimental lot covers a 3.5 ha surface where 3 treatments have been tested: simple lines of *Eucalyptus grandis* clone G 279 from the Forestry Research and Experimentation Centre (Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales, CIEF) with spacing between rows of 7, 14 and 21, and spacing between plants of 2 m. Each experimental plot consists of 6 consecutive rows of 50 m in length. Once the forestation is established, the sowing of *Brachiaria brizantha* cv *Marandú* will be carried out, and its biomass production will be measured. Afterwards new calves will be added for rebreeding, and weight gain and meat production will be averaged per unit area. In addition, an organized record of the SPS implementation and maintenance costs is conducted, and the economic and financial return will be evaluated using different analysis tools.

**Key words:** Silvopastoral System, Concordia, *Eucalyptus grandis*.

<sup>1</sup> INTA Concordia, CC 34 – 3200 – Provincia de Entre Ríos. roman.lilian@inta.gob.ar

# Evaluación del componente herbáceo en el espinal del noroeste del departamento Concordia, Entre Ríos

*Roman, L. I.; Fuser, C.; Cocco, M.; Flores Palenzona, M.; Percara, C.; de la Peña, C.*

## Resumen

En el noroeste del departamento Concordia, los establecimientos dedicados a la ganadería bovina ubicados en el espinal, utilizan como principal recurso forrajero los pastizales naturales. Existe escasa información sobre el manejo sustentable en de estos sistemas en esta región. Con el fin de obtener datos que permitan efectuar futuras evaluaciones acerca de la viabilidad de implementar sistemas silvopastoriles en este tipo de ambientes, se comenzó a medir el componente herbáceo estimando la productividad primaria neta aérea (PPNA). El sitio seleccionado para realizar las mediciones fue un lote ganadero de 300 ha ubicado al Noroeste del departamento, en el establecimiento El Espinillo (EE) (30°57'16.96"S 58°23'16.79"O). En dicho lote se instalaron jaulas de exclusión de pastoreo de 0,25 m<sup>2</sup>, bajo los árboles y a cielo abierto. El forraje contenido en las jaulas fue cortado a 2 cm de altura del suelo con una frecuencia de 45 días. A partir del material recolectado en los cortes se obtuvieron las tasas de crecimiento diarias (TCD). De los datos obtenidos entre agosto de 2010 y diciembre de 2014, resultaron TCD promedio con valores mínimos de 2,5 kgMS ha<sup>-1</sup> en invierno y máximos de 24,55 kgMS ha<sup>-1</sup> en verano. Los valores de TCD de los 53 meses de medición, muestran que en 40 casos las TCD de las jaulas debajo de los árboles son superiores a las de las jaulas a cielo abierto. De estos casos, 13 coinciden con meses de excesiva precipitación (de 110 a 20 mm superiores a los valores históricos). Se analizaron además las relaciones entre tasas de crecimiento diarias y variables climáticas, detectándose correlaciones significativas entre la PPAN y las temperaturas mínimas, la heliofanía efectiva, la cantidad de agua evaporada y las temperaturas máxima media, mínima media y media del mes.

**Palabras Clave:** *Espinal, Concordia, Pastizales Naturales, Productividad forrajera*

## Assessment of the Herbaceous Component in the Espinal Situated in the Northwest of the Department of Concordia, Entre Ríos

### Abstract

In the northwest of the Department of Concordia, the farms dedicated to bovine cattle production located in the Espinal use natural grasslands as the main forage resource.

There is not sufficient information about the sustainable management of these productive systems. With the purpose of gathering data allowing the conduction of future assessments related to the feasibility of implementing silvopastoral systems in this type of environments, measurements of the herbaceous component were initiated estimating the Aboveground Net Primary Productivity (ANPP).

The place selected to conduct measurements was a 300 ha field for cattle located in the northwest of the department, in a farm called El Espinillo (EE) (30°57'16.96"S 58°23'16.79"O). In such field, grazing exclusion cages of 0.25 m<sup>2</sup> were placed under the trees and under open sky. The forage contained in the cages was cut to 2 cm in height above the ground with a frequency of 45 days. The daily growth rates (DGR) were obtained in kg DM ha<sup>-1</sup> from the material collected from the cuts.

The average DGR generated from the data obtained between August 2010 and December 2014 show minimum values of 2.48 in winter and maximum values of 24.55 kg MD ha<sup>-1</sup> in summer.

The DGR values from the 53 months of measurements show that in 40 cases, the DGR of the cages located under the trees were higher than those cages placed under open sky. Thirteen of these cases coincide with months of excessive precipitation — from 110 to 20 mm higher than the historical values.

In addition, analyses were made on the relations between daily growth rates and climatic variables, detecting significant correlations between the ANPP and the minimum temperatures, the effective heliophany, the amount of evaporated water, and the mean maximum, mean minimum, and mean temperatures of the month.

**Key words:** *Espinal, Concordia, Natural grasslands, Forage productivity.*

<sup>1</sup> INTA Concordia, CC 34 – 3200 – Provincia de Entre Ríos. roman.lilian@inta.gob.ar

# Efecto del sombreado en producción y estacionalidad de un pastizal en Cuenca del Salado

A. Casal; V. Jankovic. \*

## Resumen

La Cuenca del Salado es una zona dedicada principalmente a la cría. Las temperaturas elevadas del verano pueden, en muchos casos, perjudicar al ganado con repercusiones sobre la producción final. Por ello, el monte de reparo es un componente importante del sistema. Sin embargo, repercute también en el pastizal que se desarrolla debajo de su sombra. En este trabajo evaluamos esos cambios en producción y estacionalidad de oferta del pastizal, bajo tres niveles de sombra. Establecimos tres tratamientos, en un DCA con tres repeticiones: el testigo, 50 % sombra representando especies caducifolias, y 50 % sombra representando especies perennes. Para ello se elaboraron camillas de madera de 2.5 m<sup>2</sup>. Estas camillas se colocaron a 0,75 m de altura, disminuyendo a 0,35 m en invierno en función a la inclinación de los rayos solares incidentes. Para el tratamiento caducifolio se retiraron la mitad del año, y no se pusieron en los testigos. Se cuantificó la biomasa aérea, se cosechó una muestra con marco de corte de 20 x 25 cm., se secó en estufa a 70°C durante 72 horas y se registró su peso seco. Se midió cobertura basal de los dos principales grupos de forrajeras, gramíneas invernales y gramíneas estivales, a partir del uso de líneas de Canfield. Se evaluaron estas dos variables a lo largo de cuatro fechas durante el año 2014 (enero, mayo, agosto y noviembre). No encontramos cambios significativos en producción de biomasa a lo largo del primer año en estudio, aunque sí hubo diferencias en estacionalidad, presentando los tratamientos con sombra mayor cobertura de especies invernales. Esto podría definir a los potreros con sombra como unidades con usos y manejos diferentes al resto de los lotes, con efectos beneficiosos a la producción en determinados momentos del año.

**Palabras Clave:** Sombra, oferta forrajera, especies estivales, especies invernales

## Abstract

Salado Basin is an area dedicated to breeding. High summer temperature can, in many cases, negatively affect the livestock, impacting the final production. In this context, tree shade maybe an important component of the system. However, it also affects the grassland that develops in the understorey. We evaluated the changes in production and seasonal composition under three levels of shade. We established three treatments in a DCA with three repetitions: the control (no shade), simulated 50% shade of a deciduous species, simulated 50% shade of a perennial species. For this purpose, 2.5 m<sup>2</sup> wooden stretchers were developed. The stretchers were placed 0.75 m over the ground, decreasing to 0.35 m high in winter according to the inclination of incident sunlight. For the “deciduous” treatment the stretchers were removed during half of the year. Aboveground biomass was quantified harvesting a sample in each plot with a 20 x 25 cm cut frame. Herbaceous material was dried in an oven at C°70 for 72 hours and its dry weight was recorded. Basal coverage of the two major groups of fodder grasses, summer and winter species, was measured by using lines of Canfield. The two variables were evaluated in four dates during the year 2014 (January, May, August and November). We found no significant changes in biomass production throughout the first study year, although there were differences in seasonality, presenting shade treatments increased coverage of winter species. This could define shady paddocks as units with different management practices, with beneficial effects on secondary production at certain times during the whole production period.

**Keywords:** Shade, forage offer, summer species, winter species

\* INTA EEA Cuenca del Salado, Belgrano 696, Maipú (7160), Buenos Aires, [casal.alejandra@inta.gob.ar](mailto:casal.alejandra@inta.gob.ar)

## Introducción

La Cuenca del Salado ocupa una superficie de aproximadamente 9,5 millones de hectáreas en la provincia de Buenos Aires (Tricart 1973). Su actividad principal es la cría bovina. Durante el verano, las temperaturas máximas suelen superar los 25° C, temperatura por encima de la cual empiezan a presentar indicios de estrés los bovinos de razas británicas, aptos para carne (Blackshaw et al. 1994).

En este contexto, los montes como refugios en los meses más cálidos del año son importantes en el bienestar del animal y la producción del sistema. Si bien fue mayormente estudiado el efecto del estrés por calor en ganado para leche (Armstrong et al. 1994, Valtorta et al. 1997, Kendall et al. 2006, Fisher et al. 2008), algunos autores utilizan los mismos índices para detectar estrés en producción de carne. En estos casos, los montes como barreras de viento y sombra aumentan el bien-

estar del ganado, con impactos positivos sobre la producción final (Mader et al. 1999, Sullivan et al. 2011).

Considerando, entonces, el monte como parte de un sistema que asegura mayor eficiencia, debemos reparar en el recurso forrajero debajo de los árboles que es aprovechado por los animales en pastoreo.

Alrededor del 66 % de la mencionada cuenca está constituida por pastizales naturales (Baldi et al. 2006), en los cuales coexisten especies de ciclo invernal y estival. Sin embargo, los cambios en la radiación incidente sobre ellas podría generar cambios en producción y composición del pastizal.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción y estacionalidad del pastizal bajo dos niveles de sombra que simulan montes caducifolios o perennes, y un testigo a campo abierto.

## Materiales y métodos

El ensayo se realizó en un pastizal de la Cuenca del Salado, en tierras pertenecientes a la Colonia Ortiz Basualdo, partido de Ayacucho (37°5' S; 57°52' O), en un ambiente de media loma (León 1975).

En una superficie clausurada a la entrada de los animales, establecimos tres tratamientos de sombreado, cada uno con tres repeticiones distribuidas al azar. Ellos fueron el testigo, 50 % sombra representando especies arbóreas caducifolias, y 50 % sombra representando especies arbóreas perennes. Para ello se elaboraron camillas de madera de 2.5 m<sup>2</sup> de superficie, con tablitas (Figura 1), simulando sombreado de árboles. Estas camillas se colocaron a 0,75 m de altura, disminuyendo a 0,35 m en invierno en función de la inclinación de los rayos solares incidentes. Las mismas se quitaron la mitad del

año en el caso del tratamiento caducifolio, y no se pusieron en los testigos (campo abierto).

Para cuantificar la biomasa aérea, en el centro de cada parcela se cosechó una muestra con marco de corte de 20 x 25 cm., se secó en estufa a 70°C durante 72 horas y se registró su peso seco. Además, se midió cobertura basal de los dos principales grupos de forrajeras, gramíneas de ciclo invernal y gramíneas de ciclo estival, a partir del uso de líneas de Canfield (una línea de 50 cm de largo por parcela). Se evaluaron estas dos variables a lo largo de cuatro fechas durante el año 2014 (enero, mayo, agosto y noviembre).

El análisis estadístico de las variables estudiadas se realizó con diseño de medidas repetidas en el tiempo, utilizando el paquete estadístico SAS.



Figura 1: Sitio de ensayo, con las camillas simulando los diferentes sombreos.

## Resultados y discusión

### Producción de biomasa

La oferta de forraje sigue un patrón estacional, con máximos en primavera y otoño y mínimos en verano e invierno ( $p < 0.0001$ ), típicos en los pastizales de la zona.

Aunque notamos una menor producción de biomasa en las parcelas testigo, los resultados no evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0.15$ ), (Figura 2), probablemente esto se deba a una tendencia que se fijará con la continuidad del estudio en los próximos años.

### Estacionalidad del pastizal

Las especies de ciclo invernal presentaron máximos de cobertura a comienzos de invierno y mínimos en verano ( $p < 0.0001$ ),

mientras que las de ciclo estival presentaron el máximo el patrón inverso ( $p < 0.0001$ ). (Figura 3).

La cobertura de las especies invernales fue mayor en los tratamientos que simulan sombreado y menor en el testigo ( $p < 0.0001$ ), mientras que, de manera inversa, las especies de ciclo estival, presentaron su mayor porcentaje de cobertura en el tratamiento testigo, y el menor valor bajo sombra perenne ( $p = 0.017$ ) (Figura 3). Teniendo en cuenta los momentos de máxima acumulación de biomasa de estos dos grupos de forrajeras, esto significaría una mayor acumulación invernal de forraje en primavera en los tratamientos con sombra que podría llevar a estrategias de manejo diferentes a las utilizadas en los lotes sin presencia de árboles.

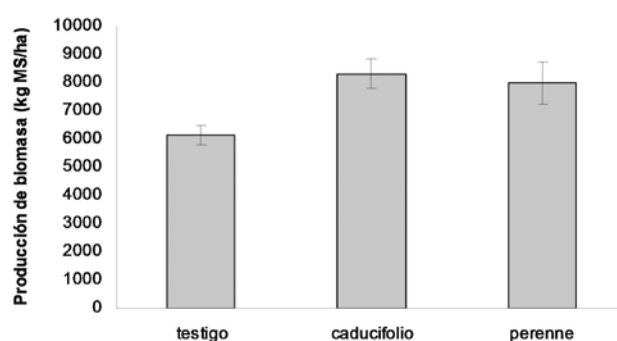


Figura 2: Producción de biomasa anual del pastizal natural bajo diferentes tratamientos de sombreado: testigo, caducifolio y perennes. Las barras verticales indican  $\pm 1$  error estándar.

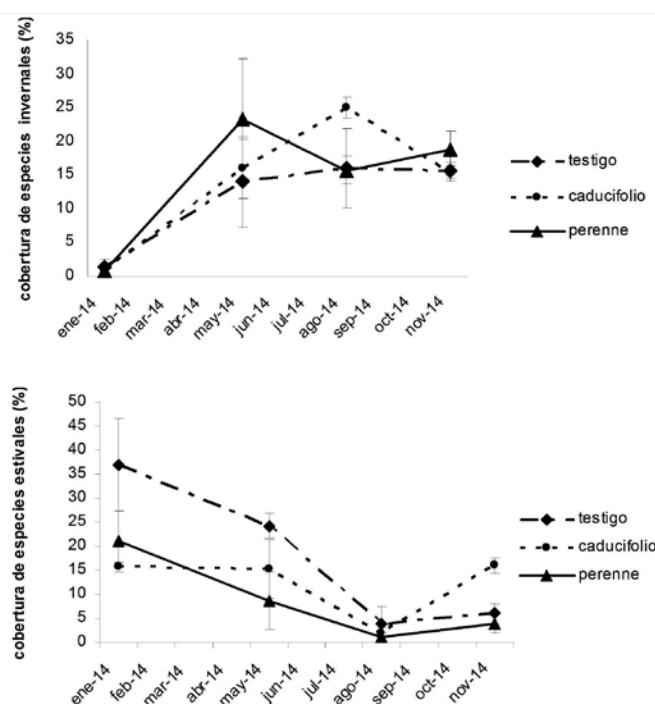


Figura 3: Panel Superior: cobertura basal de especies invernales del pastizal natural en las diferentes fechas de evaluación, y bajo los diferentes tratamientos. Las barras verticales indican  $\pm 1$  error estándar. Panel inferior: Cobertura basal de especies estivales del pastizal natural en las diferentes fechas de evaluación, y bajo los diferentes tratamientos: testigo (línea cortada), caducifolio (línea punteada) y perenne (línea llena). Las barras verticales indican  $\pm 1$  error estándar.

## Conclusiones

El valor del componente arbóreo dentro de un sistema silvopastoril no es solamente el valor maderero como se cree muchas veces, sino la integración con todos los componentes del sistema. Un sistema que combina el árbol con el pastoreo. En este contexto, el efecto del sombreado de un año sobre un pastizal de la Cuenca del Salado no modifica la producción de biomasa del pastizal, aunque orientaría su producción hacia una mayor acumulación de oferta invernal, aumentando la cobertura de especies de ese ciclo.

Dado que las especies invernales presentan su máximo de acumulación de biomasa en primavera, y esperando que la producción de biomasa total del pastizal presente diferencias con y sin sombra debido a cambios en la comunidad a lo largo de los próximos años en estudio, podemos identificar a los potreros

con presencia de montes como unidades independientes en el establecimiento, que puedan ofrecer reparo y buena oferta forrajera en momentos claves para la producción, como por ejemplo, la época de servicio y recuperación posparto (primavera tardía y comienzos de verano en esta zona).

Por otra parte, dada la falta de diferencias en producción y a la misma estacionalidad entre la sombra que simula monte perenne o caducifolio, se podrá optar por esta última alternativa, cuya presencia de sombra relajará el estrés térmico en el ganado, y el potencial impacto negativo sobre otros procesos y variables del ambiente podría ser menor, especialmente en los casos en los que el agua está cerca de la superficie, o hay riesgos de salinización de suelo por un incremento de la evapotranspiración total del sistema (Jobbágy et al. 2006).

## Agradecimientos

Artículo realizado con apoyo del proyecto *Implementación de un Módulo Silvopastoril en Tierras de Uso Ganadero en la Depresión del Salado* (UCAR/INTA), del proyecto nacional *Tecnologías y Capacidades para el Manejo de Sistemas Silvopastoriles y Agroforestales en Bosques Implantados* (PE1104075 INTA) y del Proyecto Regional con Enfoque Territorial Cuenca Sur (INTA). Agradecemos, también, al Ing. Pablo Laclau por sus aportes y correcciones.

## Bibliografía

- Armstrong D.V.. 1994. Symposium: Nutrition and heat stress. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal Dairy Sci* 77, 2044-2050
- Baldi G., Guerschman J.P., Paruelo J..2006. Characterizing fragmentation in temperate South America grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 116,197-208.
- Blackshaw, J. K., & Blackshaw, A. W. (1994). Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Animal Production Science*, 34(2), 285-295
- Fisher A.D., Roberts N., Bluett S.J., Verkerk G.A., Matthews L.R.. 2008. Effects of shade provision on the behaviour, body temperature and milk production of grazing dairy cows during a New Zealand summer. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 51 (2), 99-105.
- Jobbágy E. G., Vasallo M., Farley K. A., Piñeiro G., Garbulsky M. F., Noretto M. D., Jackson R.B., Paruelo J.M.. 2006. Forestación en Pastizales. Hacia una visión integral de sus oportunidades y costos ecológicos. *Agrociencia*, 10 (2), 109-124.
- Kendall P.E., Nielsen P.P., Webster J.R., Verkerk G.A., Littlejohn R.P., Matthews L.R.. 2006. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livestock Science* 103, 148-157
- León R.J.C. 1975. Las comunidades herbáceas de la región Castelli-Pila. Pp 75-107. Monografías. Productividad primaria neta de sistemas herbáceos. Consejo de Investigaciones Científicas, La Plata, Argentina.
- Mader T.L., Dahlquist J.M., Hahn G.L., Gaughan J.B.. 1999. Shade and wind barrier effects on summertime feedlot cattle performance. *Journal of Animal Science* 77, 2065-2072
- Sullivan M.L., Cawdell-Smith A.J., Mader T.L., Gaughan J.B.. 2011. Effect of shade area on performance and welfare of short-fed feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 89, 2911-2925
- Tricart J.L.F. 1973. Geomorfología de la Pampa Deprimida. XII Colección científica. INTA.
- Valtorta S., Leva P., Gallardo M.. 1997. Evaluation of different shades to improve dairy cattle well-being in Argentina. *Int J Biometeorol* 41, 65-67.

# Ensayo de plantación de especies forrajeras nativas producidas en invernáculo bajo cobertura de pino y estepa en Patagonia

C.G. Buduba<sup>12</sup>; G.A. Loguercio<sup>23</sup>; G.C. García Martínez<sup>1</sup>; C. Caruso<sup>1</sup>; E. Oyharçabal<sup>13</sup>; W. Opazo<sup>1</sup>; T. Schinelli<sup>1</sup>; N. Nagahama<sup>14</sup>

## Resumen

A los fines de establecer alternativas para incrementar la producción forrajera en áreas degradadas de la estepa patagónica y aprovechando las condiciones microambientales que generaría el dosel de pino ponderosa, se realizaron ensayos a campo con plantines de especies forrajeras obtenidas en invernáculo. Se utilizaron 5 especies nativas: *Bromus setifolius*, *Elymus patagonicus*, *Hordeum comosum*, *Festuca pallescens*, *Poa ligularis* y 2 especies comerciales: *Thynopirum ponticum* (agropiro alargado) y *Bromus stamineus* (cebadilla perenne). Los ensayos se llevaron a cabo en 4 sitios forestados con pino ponderosa en las cercanías de Río Pico, Chubut. En cada sitio se implantaron las 7 especies forrajeras tanto dentro como fuera del bosque. Se determinó la supervivencia y el vigor de cada planta a los 4 y a los 9 meses de iniciado los ensayos (mayo de 2014). Luego de 9 meses, y habiendo transcurrido gran parte del verano (febrero de 2015), se estimó la supervivencia de los plantines. Esta fue superior al 80 % para todas las especies y en ambos tratamientos, a excepción de *B. setifolius* y *E. patagonicus* para las parcelas sin cobertura arbórea, con porcentajes de supervivencia del 50 % y 72 % respectivamente. Con respecto a la condición de las plantas, se observó al transcurrir los meses, un incremento del vigor, destacándose agropiro, festuca y poa. Los resultados presentados son preliminares y forman parte de ensayos en marcha que permitirán sacar conclusiones más certeras en las próximas etapas.

**Palabras clave:** *Festuca*, *Hordeum*, *Bromus*, *Poa*, *Elymus*.

## Experimental plantation of native forage grass produced on greenhouse on pine and steppe cover in Patagonia

## Abstract

In order to establish alternatives to increase forage production on degraded areas of the Patagonian steppe and taking advantage of the microenvironmental conditions that could generate the canopy of ponderosa pine, field experiments were conducted with forage seedlings obtained in glasshouse. For this study we used 5 native species: *Bromus setifolius*, *Elymus patagonicus*, *Hordeum comosum*, *Festuca pallescens*, *Poa ligularis* and 2 commercial species: *Thynopirum ponticum* ("agropiro alargado") and *Bromus stamineus* ("cebadilla perenne"). The experiments were performed in 4 sites forested with ponderosa pine near Río Pico, Chubut. At each site, seedlings of all forage species were transplanted, both inside and outside plantations. Survival and vigor of each plant at 4 and 9 months of starting the trials (May 2014) was determined. After nine months, to mid summer (February 2015), the survival of the seedlings was estimated. This was over 80% for all species and in both treatments, except for *B. setifolius* and *E. patagonicus* for the treatment without tree cover, with survival rates of 50% and 72% respectively. Regarding plant condition, over the months an increase of vigor was observed, especially *Festuca*, *Poa* and *Thynopirum*. The results presented are preliminary and are part of ongoing trials that will allow us in the future get more accurate conclusions in the next stages.

**Key words:** *Festuca*, *Hordeum*, *Bromus*, *Poa*, *Elymus*.

<sup>1</sup> EEA INTA Esquel, Chacabuco 513. Esquel, Chubut. buduba.carlos@inta.gob.ar. <sup>2</sup> Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Sede Esquel. <sup>3</sup> CIEFAP. <sup>4</sup> CONICET



## Introducción

La producción ganadera extensiva en el ecotono estepa bosque patagónico se desarrolla en sitios que presentan signos de deterioro por el mal manejo pastoril al que fueron sometidos durante los últimos cien años. En este paisaje la implantación de bosques es una alternativa que puede mitigar problemas ambientales y generar un recurso que mejore aspectos socio productivos de la región. Complementar la actividad ganadera y forestal en una misma superficie, para lograr una producción forrajera, forestal y animal, es el objetivo de un sistema silvopastoril.

En la estepa patagónica el componente forrajero está regulado por una escasa oferta de agua estival, vientos persistentes del Oeste y un suelo generalmente deteriorado. Estas características provocan que el recurso herbáceo presente limitaciones para su implantación, producción y propagación. Diferentes estudios (Rotundo y Aguiar 2004, 2005) han demostrado que en lugares degradados las gramíneas nativas con valor forrajero tienen escasa capacidad para recolonizar, con algunas especies que germinan en baja proporción y esporádicamente a lo largo de los años y otras que, aún germinando, poseen una baja tasa de supervivencia estival (Bertiller 1996, Rotundo 2001, Cipriotti y Aguiar 2005, Rotundo y Aguiar 2008, Cipriotti *et al.* 2008).

La implantación de pino ponderosa en ambiente de estepa es una realidad regional, que bajo ciertas pautas de manejo podría generar condiciones facilitadoras para el componente forrajero. La

disminución del efecto del viento y el sombreado generan cambios en la radiación que alcanza el suelo del bosque, el agua edáfica y en la demanda evapotranspirativa. Experiencias de siembra realizadas en Chubut con diferentes especies forrajeras comerciales, especialmente *Thynopirum ponticum* (agropiro alargado) y *Bromus stamineus* (cebadilla perenne), con y sin cobertura de pino ponderosa, mostraron buena germinación y crecimiento inicial (Buduba *et al.*, 2010 y 2012, Loguercio *et al.* 2013). Sin embargo, pasados un par de veranos, las plantas no se mostraron vigorosas y no presentaron una oferta forrajera adecuada.

Ante los resultados de experiencias anteriores, se plantea el interrogante, si plantines más vigorosos, con un sistema radical más prominente, podrían superar de mejor manera la etapa crítica de establecimiento, alcanzando una performance productiva superior para aprovechar, al mismo tiempo, la interacción facilitadora de la cobertura del bosque implantado. El objetivo del presente trabajo es evaluar la sobrevivencia y vigor de plantines producidos en invernáculo de 5 especies forrajeras nativas (*Hordeum comosum*, *Bromus setifolius*, *Poa ligularis*, *Festuca pallescens*, *Elymus patagonicus*) y 2 comerciales (agropiro alargado y cebadilla perenne) implantadas en la estepa y bajo cobertura de pino ponderosa. En esta comunicación se presentan los resultados iniciales de una experiencia que abarca desde el período de la implantación hasta mediados de la primera estación de crecimiento.

## Metodología

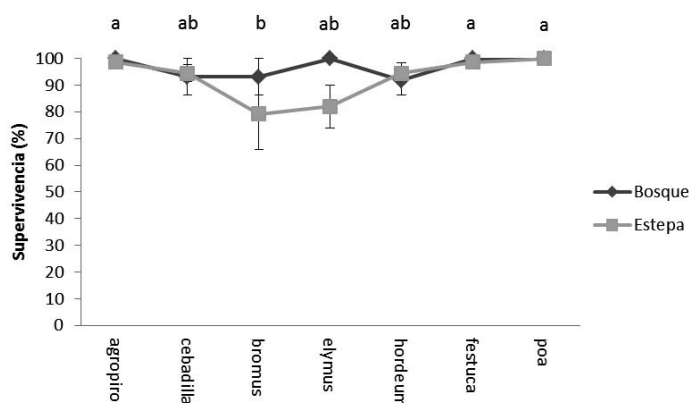
Durante el verano de 2013 se cosecharon semillas de las 5 especies forrajeras nativas mencionadas. Las mismas fueron recolectadas manualmente en las cercanías de Esquel y conservadas en frío. En octubre del mismo año se realizó la producción de plantines en tubetes, bajo condiciones controladas de invernáculo, según el protocolo utilizado para la obtención de especies forestales en el Vivero del Campo Experimental Agroforestal INTA Trevelin (Schinelli 2013). Durante los meses de verano se realizaron varios cortes de la parte aérea y al momento de la implantación las plantas tenían una relación vegetal peso seco raíz / peso seco hoja mayor a 2.

En mayo de 2014 se realizó la plantación en 4 sitios ubicados en cercanías de Río Pico (Chubut) con registros de precipitación de 500 a 750 mm año<sup>-1</sup>. En cada uno de ellos se seleccionaron 2 parcelas con similares características edafo climáticas, una con bosque de pino ponderosa y la otra con vegetación de estepa (tipo de cobertura). Los rodales de pino presentaban coberturas entre 19 y 47 % (Tabla 1).

Debido a que los 4 sitios seleccionados presentaban diferencias, se estableció un diseño en bloques. Los factores de cada lugar fueron dos: tipo de cobertura (2 niveles): bosque, estepa; especies forrajeras (7 niveles): 5 nativas y 2 comerciales. En cada una de las 8 parcelas, previamente clausuradas para evitar el daño por herbivoría, se dispuso al azar 3 subparcelas conformadas por 7 hileras (una por especie) con 6 macetas cada una. En septiembre de 2014 y al inicio de febrero de 2015, se realizó una evaluación de la supervivencia y del vigor de cada una de las 1.008 macetas instaladas. Para ello se estableció una escala de 0 a 3, concepto similar al utilizado para determinar el vigor de la especie clave en la Guía de Evaluación de Pastizales de la Provincia de Río Negro (Siffredi *et al.* 2011). Se tomó en consideración al momento de determinar el valor, la altura de la planta, el estado de la corona (% vivo) y el anclaje de las raíces. Un valor de 0 representa una planta muerta, 1 una condición regular, 2 una condición buena y 3 una condición muy buena. Los datos fueron analizados mediante ANAVA.

**Tabla 1.** Parámetros dasométricos de los 4 rodales de pino ponderosa seleccionados en cercanías de Río Pico (Chubut).

Sitio	Edad (años)	Densidad (árb ha <sup>-1</sup> )	Área Basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Cobertura (%)
1 (C)	18	593	8,64	19
2 (Sab)	16	797	12,8	38
3 (Sar)	20	983	25,5	47
4 (T)	20	620	7,97	26



**Gráfico 1.** Supervivencia (%) en septiembre de 2014 de las 7 especies forrajeras implantadas en cobertura de pino ponderosa y estepa. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre especies para una misma cobertura.

## Resultados y discusión

**Supervivencia.** En septiembre, la supervivencia de 6 de las especies implantadas fue superior al 82 % y para bromus el 79 % (Gráfico 1). No se observó diferencia significativa entre la cobertura de bosque y estepa ( $F = 2,88$ ; Valor  $P = 0,10$ ). En dicha fecha bromus y elymus tuvieron mejor comportamiento dentro del bosque que en la estepa, no existiendo diferencias para el resto de las especies.

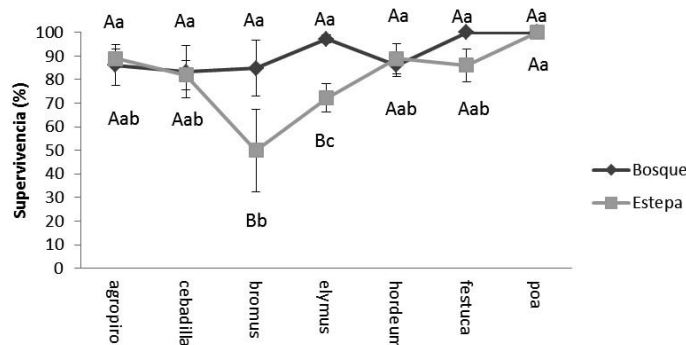
En febrero, la supervivencia fue superior a 80 %, excepto para bromus (50 %) y elymus (72 %) en la estepa. En estas 2 especies las diferencias fueron significativas ( $p < 0,05$ ) en ambas coberturas. El resto de las especies no mostraron diferencias (Gráfico 2).

Los resultados muestran que en los mismos sitios, hasta la fecha de evaluación, el uso de plantines producidos en tubetes en condiciones de invernáculo, resulta más promisorio para el establecimiento de agropiro alargado y cebadilla perenne en comparación con la siembra tradicional (Loguercio *et al.*, en este mismo Congreso). Todos los resultados presentados deben corroborarse a fin del verano (marzo) y en el próximo año, en términos de la respuesta productiva.

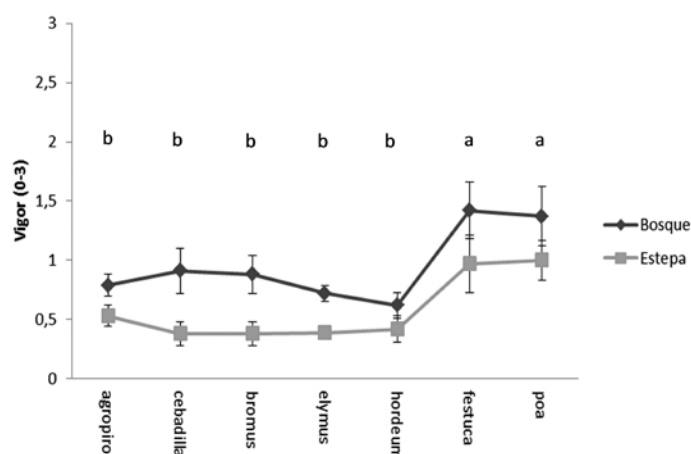
**Vigor.** La condición de las plantas en septiembre de 2014 fue mejor en el bosque ( $\bar{x} = 0,96$ ) que en la estepa ( $\bar{x} = 0,58$ ) para todas las especies (Gráfico 3) ( $F = 55,6$ ; Valor  $P = 0,01$ ). Poa (T,37) y festuca (T,42) presentaron los valores de vigor más altos.

Posiblemente parte de estos resultados se expliquen por las condiciones que el dosel del bosque generaría morigerando las temperaturas extremas de invierno en comparación con la cobertura de estepa. En este sentido, al inicio de la primavera se contabilizó un número significativamente menor de maceas descalzadas dentro del bosque (15 %) en comparación con la estepa (56 %). Es importante indicar que el descalce no produjo generalmente la muerte de las plantas, según lo observado en febrero.

En febrero de 2015 se observó un incremento en la condición de todas las plantas sobrevivientes respecto a septiembre, tanto en el bosque ( $\bar{x}$  de 0,96 a 1,76) como en la estepa ( $\bar{x}$  de 0,58 a 1,73) sin presentar diferencias significativas entre ambas coberturas (Gráfico 4). Todas las especies superaron en promedio la condición 1, destacándose agropiro, festuca y poa.



**Gráfico 2.** Supervivencia (%) en febrero de 2015 de las 7 especies forrajeras implantadas en cobertura de pino ponderosa y estepa. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ambas coberturas para una misma especie. Letras minúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre especies para una misma cobertura.

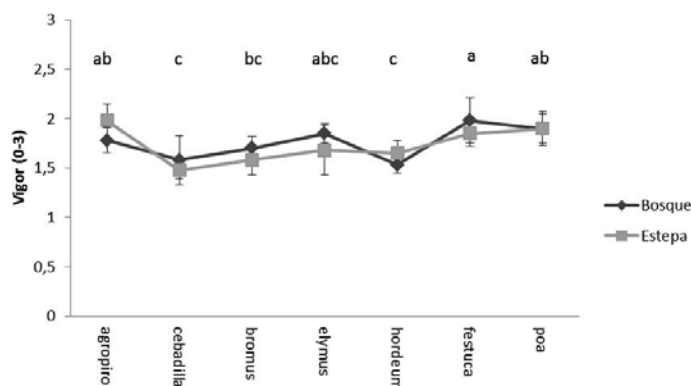


**Gráfico 3.** Vigor (0 – 3) en septiembre de 2014 de las 7 especies forrajeras implantadas en cobertura de pino ponderosa y estepa. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre especies para una misma cobertura.

## Conclusiones

Estos resultados preliminares son promisorios respecto a la posibilidad de lograr el establecimiento de plantines en tubete de *Hordeum comosum*, *Bromus setifolius*, *Poa ligularis*, *Festuca pallescens*, *Elymus patagonicus*, *Thynopirum ponticum* y *Bromus stamineus* en la estepa patagónica, con y

sin cobertura de pino. Por otro lado, agropiro, festuca y poa serían las especies que presentaron mejor comportamiento. No obstante estos resultados deben ser corroborados a fin del verano, analizando la respuesta productiva en los años venideros.



**Gráfico 4.** Vigor (0 – 3) en febrero de 2015 de las 7 especies forrajeras implantadas en cobertura de pino ponderosa y estepa. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre especies para una misma cobertura.

## Agradecimientos

Nuestro sincero agradecimiento a los productores que nos permiten ensayar en sus propiedades. A Amalia Pryce y Miriam Muñoz (Producción Vegetal Estación Experimental Agroforestal INTA Trevelin) por la ayuda brindada en la viverización. También a Cecilio Jones, Armando Escalona, Patricia Codesal, Giuliana Bertoldi y Federico Gómez por el apoyo en las tareas de campo.

## Bibliografía

- Bertiller, M. B., 1996. Grazing effects on sustainable semiarid rangelands in Patagonia: the state and dynamic of the soil seed bank. *Environmental Management* 20 (1): 123-132.
- Buduba, C. G., Hansen, N., Bobadilla, S., Lexow, G., Escalona, M., 2010. Ensayo de implantación de pastura en bosque de pino ponderosa. *Actas I Congreso Internacional Agroforestal Patagónico*. Coyhaique, Chile: 293.
- Buduba, C., Hansen, N., Lexow, G., Bobadilla, S., Binda, S., Von Müller, A., Ocampo, G., 2012. Implantación de dos especies forrajeras bajo bosque de pino en la estepa patagónica. *Actas II Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*. Santiago del Estero: 184.
- Cipriotti, P., Aguiar, M., 2005. Interspecific competition interacts with the spatial distribution of a palatable grass to reduce its recruitment. *Rangeland Ecology Manage* 58: 393-399.
- Cipriotti, P., Flombaum, P., Sala, O., Aguiar M., 2008. Does drought control emergence and survival o grass seedlings in semi-arid rangeland? An example with a Patagonian species. *Journal of Arid Enviroment* 72: 162-174.
- Loguercio, G., Buduba, C., Oyharçabal, E., Gonda, H., Hansen, N., 2013. Experiencia de siembra de dos gramíneas forrajeras bajo dosel de pino ponderosa al Sur de la Provincia del Chubut. *Actas II Jornadas Forestales de Patagonia Sur*. II Congreso Internacional Agroforestal Patagónico. Calafate, Santa Cruz: 91.
- Rotundo, J. L., 2001. Estudios poblacionales de *Poa ligularis*: una gramínea de zonas áridas amenazadas por sobrepastoreo. Tesis de Maestría. Recursos Naturales. Escuela para Graduados Alberto Soriano. UBA. 115 pp.
- Rotundo, J. L., Aguiar, M., 2004. Vertical seed distribution in the soil constrains regeneration of *Bromus pictus* in a Patagonian steppe. *Journal of Vegetation Science* 15 (4): 515-522.
- Rotundo, J. L., Aguiar, M., 2005. Litter effects on plant regeneration in arid lands: a complex balance between seed retention, seed longevity and soil-seed contact. *Journal of Ecology* 93 (4): 829-838.
- Rotundo, J. L., Aguiar, M., 2008. Herbivory resistance traits in populations of *Poa ligularis* subjected to historically different sheep grazing pressure in Patagonia. *Plant ecology* 194:121-133.
- Schinelli, T., 2013. Producción de *Nothofagus* bajo condiciones controladas. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 80 pp.
- Siffredi, G.L., Boggio, F., Giorgetti, H., Ayesa, J.A., Kropfl, A., Alvarez, J.M., 2011. Guía para la Evaluación de Pastizales para las Áreas Ecológicas de Sierras y Mesetas Occidentales y de Monte de Patagonia Norte. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 44 pp.

# Producción de carne en un Sistema Silvopastoril de Algarrobo y Grama Rhodes de la Llanura Deprimida de Tucumán, Argentina

Martínez Calsina, L<sup>1</sup>; Lara, JE<sup>1</sup>; Suárez, FA<sup>1</sup>; Ballón, M<sup>1</sup>; Pérez, PG<sup>2</sup>; Vega, H<sup>2</sup>; Torres, JC<sup>2</sup>; Corbella, R<sup>2</sup>; Plasencia, A<sup>2</sup>; Caldez, L<sup>2</sup>; Banegas, N<sup>1</sup>; Luchina, J<sup>1</sup>; Nasca, JA<sup>1</sup>; Perez, HE<sup>3</sup>; Bottegal, D<sup>1</sup>; Zimmerman, M<sup>1</sup>.

## Resumen

Los sistemas pastoriles de producción de carne están altamente afectados por la disponibilidad de recursos naturales. En este marco, la incorporación del estrato arbóreo a los sistemas pastoriles podría aminorar los efectos ambientales negativos. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la incorporación del estrato arbóreo sobre la producción de carne en un sistema cuya base alimenticia es pastoril con suplementación energético-proteica invernal. El ensayo se encuentra en Leales, Tucumán, Argentina. El clima es de tipo subtropical-subhúmedo con estación seca. El suelo es *Haplustol fluviacuentico*. El componente pastoril es una pastura de *Chloris gayana* cv Epica INTA-Pemán sembrada en enero de 2010. El componente arbóreo es una plantación de *Prosopis alba* lograda en 1998 en un marco de 10 m x 10 m. Los animales experimentales son vaquillonas Braford. El período experimental abarcó los ciclos 2012/2013 y 2013/2014. Los tratamientos fueron: sistema silvopastoril y sistema pastoril puro con dos repeticiones en un diseño completamente aleatorizado (12 vaquillonas por repetición). La variable respuesta fue la producción de carne (kg/ha). La producción de carne por ciclo difirió entre tratamientos y entre ciclos, logrando mayores valores en el sistema silvopastoril comparado con el pastoril y en el ciclo de recría 2012/2013 comparado con el 2013/2014. El efecto de la incorporación del estrato arbóreo sobre la producción de carne fue positivo, tanto en el año de sequía moderada como en el año de sequía severa. Cabe destacar que frente a la sequía severa el sistema silvopastoril también redujo significativamente su productividad aunque en menor proporción que el sistema pastoril puro.

**Palabras clave** Recría de vaquillonas, árboles, pastura

## Meat production in a Silvopastoral System of *Prosopis alba* and *Chloris gayana* in the Depressed Plain of Tucuman Province, Argentina

## Abstract

Meat production in pastoral systems is highly affected by the availability of natural resources. In this context, the incorporation of a tree layer to pastoral systems could reduce the negative environmental effects. The aim of this study was to evaluate the effect of the addition of a tree layer on the meat production in a system whose feed base is pastoral with winter protein-energy supplementation. The trial is located in Leales, Tucumán, Argentina. The climate is sub-humid subtropical type with dry season. The soil is *Haplustol fluviacuentic*. The pastoral component is a Rhodes grass pasture sown in January 2010. The tree component is a plantation of *Prosopis alba* achieved in 1998 in a framework of 10 m x 10 m. The experimental animals are Braford heifers. The experimental period lasted 2012/2013 and 2013/2014 cycles. Treatments were: silvopastoral system and pure pastoral system with two replications in a completely randomized design (12 heifers per repetition). The response variable was meat production (kg/ha). Meat production by breeding cycle differed between treatments and between breeding cycles, achieving higher values in the silvopastoral system compared to pastoral and in breeding cycle 2012/2013 compared to 2013/2014. The effect of the addition of a tree layer on the meat production was positive in both evaluated cycles. However, is worth noting, that when the drought was severe, the silvopastoral system also significantly reduced its productivity, although into a lesser extent than the pastoral system.

**Key words** Heifers breeding, trees, pasture

<sup>1</sup> Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido, Centro de Investigaciones Agropecuarias, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. martinez.luciana@inta.gov.ar <sup>2</sup> Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán. <sup>3</sup> Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. Centro Regional Córdoba, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

## Introducción

La gran variabilidad estacional e interanual en los patrones de precipitaciones y temperaturas ambientales pueden tener un efecto negativo en el crecimiento vegetal y así afectar la productividad primaria neta del ecosistema (McDowell, 2008). En particular, los sistemas pastoriles de producción de carne están altamente afectados por la disponibilidad de recursos naturales (Cuartas *et al.*, 2014; Nardone *et al.*, 2010; Steinfeld *et al.*, 2009; Thorton *et al.*, 2009). En este marco, la incorporación del estrato arbóreo a los sistemas pastoriles podría aminsonar los efectos ambientales negativos (Cuartas *et al.*, 2014). Existe bibliografía disponible en relación al efecto de la incorporación arbórea sobre algunos componentes del sistema. Diversos autores destacan las mejoras en productividad y calidad de pasturas frente a la incorporación arbórea (Peri *et al.*, 2007; Belesky *et al.*, 2006; Kaur *et al.*, 2002; Menezes *et al.*, 2002). Algunos autores relacionan los aumentos de productividad y calidad nutritiva de la pastura a cambios favorables en el suelo (Pollock *et al.*, 2009; Menezes *et al.*, 2002; Sierra *et al.*, 2002) y en el microclima bajo canopia arbórea (Baliscei *et al.*, 2013; Menezes *et al.*, 2002; Wilson & Wild, 1991; Wilson & Ludlow, 1991). Sin embargo, es escasa la bibliografía referida a la producción de carne de los sistemas silvopastoriles (Dalzell *et al.*, 2006; Córdoba *et al.*, 2010).

Sprent & Parsons (2000) destacan que la inclusión de leguminosas como fuente de nitrógeno para favorecer la pro-

ducción de forraje constituye un factor crítico para la producción de carne en los suelos de baja fertilidad de trópicos y subtrópicos. Los árboles del género *Prosopis* se destacan entre las leguminosas candidatas para establecer asociaciones con pasturas. Entre ellos, el Algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb) es una especie nativa del Chaco (Burkart, 1952), caracterizada por su hábito freatófilo y su tolerancia a suelos salino-alcalinos (Ewens *et al.*, 2012). Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth), por su parte, es una gramínea megatérmica con cultivares de excelente adaptación a suelos salinos debido a la presencia de glándulas secretoras de sodio (Taleisnik *et al.*, 1997) que promueven la reducción de los niveles de dicho elemento en la zona de influencia radical. Esta capacidad de remediación edáfica la hace particularmente interesante para mitigar los eventuales riesgos de salinización asociados a la inclusión de árboles en ambientes con napa freática salina (Jobbágy & Jackson, 2004, 2007). Por lo antedicho, se asume que la asociación Algarrobos-Grama Rhodes sería un interesante modelo biológico para evaluar la producción de carne en la Llanura Deprimida Salina de Tucumán.

El objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de la incorporación del estrato arbóreo sobre la producción de carne en un sistema cuya base alimenticia es pastoril con suplementación energético-proteica invernal.

## Materiales y Métodos

El ensayo se encuentra en el Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS-CIAP-INTA), departamento Leales, Tucumán, Argentina (27°11'10.60''S y 65°14'32.45''O) a una altitud de 335 msnm. El clima es de tipo subtropical subhúmedo con estación seca. La precipitación media anual es de 880 mm (octubre-marzo). La temperatura media anual es de 19 °C, siendo la media del mes más calido 25 °C y la del mes más frío 13 °C. El área experimental es de 18 has, 9 has de Sistema Silvopastoril (SP) y 9 has de Sistema Pastoril Puro (PP). El suelo es un *Haplustol fluvacuatico* (Soil Taxonomy, USDA). El componente pastoril es una pastura de *Chloris gayana* cv Epica INTA-Pemán (Grama Rhodes Epica) sembrada en enero de 2010. El componente arbóreo del SP es una plantación de *Prosopis alba* (Algarrobo) lograda en 1998 en un marco de 10 m x 10 m. El nivel de restricción lumínica de la canopia arbórea promedio para el mes de enero (mes de mayor restricción) fue del 56.2%. Los animales experimentales son vaquillonas Braford.

Las vaquillonas ingresaron al ensayo en junio (160 kg PV promedio) y salieron en marzo del año siguiente (280 kg PV promedio). El ciclo 1 tuvo una duración total de 268 días y el ciclo 2 de 266 días (27/06/2013 al 21/03/2013 y 28/06/2013 al 20/03/2014 respectivamente). Durante el pe-

riodo invernal (junio a noviembre) la pastura estuvo diferida (sin crecimiento) y durante el período estival (diciembre a marzo) en activo crecimiento. En el período invernal las vaquillonas recibieron suplementación estratégica energético-proteica (al 0.06% del peso vivo promedio). Los tratamientos fueron: SP y PP con dos repeticiones en un diseño completamente aleatorizado. La unidad experimental fue un área de 3.7 ha subdividida para poder realizar pastoreo rotativo. En el período invernal los días de permanencia en las parcelas se definieron en función de la disponibilidad de forraje. En el período estival, las rotaciones se definieron de manera de ingresar a las parcelas cada vez que la pastura alcanzara una suma térmica de 400 °Cd (de acuerdo a T° base de crecimiento de 12°C propuesta por Jones, 1985). En cada repetición se recriaron 12 vaquillonas. La variable respuesta fue la producción de carne (kg/ha) calculada como la diferencia entre el peso final y el peso inicial total de cada repetición. A su vez, se evaluó la producción de carne por período invernal y estival. Los animales se pesaron mensualmente por la mañana (18 hs de encierro previo en corrales sin agua ni comida). Los datos se analizaron mediante ANOVA y LSD para comparación de medias (p<0,05) con el auxilio del paquete estadístico Infostat.

## Resultados

En el período previo al ciclo 1 no se registró déficit hídrico y las precipitaciones fueron mayores a las del período previo al ciclo 2 (ver Gráfico 1) período que mostró déficit hídrico el 56% del tiempo.

En ambos ciclos evaluados las precipitaciones fueron menores al promedio histórico (ver Gráfico 2). El ciclo 2 fue el más restringido con el 59% del tiempo bajo déficit hídrico (157 días de un total de 266 d) comparado con el 18% del ciclo 1 (49 días de un total de 268 d).

La producción de carne (kg/ha) difirió entre tratamientos y

entre ciclos, logrando mayores valores en el sistema silvopastoril comparado con el pastoril (544 vs 503 kg/ha respectivamente) y en el ciclo 1 comparado con el 2 (718 vs 329 kg/ha respectivamente). Hubo interacción tratamiento y ciclo (ver Gráfico 3).

El análisis de la producción de carne durante el período invernal (junio a noviembre) mostró que no hubo diferencias entre tratamientos pero si entre ciclos de recría (ver Gráfico 4). Durante el período estival (diciembre a marzo) los tratamientos y ciclos de recría difirieron significativamente (ver Gráfico 5).

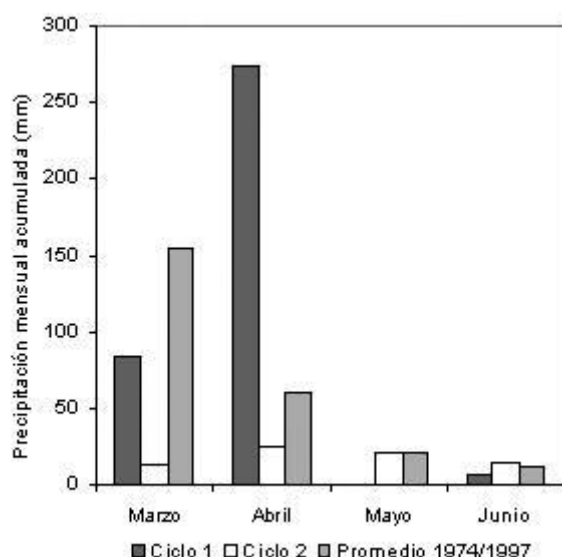


Gráfico 1. Precipitación mensual acumulada (mm) de los períodos previos a los ciclos 1 y 2 y del promedio (1974-1997).

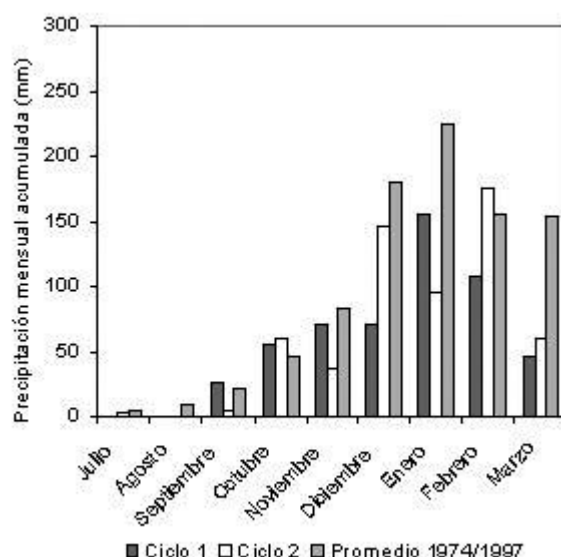


Gráfico 2. Precipitación mensual acumulada (mm) de los ciclos 1 y 2 y del promedio (1974-1997).

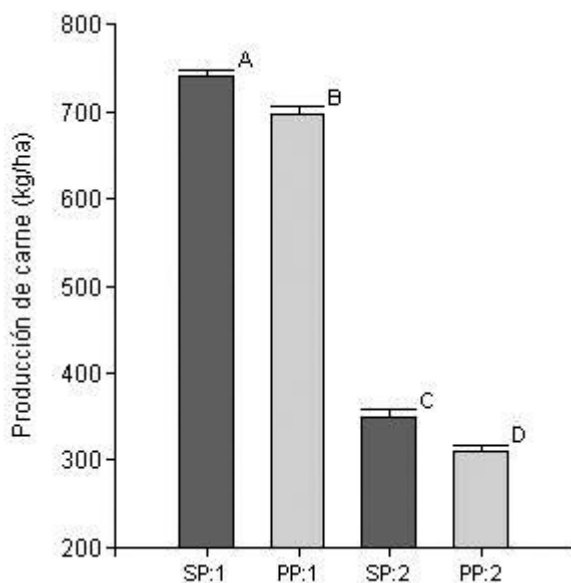


Gráfico 3. Producción de carne promedio (kg/ha) por tratamiento por ciclo de recría.

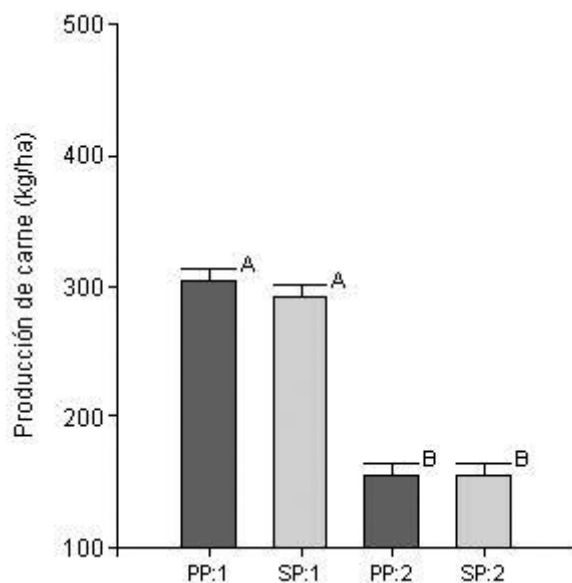


Gráfico 4. Producción de carne promedio (kg/ha) para el período invernal por tratamiento por ciclo de recría.

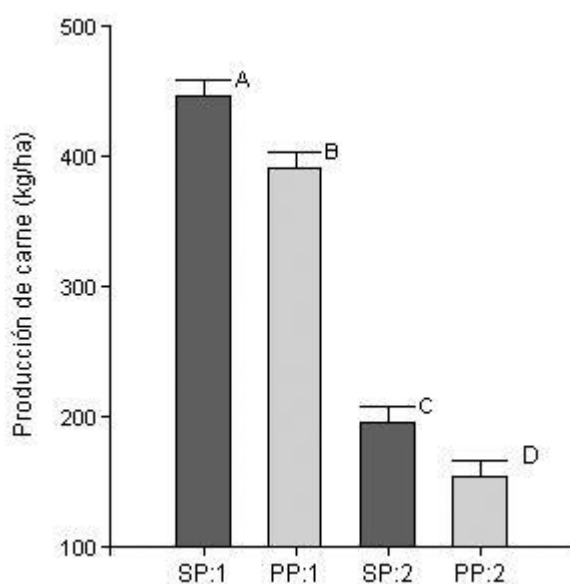


Gráfico 5. Producción de carne promedio (kg/ha) para el período estival por tratamiento por ciclo de recría.

## Discusión

Las condiciones ambientales del ciclo 1 fueron más favorables para el crecimiento de las pasturas comparadas con las del ciclo 2 y esto se evidenció en las diferencias en la producción de carne logradas para cada ciclo de recría. Estos resultados coinciden con el estado actual de conocimientos (Cuartas *et al.*, 2014; Nardone *et al.*, 2010; Steinfeld *et al.*, 2009; Thorton *et al.*, 2009) que indica que a mayor disponibilidad de factores de crecimiento es mayor la productividad y la calidad nutritiva de las pasturas y por ende es mayor la producción de carne.

En la bibliografía consultada (Cuartas *et al.*, 2014; Nardone *et al.*, 2010; Steinfeld *et al.*, 2009; Thorton *et al.*, 2009) existe consenso en que los sistemas silvopastoriles podrían permitir una mayor producción de los sistemas por sus aportes en la

eficiencia de uso de los factores de crecimiento. Si bien, en los dos ciclos evaluados, la producción de carne del SP fue significativamente mayor que la del PP (con una diferencia de 54.45 y 40.30 kg/ha para los ciclos de recría 1 y 2 respectivamente), también fue significativa la diferencia entre ciclos de recría. Vale decir que ante una situación de reducción severa de la disponibilidad de factores de crecimiento el SP también pierde productividad, aunque en menor cuantía que el PP.

El análisis de la producción de carne del período estival permitió corroborar lo que muchos autores (Peri *et al.*, 2007; Bellesky *et al.*, 2006; Kaur *et al.*, 2002; Menezes *et al.*, 2002; Sierra *et al.*, 2002) sugieren en relación a las diferencias en captura y uso de nutrientes durante el período de crecimiento de las pasturas y por ende en la producción de carne.

## Conclusiones

El efecto de la incorporación del estrato arbóreo sobre la producción de carne fue positivo, tanto en el año de sequía moderada como en el año de sequía severa.

Cabe destacar que frente a la sequía severa el sistema silvo-

pastoril también redujo significativamente su productividad aunque en menor proporción que el sistema pastoril puro.

Es necesario dar continuidad a este tipo de estudios para evaluar sus respuestas en el largo plazo.

## Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a la Asociación Cooperadora INTA Leales, a los Proyectos CIUNT A/510 y A/521 y a los Proyectos de INTA PNPA 1126073 y PNFOR 1104075 ya que este experimento sería inviable sin su constante co-financiamiento y apoyo.



## Bibliografía

- Baliscei, MA; Barbosa, A.; de Souza, D; Teixeira MA.; Costa A; Krutzmann, A; de Oliveira Queiroz, E. 2013. Microclimate without shade and silvopastoral system during summer and winter. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* v. 35, n. 1, p. 49-56.
- Belesky, DP; Chatterton, NJ; Neel, JPS. 2006. *Dactylis glomerata* growing along a light gradient in the central Appalachian region of the eastern USA: III. Nonstructural carbohydrates and nutritive value. *Agroforestry Systems* (2006) 67:51–61.
- Burkart, A. 1952. Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. Editorial Acme, Segunda ed., 569 p.
- Córdoba C, Murgueitio E, Uribe F, Naranjo J, Cuartas C. 2010. Productividad vegetal y animal bajo sistemas de pastoreo tradicional y sistemas silvopastoriles intensivos en el Caribe seco colombiano. In: Ibrahim M, Murgueitio E editors. Proceedings of the Sixth International Congress of Agroforestry for Sustainable Animal Production: Multiplication and silvopastoral agroforestry systems for adaptation and mitigation of climate change on livestock territories. Technical Meeting/ CATIE; No.15.Turrialba, C.R: CATIE – CIPAV; p.160.
- Cuartas CA, Naranjo JF, Tarazona AM, Murgueitio E, Chará JD, Ku J, Solorio FJ, X Flores MX, Solorio B, Barahona R. 2014. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Rev Colomb Cienc Pecu* 27:76-94.
- Dalzell SA, Shelton HM, Mullen BF, Larsen PH, McLaughlin KG. 2006. *Leucaena: a guide to establishment and management*. Sydney: Meat & Livestock Australia Ltd.
- Ewens N; Gezan, S & Felker, P. 2012. Five Year Field Evaluation of *Prosopis alba* Clones on pH 9–10 Soils in Argentina Selected for Growth in the Greenhouse at Seawater Salinities (45 dS m<sup>-1</sup>). *Forests*, 3: 95-113.
- Jobbagy, EG & Jackson, RB. 2004. Groundwater use and salinization with grassland afforestation. *Global Change Biology* 10:1299-1312.
- Jobbagy, EG & Jackson, RB. 2007. Groundwater and soil chemical changes under phreatophytic tree plantations. *Journal of Geophysical Research - Biogeosciences* 112:G02013.
- Jones, C.A. 1985. C4 grasses and cereals: growth, development and stress response. 1st Ed. Wiley & Sons (Ed). New York. US. 417 p.
- Kaur,B; Gupta, SR; Singh, R. 2002. Carbon storage and nitrogen cycling in silvopastoral systems on a sodic soil in northwestern India. *Agroforestry Systems* 54: 21–29.
- McDowell RW. Environmental impacts of pasture-based farming. London (UK): CAB International; 2008.
- Menezes, RSC; Salcedo, IH; Elliott, ET. 2002. Microclimate and nutrient dynamics in a silvopastoral system of semiarid northeastern Brazil *Agroforestry Systems* 56: 27–38, 2002.
- Nardone A, Ronchi B, Lacetera N, Ranieri MS, Bernabucci U. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest Sci*; 130:57-69.
- Peri, PL; Lucas, RJ; Moot, DJ. 2007. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. *Agroforest Syst* (2007) 70:63–79.
- Pollock, KM; Mead, J; McKenzie, BA. 2009. Soil moisture and water use by pastures and silvopastures in a sub-humid temperate climate in New Zealand. *Agroforest Syst* (2009) 75:223–238.
- Sierra, J ; Dulormne, M ; Desfontaines, L. 2002. Soil nitrogen as affected by *Gliricidia sepium* in a silvopastoral system in Guadeloupe, French Antilles. *Agroforestry Systems* 54: 87–97, 2002.
- Sprent, JI & Parsons, R. 2000. Nitrogen fixation in legume and non-legume trees. *Field Crops Research*. 65 (2): 183-196.
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, de Haan C. 2009. La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y soluciones. Roma (Italia): LEAD – FAO.
- Taleisnik E, Peyrano G, Arias C. 1997. Response of *Chloris gayana* cultivars to salinity. Germination and early vegetative growth. *Tropical grassland*. 31: 232-240.
- Thornton PK, van de Steeg J, Notenbaert AM, Herrero M. 2009. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agr Syst* 2009; 101:113-127.
- Wilson, JR & Ludlow, MM. 1991. The Environment and Potential Growth of Herbage under Plantations. In Shelton, H.M. and Stilr, W.W. (ed). Forages for Plantation Crops. Proceedings of workshop. Sanur Beach. Bali, Indonesia. 27-29 June 1990. ACIAR Proceedings No. 32. 168p.
- Wilson, JR & Wild, DWM. 1991. Improvement of Nitrogen Nutrition and Grass Growth under Shading. In Shelton, H.M. and Stilr, W.W. (ed). Forages for Plantation Crops. Proceedings of workshop. Sanur Beach. Bali, Indonesia. 27-29 June 1990. ACIAR Proceedings No. 32. 168p.

# Crecimiento y desarrollo de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en condiciones de trópico alto

L A Gallego Castro; L Mahecha Ledesma; J Angulo Arizala

## Resumen

El presente estudio propone como objetivo evaluar el crecimiento y producción de biomasa de plantas de botón de oro (*T. diversifolia*) obtenidas mediante estacas (Pes), semilla sexual producidas *in vitro* (Piv) y semilla sexual por siembra directa (Psx), desde su establecimiento hasta el fin de su primer ciclo productivo. Se establecieron 8 parcelas de 20 m<sup>2</sup> cada una por método de siembra, manteniendo condiciones idénticas en cuanto a labores culturales en todos los casos. Se midió desde el corte de uniformización hasta primera cosecha el día 56. Se obtuvieron valores para altura (70.1, 65.3 y 69.9 cm), peso planta completa (1387.8, 1066.6 y 1211.5 gr), peso de tallos (712.9, 551.9 y 625.3 gr), peso de hojas (674.9, 514.8 y 586.3 gr), relación hojas:-tallos (0.95, 0.95 y 0.96) y MS ton/ha/año (19.5, 14.9 y 17.7), para Pes, Piv y Psx, respectivamente. Se encontraron diferencias significativas para peso total y peso de las hojas entre Pes y Piv, pero no entre estas y Psx; no hubo diferencias para altura de la planta, peso de tallos y relación hojas tallos. Inicialmente Piv y Psx presentaron un crecimiento más lento, sin embargo a partir de la semana 4 se notó un mayor crecimiento de Psx y a los 56 días presentaron una altura similar al de Pes sin diferencias significativas. Los resultados obtenidos permiten recomendar el uso de plantas obtenidas mediante semilla sexual por siembra directa en almácigos como método para el establecimiento de cultivos de botón de oro.

**Palabras clave:** forrajeras arbustivas, estacas, semillas, altura, biomasa.

## Growing and development of *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray in tropic high conditions

### Abstract

The aim of this study was to evaluate the growth and biomass production of Mexican sunflower plants (*T. diversifolia*) obtained by cuttings (Pes), sexual seed produced *in vitro* (Piv) and sexual seed by direct seeding (Psx), from its establishment to the end of the first production cycle. 8 plots of 20 m<sup>2</sup> each one were considered maintaining identical conditions. It was carried out measurements from the uniformity cut to the first harvest day (day 56). Results found values for height (70.1, 65.3 and 69.9 cm), whole plant weight (1387.8, 1066.6 and 1211.5 g), weight of stems (712.9, 551.9 and 626.3 g), weight of leaves (674.9, 514.8 and 586.3 g), leaf:stem ratio (0.95, 0.95 and 0.96) and DM ton/ha/year (19.5, 14.85 and 17.7) for Pes, Piv and Psx, respectively. Significant differences for total weight and leaf weight between Pes and Piv were found, but not between these and Psx; there were no differences for plant height, stem and leaf:stems ratio. Initially Piv and Psx showed a slower growth, but from week 4 was noted further growth of Psx showing similar height to Pes at 56 days. The results allow us to recommend the use of sexual seed plants obtained by direct seeding in nurseries as a method for establishing crops of Mexican sunflower.

**Key Words:** forage of shrub, stem cuttings, seeds, height, biomass.

\* Profesores Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo GRICA, Universidad de Antioquia. AA 1126, Medellín, Colombia. luis.gallego@udea.edu.co - liliana.mahecha@udea.edu.co - joaquinangulo@gmail.com

## Introducción

La ganadería basada en el uso de pasturas tropicales comúnmente se caracteriza por la menor productividad en comparación con los sistemas estabulados y con pasturas de zona templada, debido al crecimiento estacional y bajo valor nutritivo del forraje; en trópico alto colombiano es común contar con una base forrajera sustentada en monocultivos de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), con alto uso de fertilizantes nitrogenados (Carvajal et al., 2012) y en general se usan suplementos alimenticios ricos en proteínas y carbohidratos solubles, lo que según Carmona et al., (2005), ha sido asociado con impactos negativos sobre la salud animal y el medio ambiente, dada la mayor actividad fermentativa.

Los sistemas ganaderos tradicionales requieren de una utilización más eficiente de recursos, entre los que se puede contar con el uso de forrajeras arbustivas en la suplementación de los animales (Mahecha et al., 2002); Gallego et al., (2014), definen a la *T. diversifolia* como una alternativa para mejorar las condiciones de manejo y optimizar producción y calidad de la leche en sistemas ganaderos de lechería especializada.

La *Tithonia diversifolia* (Hemsl A. Gray), introducida en el

trópico a nivel mundial (Maina et al., 2012), tiene cualidades que permiten clasificarla como planta forrajera de alto potencial para la producción animal (Gualberto et al., 2010); en Colombia crece desde 0 hasta 2.500 msnm, soportando muy bien amplios rangos de temperatura y precipitación y adaptándose a suelos desde fértiles hasta pobres en nutrientes (Hernández 2011). El desarrollo y velocidad de crecimiento puede variar en función del material usado para su establecimiento, pudiendo ser semilla sexual o estacas, este último método el más común (Jama et al., 2000). A pesar de que el botón de oro se utiliza ya desde hace varios años en la producción de forraje, el proceso para su establecimiento no ha sido ilustrado suficientemente, sobre todo si se considera la semilla sexual como material en la propagación de esta especie forrajera, pudiendo llegar a ser más eficiente que el uso de estacas empleado tradicionalmente. El objetivo de este trabajo fue evaluar crecimiento y producción de biomasa de botón de oro (*T. diversifolia*) durante su primer ciclo productivo, a partir de plantas obtenidas mediante estacas, semilla sexual manejada *in vitro* y semilla sexual por siembra en almácigos.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en la finca Santa Marta, municipio de Guarne (Antioquia, Colombia), a 2456 msnm, con temperatura de 17°C y 1860 mm de precipitación anual; a un lote de 720 m<sup>2</sup>, se realizó análisis de suelos y el terreno se preparó manualmente, previa utilización de un herbicida sistémico. En un banco de material vegetal de botón de oro, ubicado a 2150 msnm en una localidad de la ciudad de Medellín, se obtuvieron tallos de 1 a 1.30 m de longitud, en la finca se cortaron estacas entre 30 y 35 cm, cada una con al menos dos yemas; la siembra se hizo en un terreno definido para ello. La semilla sexual se obtuvo en la región de los Llanos Orientales de Colombia, una parte se utilizó para obtener plantas a partir de semilla purificada y germinada en proceso *in vitro* en un laboratorio local, las plántulas se trasladaron a bolsas de almácigo; la otra parte de la semilla sexual se mezcló con gallinaza en una relación 3:1 (gallinaza:semilla) para aumentar el volumen de material para la siembra, a la vez que aporta materia orgánica al suelo (M.O. 42.5% y N 2.02%) pudiendo ayudar a la germinación de la semilla; la mezcla se estableció directamente en semilleros en un terreno de la finca definido para ello.

Se prepararon 24 parcelas de 20 m<sup>2</sup> cada una, cada parcela constituye una repetición, para un total de 8 repeticiones por tratamiento; pasadas 8 semanas, cuando las plantas presentaban hojas bien desarrolladas, se seleccionaron 288 plantas ob-

tenidas por cada método, estacas (Pes), semillas *in vitro* (Piv) y semillas en almácigos (Psx) y fueron trasladadas a las parcelas experimentales destinadas para ello y plantando 36 plantas por parcela, para una densidad de 1.8 plantas por m<sup>2</sup>; durante el primer mes se revisó que tuvieran el desarrollo adecuado.

Se controlaron las malezas en el área cultivada y a los tres meses de establecido el cultivo se fertilizó con 70 gr de un producto comercial (10-30-10) y 15 gr de una mezcla de micronutrientes. Se hizo seguimiento semanal para observar desarrollo de las plantas y pasados 4 meses se realizó un corte de uniformización a 30 cm de altura en todas las parcelas. Semanalmente, desde la tercera y hasta la octava semana después del corte se midió la altura de las plantas (suelo hasta los primordios foliares). A la semana 8 (56 días) se cortaron y pesaron las plantas, obteniendo el peso completo y por separado de hojas y tallos; se determinó la MS a las plantas completas y se realizó una proyección para estimar la producción de biomasa para cada uno de los métodos de siembra, considerando área y número de plantas en cada parcela experimental y el número de cortes posibles al año (365/56). Los datos fueron analizados mediante SPSS (Statistics 22), realizando ANOVA y probando diferencias entre métodos de siembra mediante prueba Duncan (0.05) para altura, peso completo, peso de hojas, peso de tallos y materia seca en cada uno de los tratamientos.

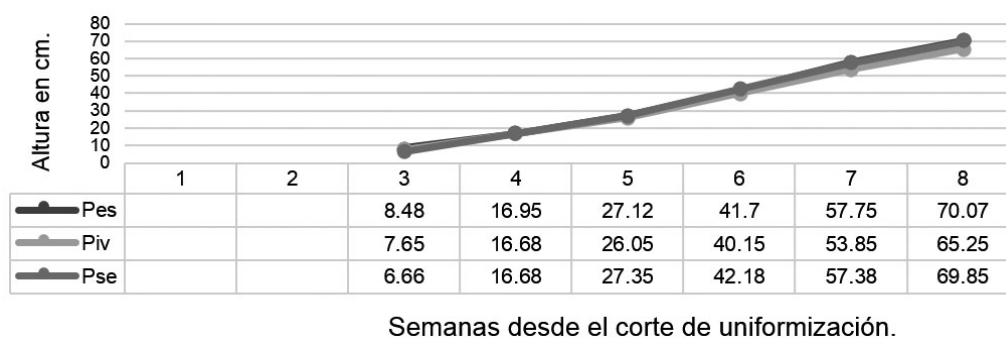


Gráfico 1. Crecimiento promedio semanal (cm) de plantas de botón de oro obtenidas mediante estacas (Pes), manejo *in vitro* (Piv) y semilleros (Pse).

## Resultados

El número de plantas Psx vivas y bien establecidas al mes después del trasplante desde su sitio de siembra al sitio de cultivo definitivo fue mayor que las plantas Pes o Piv; se encontró una sobrevivencia de 100% (288/288 plantas), 94% (271/288 plantas) y 92% (265/288 plantas) para Psx, Pes y Piv, respectivamente.

Las plantas de todos los tratamientos tuvieron un crecimiento lento hasta la 3ª semana después del corte de uniformización; a partir de la 4ª semana su crecimiento se aceleró y a las ocho semanas del corte de uniformización, se obtuvieron alturas promedio de 70.1, 65.3 y 69.9 cm, para Pes, Piv y Psx, respectivamente, sin diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) (gráfico 1). El peso de plantas, tallos y hojas a los 56 días, para cada método de siembra, se observa en la tabla 1; se encontraron diferencias significativas para peso total de la planta y peso de hojas entre Pes y Piv ( $p = 0.043$  y  $p = 0.032$ , respectivamente),

sin diferencias entre Pes y Psx ( $p > 0.05$ ). No se encontraron diferencias significativas para altura de la planta y peso de los tallos ( $p > 0.05$ ).

La relación hojas:tallos medida a la octava semana no arrojó diferencias significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ) (tabla 1).

Se obtuvieron datos de MS de 12.74%, 12.90% y 12.45% para Pes, Piv y Psx, respectivamente, sin diferencia estadística ( $p > 0.05$ ); la producción de biomasa proyectada para cada uno de los métodos de siembra, considerando la densidad de siembra utilizada de 1.8 plantas por metro cuadrado, 6.52 cortes/año y los porcentajes de sobrevivencia obtenidos, arrojó valores de 23.48, 17.66 y 21.81 ton de forraje verde ha por corte para Pes, Piv y Psx, respectivamente; según resultados de MS, significaría una equivalencia de 19.50, 14.85 y 17.70 ton de MS ha año, para Pes, Piv y Psx, respectivamente.

Tabla 1. Altura, peso total, de tallos y hojas de plantas de botón de oro obtenidas mediante estacas (Pes), semilleros (Piv) y manejo *in vitro* (Psx).

	Pes	Piv	Psx
Altura de la planta	70,07 <sup>a</sup>	65,25 <sup>a</sup>	69,85 <sup>a</sup>
Peso total	1387,75 <sup>a</sup>	1066,63 <sup>b</sup>	1211,5 <sup>ab</sup>
Peso de tallos	712,88 <sup>a</sup>	551,88 <sup>a</sup>	625,25 <sup>a</sup>
Peso de hojas	674,88 <sup>a</sup>	514,75 <sup>b</sup>	586,25 <sup>ab</sup>
Relación Hojas:Tallos	0,95 <sup>a</sup>	0,95 <sup>a</sup>	0,96 <sup>a</sup>

Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa (Duncan  $p \leq 0.05$ )

## Discusión

A pesar de que Psx presentó la mayor sobrevivencia de las plantas comparado con Pes y Piv, los resultados obtenidos en los tres tratamientos superan el 90% de sobrevivencia, lo cual demuestra la factibilidad del establecimiento de *T. diversifolia* por los tres métodos. Los resultados obtenidos por estaca en el presente trabajo son mayores a los obtenidos por Lugo et

al., (2013), quienes reportaron sobrevivencia de estacas entre 65% y 82.5 % cuando las estacas recibieron diferentes tratamientos presiembrados; no se conocen reportes científicos de datos obtenidos al trasplantar plantas obtenidas por semilla sexual. La alta sobrevivencia encontrada en *T. diversifolia* puede estar relacionada con el desarrollo radical de esta plan-

ta y según señalan Mahecha y Rosales (2005), por la habilidad de esta especie para absorber y extraer los nutrientes del suelo, permitiendo además un mayor anclaje en poco tiempo, con mayor persistencia durante el establecimiento. La ventaja obtenida en sobrevivencia en Psx respecto a Pes, podría estar asociado a un desarrollo radical más rápido, según Romero et al., (2014), las raíces de las plantas que se obtienen a partir de estacas no llegan a tener tanta longitud, vigor y densidad como las raíces de las plántulas que proceden de semillas. Habría necesidad de ampliar los estudios que permitan entender las diferencias encontradas entre las plantas Psx y Piv.

Los resultados obtenidos en las alturas a las semanas son superiores a las obtenidas por Ruíz et al., (2010), quienes encontraron que durante el período de sequía las plantas mostraron alturas entre 71 y 125 cm a las 16 semanas, aclarando que el período en que se realizó el presente estudio estuvo acompañado de lluvias a un nivel medio (210 mm durante las 8 semanas de estudio); para el día 49 de evaluación, se obtuvieron alturas de 57.8, 53.4 y 57.4 cm para Pes, Piv y Psx, respectivamente, en todos los casos superiores a los reportados por Ríos y Salazar (1995), quienes encontraron alturas entre 45 y 48.5 cm a esta misma edad de corte y 176 y 190 cm, cosechando a 110 días.

El comportamiento en el crecimiento de *T. diversifolia* después del corte de uniformización, en todos los tratamientos coincide con el reportado por Lugo et al., (2012), con un rebrote inicial lento debido a la poca cantidad de área foliar, seguido por un período con un importante aumento en producción de hojas, y luego una fase con incremento en altura y producción de biomasa leñosa de forma más acelerada. Aunque se observa diferente intensidad en el crecimiento de acuerdo con el tratamiento en la semana 3, con ventaja de las plantas sembradas por estaca (Pes) respecto a las sembradas por semilla (Psx y Piv), estas diferencias se nivelan a la 8ª semana, momento en el que se ha recomendado su utilización en sistemas ganaderos; esta nivelación es soportada por la no significancia estadística de los datos. No obstante, a la 8ª semana su desarrollo si presentó diferencias que se vieron reflejadas en la producción de biomasa evaluada, a favor de Pes y Psx. Sería conveniente hacer evaluaciones en cortes sucesivos debido a que en general la primera cosecha de un cultivo presenta rendimientos inferiores a los que se puedan obtener en el futuro, fundamentalmente por el bajo desarrollo radicular y el estado de madurez de las plantas (Medina 2009).

A pesar de haber obtenido diferencias en producción de fo-

rraje y en el número de plantas obtenidas en campo, entre métodos, se considera que, otros factores deberían entrar a incidir en la determinación de cuál método utilizar, entre ellos la calidad nutricional del forraje, la facilidad del proceso en condiciones de campo, los costos relacionados con el mismo, y la masificación de la siembra en campo, aspectos que deberán ser profundizados en próximas investigaciones. En cuanto a la variación en la calidad nutricional es necesario adelantar investigaciones que permitan conocer la incidencia de estos tratamientos. En general la información es escasa referente a factores que afecten la calidad nutricional de esta planta. Manuín (2007), encontró que la frecuencia de corte afecta significativamente la producción de biomasa y el contenido de proteína del forraje de *T. diversifolia*. Referente a la facilidad del proceso en condiciones de campo y los costos relacionados con el mismo, Romero et al., (2014) mencionan que el uso de estacas de *T. diversifolia* conlleva inconvenientes en el transporte por el volumen de material y sobrevivencia durante el mismo. Así mismo, Soudre et al., (2008), indican que la propagación por estaquillas es un proceso más arduo que el uso de semillas y el costo de cada planta podría ser ligeramente mayor. De acuerdo a estos autores se podría inferir que la masificación de la siembra de esta especie sería más apropiada a través de semilla sexual comparada con estacas. Finalmente es importante considerar que aunque en este trabajo los resultados encontrados fueron menores en producción de biomasa con plantas obtenidas mediante germinación in vitro, estas plantas que son obtenidas bajo condiciones controladas de desinfección de semilla y medios de cultivo, podrían ser una alternativa para masificar la siembra y asegurar un producto uniforme para trabajos investigativos y de extensión.

Las proyecciones realizadas en este estudio en producción de materia seca por ha año con base en los resultados obtenidos en un cultivo joven en su primera cosecha, son inferiores a las reportadas por Nieves et al., (2011) quienes mencionan una producción de 55 toneladas de MS ha año, pero mayores a las encontradas por González et al., (2013), quienes reportan producciones entre 10.36 y 13.61 ton de MS ha año, al establecer cultivos mediante el uso de estacas obtenidas de diferentes partes de las plantas; Manuín (2007), reporta para el primer año de establecido el cultivo de *T. diversifolia* una producción de 17,2 ton ha año, siendo muy similares a las obtenidas en el presente estudio. No se conoce un dato sobre la producción de MS en cultivos obtenidos a partir de semilla sexual.

## Conclusiones

En este estudio se evidencia que es factible obtener 100% de sobrevivencia en el establecimiento de *T. diversifolia* en trópico alto a partir de semilla sexual sembrada directamente y luego trasplantada (Psx).

*T. diversifolia* presentó una altura similar a los 56 días posteriores al corte de uniformización por los tres métodos de

establecimiento evaluados.

La producción de forraje total por planta fue similar por Psx y Pes e inferior por Piv. Dadas las condiciones del presente estudio, es posible proyectar por los tres métodos evaluados una producción de materia seca (ton/ha/año) apropiada y promisoría para utilizar en sistemas ganaderos de trópico alto.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Proyecto de Sostenibilidad 2011-2012 (CODI, Universidad de Antioquia) y al proyecto CODI media-na cuantía 2011 Acta CODI 614 del 14/02/12, por el apoyo económico para la ejecución de este trabajo.

## Referencias

- Carmona J., Bolívar D., Giraldo L. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Rev Colomb Cienc Pecu* 18(1), 49-63.
- Carvajal, T., Lamela L., Cuesta A., 2012. Evaluación de las arbóreas *Sambucus nigra* y *Acacia decurrens* como suplemento para vacas lecheras en la Sabana de Bogotá, Colombia. *Rev Pastos y Forrajes* 35(4), 417-430.
- Gallego L., Mahecha L., Angulo J., 2014. Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en la producción de vacas lecheras. *Rev Agron. Mesoam.* 25(2), 393-403.
- Garate M., 2010. Técnicas de propagación por estacas. Tesis Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Ucayali. Ucayali, Perú, pp. 189.
- González D., Ruiz T., Díaz H., 2013. Sección del tallo y forma de plantación: su efecto en la producción de biomasa de *Tithonia diversifolia*. *Rev Cubana Cienc Agr.* 47, 425-429.
- Gualberto R., Souza O., Costa N., Bracciali C., Gaion L., 2010. Influência do espaçamento e do estágio de desenvolvimento da planta na produção de biomassa e valor nutricional de *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray. *Rev. Nucleus* 7(2), 135-149.
- Hernández M., 2011. Cartilla 2 de la región del Sumapaz □ Colombia. Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá Colombia. Pp. 29-56.
- Jama B., Palm C., Buresh R., Niang A., Gachengo C., Nziguheba G., Amadalo B., 2000. *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya a review. *Agrofor Syst* 49, 201-221.
- Lugo S., Molina F., González I., González J., Sánchez E., 2012. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre la producción de materia seca y proteína cruda de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray *Zootecnia Trop.*, 30(4), 317-325.
- Mahecha L., Gallego L., Peláez F., 2002. Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Rev Colomb Cienc Pecu* 15(2), 213-225.
- Mahecha L., Rosales M., 2005. Valor nutricional del follaje de Botón de Oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. *Livestock Res. Rural Dev.* 17(9), 100. URL: <http://www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.htm> (Consultado noviembre 9, 2013).
- Maina I., Abdulrazak S., Muleke C., Fujihara T., 2012. Potential nutritive value of various parts of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) as source of feed for ruminants in Kenya. *J. Food, Agric. Env.* 10(2), 632-635.
- Medina M., García D., González M., Cova L., Moratinos P., 2009. Variables morfoestructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Trop.*, 27(2), 121-134.
- Muoghalu J., Chuba D., 2005. Seed germination and reproductive strategies of *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray and *Tithonia Rotundifolia* (p.m) blake. *Applied Ecology and Environmental Research* 3(1), 39-46.
- Nieves D., Terán O., Cruz L., Mena M., Gutiérrez F., Ly J., 2011. Digestibilidad de nutrientes en follaje de árnicia (*Tithonia diversifolia*) en conejos de engorde. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 309-314. URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93915703030> (consultado 9 Nov. 2013).
- Parrota J., 1992. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit *Leucaena, tantan*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. Pp. 8.
- Ríos C., Salazar A., 1995. Botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray) una fuente proteica alternativa para el trópico *Livestock Research for Rural Development* 6(3), March 1995.
- Ruiz T., Febles G., Torres V., González J., Achang G., Sarduy L., Díaz H., 2010. Evaluación de materiales recolectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la zona centro-occidental de Cuba. *Rev Cubana de Cienc Agr*, 44(3), 291-296.
- Salazar A., 1992. Evaluación agronómica del “botón de oro” (*Tithonia diversifolia*) (familia compuesta) y el “pinocho” o “resucitado” (*Malvaviscus penduliflorus*) (familia malvaceae). En: Informe de becarios II semestre de 1991 y I semestre 1992 de la Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria Cali. pp. 27-31.
- Soudre M., Mesen F., del Castillo D., Guerra H., 2008. Memoria del curso internacional “Bases técnicas para la propagación vegetativa de árboles tropicales mediante enraizamiento de estaquillas” IIAP, Pucallpa. Perú. Pp. 100.

# Produtividade e características químicas da forrageira *Tithonia diversifolia*

L. H. F. Calsavara<sup>1</sup>; R. S. Ribeiro<sup>1</sup>; S. R. e Silveira<sup>1</sup>; G. Delarota<sup>1</sup>; D. S. Freitas<sup>1</sup>; J. P. Sacramento<sup>1</sup>; D. S. C. Paciullo<sup>2</sup>; A. P. Madureira<sup>1</sup>; R. M. Maurício<sup>1</sup>

## Resumo

Avaliou-se a forrageira *Tithonia diversifolia* (Asteraceae), para a nutrição de ruminantes, devido seu potencial para produção de biomassa e pela capacidade de desenvolver em solos ácidos e de baixa fertilidade. Foram quantificadas a produção e a composição química em dois estádios de maturação, emborrachamento e pré-floração (Brasil). As coletas de *T. diversifolia* foram realizadas em 8 locais, em 4 repetições e em 2 estádios de maturação, sendo avaliadas a produção de matéria verde (PMV), e matéria seca (PMS), relação folha:caule (RF:C), teores de MS, matéria mineral (MM), proteína (PB), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), extrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos totais (CHT), lignina (LIG) e nutrientes digestíveis totais (NDT). No emborrachamento, as PMV, PMS e RF:C foram superiores à pré-floração. O estágio de pré-floração promoveu o aumento nos teores de MS, PIDN, PIDA, FDN, FDA, CHT e reduziu as concentrações de PB e MM. Os resultados experimentais indicam o potencial de inclusões de *T. diversifolia* na dieta de ruminantes principalmente no estágio de emborrachamento.

**Palavras-chaves:** Asteraceae, forragem, bovinos

# Productivity and chemical characteristics of *Tithonia diversifolia* forage

## Abstract

This study evaluated the *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) forage harvested for the nutrition of ruminants, due to its potential for biomass production and the ability to develop in acid soils and low fertility. The production and chemical composition were quantified in two stages of maturation, booting and pre-flowering (Brazil). *T. diversifolia* were harvested in eight locations, in four replicates and in two stages of maturation and it was evaluated the production of green matter (PGM) and dry matter (PDM), leaf:stem ratio (LSR), levels of dry matter (DM), mineral material (MM), crude protein (CP), neutral and acid detergent insoluble protein (NDIP and ADIP respectively), neutral and acid detergent fiber (NDF and ADF respectively), hemicellulose (HEM), cellulose (CEL), ether extract (EE), carbohydrates not fibrous (CNF), total carbohydrates (CHO), lignin (LIG) and total digestive nutrients (TDN). On booting, the PGM, PDM and LSR were higher than the pre-flowering. The pre-flowering stage promoted the increase in the levels of DM, NDIP, ADIP, NDF, ADF, CHO contents and reduced the concentrations of CP and MM. The experimental results indicate the potential of inclusions of *T. diversifolia* in the ruminants diet, mainly in the booting stage.

**Key-words:** Asteraceae, forage, cattle

<sup>1</sup> Universidade Federal de São João Del-Rei - MG - São João Del-Rei, MG <sup>2</sup>Embrapa Gado de Leite - Juiz de Fora, MG - rogeriomaurocio@ufsj.edu.br

## Introdução

A *T. diversifolia* pertencente à família Asteraceae pode ser encontrada em diferentes altitudes, desde o nível do mar até 2.500 metros de altitude e índices pluviométricos que variam de 800 a 5.000 mm e temperaturas entre 20 e 27° C (Partey et al., 2011). Sobrevive em diversos tipos de solo, inclusive naqueles ácidos com saturação mediana de alumínio e baixo conteúdo de fósforo (Nziguheba et al., 2002). Quanto aos teores de PB da *T. diversifolia* variaram de 14,8 a 28,8% (Navarro e Rodrigues, 1990) FDN ao redor de 35,4% e FDA 30,4%, segundo Rosales (1996). Vários foram os estudos que avaliaram a multifuncionalidade da *T. diversifolia* e seu potencial forrageiro na nutrição de animais monogástricos

e ruminantes (Rivera et al., 2010). Entretanto, o potencial forrageiro desta espécie (produção de matéria verde e seca, características químicas) ainda não foi avaliado nas condições edafoclimáticas brasileiras. Sendo assim este estudo teve como objetivo avaliar as características produtivas da forrageira *T. diversifolia*, como PMV, PMS e RF:C em dois estádios de maturação, emborrachamento e pré-floração, além das características químicas (PB, FDN, FDA, HEM, CEL, CHT, CNF, EE, MM, PIDN, PIDA e LIG) da planta inteira (PI) e das frações folha (FO) e caule (CA). Foi também estimado o NDT nas frações PI e FO, nos dois estádios de maturação.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido no município de São João del-Rei (Latitude: 21°05' 11" S, Longitude: 044° 13' 33" W e altitude de 950 m), Minas Geras, Brasil. As coletas de *T. diversifolia* foram realizadas em oito locais, onde as plantas ocorrem naturalmente, em quatro repetições e em dois estádios de maturação, emborrachamento e pré-floração. Quando 80% das plantas a serem amostradas estavam no estádio do emborrachamento, foi realizada a primeira coleta, seguida da segunda coleta quando 80% as plantas se encontravam em estádio de pré-floração. Para determinar a PMV ( $t\ ha^{-1}$  de MV), utilizou-se um quadrado metálico ( $1m^2$ ). Todas as plantas que se encontravam dentro dessa área foram cortadas a uma altura de 80 cm a partir do ápice, simulando o pastejo do animal ou corte. Os solos amostrados evidenciaram acidez ativa, pH en-

tre 4,5 e 6,2 e teores de fósforo e potássio classificados como baixo e médio respectivamente.

A composição química da forrageira *T. diversifolia* foi realizada segundo AOAC (1990). Foram considerados para as variáveis produtivas e químicas (planta inteira e frações folha e caule) como efeito fixo, os estádios de maturação (emborrachamento e pré-floração). O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial  $8 \times 4 \times 2$ , com oito locais de coleta considerados como bloco, quatro repetições (número de coletas em cada local) e dois estádios de maturação. As médias entre tratamentos foram estimadas utilizando-se o LSMEANS (médias de quadrados mínimos), e a comparação entre elas, quando necessária, realizada por meio da probabilidade da diferença (PDIF), pós-teste de Tukey.

## Resultados e discussão

As PMV e PMS da forrageira *T. diversifolia* foram diferentes ( $P<0,05$ ) para cada estádio de maturação avaliado (Tabela 1), sendo superiores no estádio de emborrachamento (67,2 e 45,6% respectivamente) em relação à produção da pré-floração. Esses valores foram superiores aos encontrados por Ríos (1998), que variaram de 21,2 a 31,4  $t\ ha^{-1}$  de MV. Quanto à PMS, os valores médios encontrados nesta pesquisa comparados ao valor obtido por Partey et al. (2011), 7,2  $t\ ha^{-1}$  de MS no espaçamento de  $1 \times 1\ m$ , foram superiores no emborrachamento e inferiores na pré-floração.

Quanto à RF:C, houve diferença ( $P<0,05$ ) entre os estádios de maturação (Tabela 1). A RF:C no emborrachamento foi 18,9% superior à pré-floração, indicando a maior participação das folhas no primeiro estádio. Tal fato pode justificar as maiores ( $P<0,05$ ) PMV ( $t\ ha^{-1}$ ) e de PMS ( $t\ ha^{-1}$ ) obtidas no emborrachamento, em comparação à pré-floração (Tabela 1). Em relação à composição química, somente não foi observado efeito do estádio de maturação ( $P>0,05$ ) para os teores de HEM, EE e CNF. Para todas as demais variáveis, ocorreram diferenças ( $P<0,05$ ) entre os estádios (Tabela 2).

Tabela 1 - Produção de matéria verde (PMV;  $t\ ha^{-1}$ ) e de matéria seca (PMS;  $t\ ha^{-1}$ ) e relação folha:caule (RF:C) da *T. diversifolia* em dois estádios de maturação

	Estádios de maturação			
	Emborrachamento	Pré-floração	EP	P
PMV	41,3	24,7	2,9	0,0002
PMS	8,1	5,6	0,593	0,0037
RF:C	1,51	1,27	0,071	0,0001

Diferem estatisticamente quando  $P<0,05$  na comparação entre estádios de maturação. EP, erro padrão da média.



Tabela 2 - Composição química da *T. diversifolia*, planta inteira (PI) e frações folha (FO) e caule (CA), em dois estádios de maturação

PI				
Estádios de maturação				
	Emborrachamento	Pré-floração	EP	P
MS	200,2	223,8	3,6	0,0001
MM	113,2	93,2	2,2	0,0001
PB	164,7	149,1	5,1	0,0350
PIDN	86,1	98,5	3,9	0,0273
PIDA	40,4	68,1	2,2	0,0001
FDN	475,7	520,3	9,0	0,0009
FDA	332,6	364,1	4,4	0,0001
HEM	143,1	156,2	7,3	0,2088
CEL	268,0	187,1	3,8	0,0001
EE	15,7	15,3	0,5	0,6265
CNF	323,4	330,3	10,6	0,6453
CHT	706,1	743,0	6,8	0,0003
LIG	134,2	177,4	3,5	0,0001
FO				
MS	194,6	207,5	3,2	0,0060
MM	142,4	124,5	2,2	0,0001
PB	225,5	223,2	4,8	0,7331
PIDN	141,6	143,9	4,2	0,7102
PIDA	85,4	102,9	3,5	0,0008
FDN	410,0	448,2	7,3	0,0005
FDA	261,5	306,7	5,3	0,0001
HEM	162,9	141,6	9,1	0,1036
CA				
MS	202,5	246,0	5,0	0,0001
MM	64,0	48,6	2,0	0,0001
PB	76,6	60,2	3,5	0,0001
PIDN	28,5	28,6	0,99	0,0778
PIDA	16,5	26,0	1,7	0,0002
FDN	651,9	608,2	7,8	0,0002
FDA	514,1	462,7	7,3	0,0001
HEM	137,8	145,5	7,4	0,1165

Diferem estatisticamente quando  $P < 0,05$  na comparação entre estádios de maturação. MS - Matéria seca; MM -. Todas as variáveis estão expressas em (g/kg de MS). EP, erro padrão da média.

A *T. diversifolia* mostrou aumento ( $P < 0,05$ ) nos teores de MS com o avanço da maturidade nas três frações estudadas (PI, FO e CA). Os acréscimos nas concentrações de MS na pré-floração foram de 12, 7 e 21% em PI, e nas frações FO e CA respectivamente (Tabela 2). Embora o comportamento tenha sido semelhante para todas as frações, nota-se que na fração FO ocorreu o menor aumento de MS, provavelmente, em função da menor perda de umidade (McDonald et al., 1991).

A maior proporção de folhas na PI permite inferir a maior disponibilidade de PB, visto que seus teores na fração folha,

independentemente do estágio, foram superiores aos teores da fração caule (Tabelas 1 e 2). No entanto, com o avanço da maturação da forrageira, houve aumento da concentração de PIDA de 68,6%. A PIDA é considerada a fração C, variável indigestível no trato gastrointestinal (Pichard e Van Soest, 1977). Ademais, a fração C não pode ser degradada pelas bactérias ruminais e não promove disponibilidade de aminoácidos pós-ruminal (Sniffen et al., 1992). Na PI, o maior teor de PB foi encontrado no estágio emborrachamento, valor 10,5% superior ao encontrado na pré-floração (Tabela 2). Shayo e Udén (1998), avaliando 28 espécies arbóreas e arbustivas,

dentre elas a *T. diversifolia*, obtiveram concentração média de PB de 186 g/kg de MS, valor esse muito próximo do encontrado no estágio do emborrachamento. Entretanto, Navarro e Rodrigues (1990), encontraram teores de PB entre 287 e 148 g/kg MS para os estádios crescimento avançado (30 dias de rebrota) e pós-floração (89 dias de rebrota) respectivamente. Baseando-se nos teores de PIDA (fração C), é possível inferir que 24,5 e 45,7% da PB observada na forrageira *T. diversifolia* são indigestíveis nos estádios emborrachamento e pré-floração respectivamente (Tabela 2). Com a menor participação das folhas na pré-floração, provavelmente, ocorreu redução da disponibilidade de proteína digestiva. Isso porque, com o envelhecimento da forrageira, os teores da PIDA foram 68,6% superiores aos do primeiro estágio. Shayo e Udén (1998) estimaram o valor da PIDN na *T. diversifolia*, e a concentração encontrada foi inferior à obtida nesta pesquisa. A subfração B<sub>3</sub>, segundo Sniffen et al. (1992), é obtida entre a diferença da PIDA e da PIDN. Essa subfração reduziu em todas as frações avaliadas. Em PI, a queda foi de 45,7 para 30,4 g/kg MS; em FO, de 56,2 para 41 g/kg MS; em CA, de 12 para 2,6 g/kg MS nos estádios do emborrachamento e pré-floração respectivamente.

Os teores de FDN e FDA foram superiores ( $P<0,05$ ) no estágio da pré-floração. Shayo e Udén (1998) relataram teores de FDN da *T. diversifolia* (PI) de 551 g/kg de MS, valor numericamente superior ao encontrado neste trabalho. Os teores de FDN e FDA da *T. diversifolia* obtidos nesta pesquisa foram inferiores aos das leguminosas, *Arachis pintoi* (525 e 358 g/kg MS) e *Stylosanthes guianensis* (637 e 501 g/kg MS).

Os teores de HEM, carboidrato constituinte da parede celular, fermentável no trato gastrointestinal, não diferiram ( $P>0,05$ ) entre os estádios de maturação na PI e nas frações FO e CA. Os teores da CEL foram superiores ( $P<0,05$ ) no estágio do emborrachamento, contrariando o fato de que com o avanço da maturidade ocorre o espessamento da parede celular (Wilson, 1997). Os níveis de CNF não diferiram ( $P>0,05$ ) entre os estádios de maturação. Entretanto, os valores médios dos CT foram superiores na pré-floração. Isso porque, principalmente, os valores médios de PB e MM foram inferiores nesse estágio. Em relação às concentrações de lignina, com o avanço da maturação da forrageira *T. diversifolia*, ocorreu um aumento ( $P<0,05$ ) na concentração deste componente de 32,19%.

Na fração folha (FO), não foi observado efeito do estágio de maturação ( $P>0,05$ ) para os valores de PB, PIDN, FDN e HEM (Tabela 2). Para todas as demais variáveis, ocorreram diferenças ( $P<0,05$ ) entre os estádios. Já para a fração CA,

apenas para as variáveis PIDN e HEM não foram observados efeitos ( $P>0,05$ ) de maturidade (Tabela 2). Os teores de MS das frações FO e CA aumentaram ( $P<0,05$ ) com o avanço da maturação (Tabela 2). Os teores de MM das frações FO e CA reduziram ( $P<0,05$ ) com o avanço da idade da forrageira (Tabela 2). Entretanto, os teores de MM encontrados na fração FO, mesmo na pré-floração, foram superiores à fração CA, sugerindo uma maior participação de minerais nas folhas. Desta forma, nota-se que a maturidade promoveu maiores alterações na qualidade nutricional das variáveis da fração CA em relação a FO.

Com relação à concentração da PIDN, não houve efeito ( $P>0,05$ ) de maturação nas frações FO e CA (Tabela 5). No entanto, a subfração B<sub>3</sub> decresceu com o avanço da maturidade, provavelmente, devido ao aumento da PIDA, reduzindo a disponibilidade da proteína lentamente degradável no rúmen. A variável PIDA aumentou ( $P<0,05$ ) no estágio da pré-floração. Os teores da fração C representam 37,9 e 46,1% da PB nos estádios do emborrachamento e pré-floração respectivamente. Embora os teores da PB não tenham variado com o avanço da maturidade, percebe-se que, com o aumento da PIDA, houve uma diminuição da disponibilidade desse nutriente. Tal fato indica que o envelhecimento promoveu redução da qualidade da PB. Na fração CA, nota-se que o avanço da maturação promoveu redução ( $P>0,05$ ) da PB e aumento da PIDA (Tabela 2). Comparativamente, nessa fração encontra-se o menor valor de PB, independentemente do estágio. Desta forma quanto maior a participação da fração CA na nutrição de ruminantes menor a qualidade da forrageira *T. diversifolia*.

Na fração FO, o período de colheita não teve efeito ( $P>0,05$ ) sobre a FDN (Tabela 2). Por outro lado, na fração CA, houve redução ( $P<0,05$ ) da concentração da FDN com o envelhecimento da planta. Os valores médios da FDN obtidos na fração FO foram inferiores quando comparados aos teores de FDN descritos por Shayo e Udén (1998) em folhas de *Acacia mangium* (471 g/kg de MS) e superiores aos das *Gliricidia sepium* (391 g/kg de MS). O estágio de maturação teve efeito significativo ( $P<0,05$ ) nos teores da FDA das frações FO e CA (Tabela 5). Na fração FO, o envelhecimento provocou acréscimo nos valores da FDA. Já na fração CA, os valores de FDA foram menores ( $P<0,05$ ) na pré-floração. Comparativamente, a presença de FDA foi inferior na fração FO, indicando a superioridade nutricional em relação ao CA.

Na PI, os valores médios estimados para o NDT foram superiores ( $P<0,05$ ) no estágio do emborrachamento (Tabela 3). Segundo Mertens (1987), a concentração em FDA está co-

Tabela 3 - Nutrientes digestíveis totais (NDT) da *T. diversifolia*, planta inteira e fração folha, em dois estádios de maturação

Fração	Estádios de maturação			
	Emborrachamento	Pré-floração	EP	P
Planta inteira	63,8	61,3	0,5155	0,009
Folha	67,6	65,4	0,4156	0,005

Diferem estatisticamente quando  $P<0,05$  na comparação entre estádios de maturação. EP, erro padrão da média.

relacionada com a digestibilidade, ou seja, com o avanço da maturidade ocorreu aumento nos teores de FDA nas frações PI e FO e, consequentemente, redução da disponibilidade de NDT. As concentrações de NDT da *T. diversifolia*, PI em es-

tágio de emborrachamento foram superiores aos relatados por Valadares Filho et al. (2001) para silagem de sorgo (59,5%), similar à silagem de milho (63,03%).

## Conclusões

A elevada produção de forragem associada à composição química da *T. diversifolia* potencializa essa espécie como fon-

te de volumoso para nutrição de ruminantes, principalmente quando colhida no estágio de emborrachamento.

## Agradecimentos

FAPEMIG-PPM, CAPES-PVE, CNPq, EMBRAPA-Rumem Gases, CAPES-EMBRAPA, DEPEB, UFSJ e EMATER – MG.

## Bibliografia

- Association of official analytical chemists – AOAC. 1990. Official methods of analysis, 15th ed. Arlington, VA, USA.
- Mertens, D.R., 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*. 64, 1548-1558.
- McDonald, P., Henderson, A.R., Heron, S., 1991. The biochemistry of silage, Chalcombe. Marlow, pp 340.
- Navarro, F., Rodríguez, E.F., 1990. Estudios de algunos aspectos bromatológicos de Mirassol (*Tithonia diversifolia* Hemsl y gray) como posible alternativa de alimentación animal. Tesis Universidad del Tolima, Tolima, Colombia.
- Nziguheba, G., Merckx, R., Palm, C.A., Mutuo, P., 2002. Combining *Tithonia diversifolia* and fertilizers for maize production in a phosphorus deficient soil in Kenya. *Agroforestry Systems*. 55, 165–174.
- Partey, S.T., 2011. Effect of pruning frequency and pruning height on the biomass production of *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray. *Agroforestry Systems*. 83, 181–187.
- Pérez, A., Montejo, I., Iglesias J.M., López, O., Martín, G.J., García, D.E., Milián, I., Hernández, A., 2009. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes*. 32, 1-15.
- Pichard, D.G., Van Soest, P.J., 1977. Protein solubility of ruminant feeds. *Proc. Cornell Nutr. Conf. Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, NY*.
- Ríos C. I., 1998. *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. In: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica < <http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/agrofor1/Rios14.htm> >
- Rivera, R.U, García, J.R.S., Mex, J.G.E., Chuc, F., Lorca, J. A.R., Lara, P.E.L., 2010. Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. *Agroforest System*. 80, 295–302.
- Rosales, M., 1996. *In vitro* assesment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees. Tesis University of Oxford, Oxford, UK.
- Shayo, C.M., Udén, P., 1998. Nutritional uniformity of crude protein fractions in some tropical browser plants estimated by two *in vitro* methods. *Animal Feed Science and Technology*. 78, 141-151.
- Sniffen, C.J., O’Conner, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russel, J.B., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*. 70, 3562-3577.
- Valadares Filho, S.C., Silva, F.F. da., Rocha Jr. V. R., Capelle, E. R., 2001. Tabelas de composição de alimentos e exigências nutricionais para bovinos no Brasil. II Simpósio de produção de gado de corte. Suprema Gráfica e Editora Ltda, Viçosa, Brasil.
- Wilson, J.R., 1997. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. In: simpósio internacional sobre produção animal em pastejo. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, pp. 173-208

# Cinética de fermentação *in vitro* da forrageira *Tithonia diversifolia*

L. H. F. Calsavara<sup>1</sup>; R. S. Ribeiro<sup>1</sup>; S. R. e Silveira<sup>1</sup>; G. Delarota<sup>1</sup>; D. S. Freitas<sup>1</sup>; J. P. Sacramento<sup>1</sup>, D. S. C. Paciullo<sup>2</sup>; A. P. Madureira<sup>1</sup>, R. M. Maurício<sup>1</sup>

## Resumo

Avaliou-se a forrageira *Tithonia diversifolia* (Asteraceae), para a nutrição de ruminantes, devido seu potencial para produção de biomassa e capacidade de desenvolver em solos ácidos e de baixa fertilidade. As coletas de *T. diversifolia* foram realizadas em oito locais, em quatro repetições e em dois estádios de maturação (emborrachamento e pré-floração). Entretanto, para este estudo, foi selecionado aleatoriamente um único local para este experimento. Avaliou-se por meio de técnica *in vitro* a cinética de fermentação, a degradabilidade da MS (DMS), em dois estádios de maturação (emborrachamento e pré-floração), associadas a cinco níveis de inclusão de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (0, 25, 50, 75 e 100%). A produção acumulativa de gases (PCG) e DMS não diferiram entre os estádios de maturação para o mesmo período de incubação. As DMS dos tratamentos incluindo *T. diversifolia* foram inferiores aos teores da gramínea pura apesar das similaridades dos resultados obtidos a partir de 48h de fermentação. Os resultados experimentais indicam o potencial de inclusões de *T. diversifolia* na dieta de ruminantes.

**Palavras chaves:** Asteraceae, forragem, *in vitro*, bovinos

# Kinetics of fermentation *in vitro* da forage *Tithonia diversifolia*

## Abstract:

This study evaluated the *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) as a forage for the nutrition of ruminants, due to its potential for biomass production and the ability to develop in acid soils and of low fertility. The *T. diversifolia* samples were harvested in eight locations, in four replicates and in two stages of maturation (booting and pre-flowering) being selected, at random, only one place for this experiment. It was evaluated the *in vitro* kinetics of fermentation, the DM degradability (DMD) in 2 stages of maturation (booting and pre-flowering), associated with 5 levels of inclusion of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (0, 25, 50, 75, 100%). The cumulative gas production (CGP) and DMD were not affected by maturation stages for the same period of incubation. The DMD including the *T. diversifolia* were lower compared to pure grass, although the similarity of the results obtained after 48 hours of fermentation. The experimental results indicate the potential of *T. diversifolia* as a component of the diet for ruminants.

**Key words:** Asteraceae, forage, *in vitro*, AGV, cattle

<sup>1</sup> Universidade Federal de São João Del-Rei - MG - São João Del-Rei, MG <sup>2</sup> Embrapa Gado de Leite - Juiz de Fora, MG rogeriomaucio@ufsj.edu.br

## Introdução

A *T. diversifolia* é uma espécie herbácea-arbustiva, muito ramificada, que pode atingir de 1,5 a 4m de altura (Pérez et al., 2009). Trata-se de uma das dez espécies do gênero *Tithonia* originárias da América Central (Salazar, 1992), pertence à Família – Asteraceae; Gênero – *Tithonia*; e Espécie – *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (Souza, 2008). Embora a origem da *Tithonia diversifolia* seja restrita à América Central, a espécie é amplamente difundida na região tropical do mundo, presente em diferentes continentes (Pérez et al., 2009). A *T. diversifolia* pode ser encontrada em diferentes altitudes, desde o nível do mar até 2.500 metros de altitude e índices pluviométricos que variam de 800 a 5.000 mm e temperaturas entre 20 e 27° C (Partey et al., 2011). Sobrevida em diversos tipos de solo, inclusive naqueles ácidos com saturação mediana de alumínio e baixo conteúdo de fósforo (Nziguheba et al., 2002). A *T. diversifolia* pode ser

propagada de duas formas, sexuada (sementes) e assexuada (estacas). Quanto aos teores de proteína bruta *T. diversifolia* variaram de 14,8 a 28,8% (Navarro e Rodrigues, 1990) e teores de FDN ao redor de 35,4% e FDA 30,4%, segundo Rosales (1996). Vários foram os estudos que avaliaram a multifuncionalidade da *T. diversifolia* e seu potencial forrageiro na nutrição de animais monogástricos e ruminantes (Rivera et al., 2010). Entretanto, a descrição da cinética de fermentação ruminal desta espécie bem como a DMS ainda não foram avaliadas nas condições edafoclimáticas brasileiras. Sendo assim, este estudo teve como objetivo avaliar por meio da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (Mauricio et al., 1999) o efeito da associação desta espécie, colhida em dois estádios de maturação, a forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob a cinética de fermentação e DMS.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido no município de São João del-Rei (Latitude: 21°05' 11" S, Longitude: 044° 13' 33" W e altitude de 950 m), mesorregião do Campo das Vertentes, região centro-sul do Estado de Minas Geras, Brasil. As coletas de *T. diversifolia* foram realizadas em oito locais, onde as plantas ocorrem naturalmente, em quatro repetições e em dois estádios de maturação, emborrachamento e pré-floração. Quando 80% das plantas a serem amostradas estavam no estágio fisiológico de emborrachamento, foi realizada a primeira coleta, seguida da segunda coleta quando 80% as plantas se encontravam em estágio de pré-floração. Uma amostra, das oito coletadas, foi selecionada de forma aleatória para utilização neste experimento *in vitro*. A cinética de fermentação e a degradabilidade ruminal da *T. diversifolia* foram avaliadas pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (Mauricio et al., 1999), nos estádios de maturação (emborrachamento e pré-floração) e em cinco níveis de inclusão de *B. brizantha* cv. Marandu (0, 25, 50, 75 e 100%). As leituras de

pressão e volume foram realizadas as 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 34, 48, 72 e 96 horas e a degradabilidade *in vitro* da matéria seca foi determinada por gravimetria as 6, 12, 48 e 96 horas.

O ensaio de fermentação *in vitro* foi conduzido com delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (2 x 5 x 15). Os efeitos principais foram compostos pelos estádios de maturação (emborrachamento e pré-floração), níveis de adição (0, 25, 50, 75 e 100%) da forrageira *T. diversifolia* e tempo de incubação (2 - 96 horas), sendo que a interação tripla entre esses fatores não foi significativa e, portanto, retirada do modelo final. As avaliações químico-bromatológicas da *T. diversifolia*, em dois estádios de maturação e em cinco níveis de inclusão de *B. brizantha* cv. Marandu foram submetidas à análise de variância seguindo um delineamento inteiramente casualizado. A diferença entre os tratamentos foi avaliada utilizando-se o LSMEANS (médias de quadrados mínimos) e pós-teste de Tukey.

## Resultados e discussão

Para a composição químico-bromatológica da *T. diversifolia* (nível 0% de inclusão de *B. brizantha* cv. Marandu), foi observado efeito do estágio ( $P<0,05$ ) somente para a variável PB. Para as variáveis FDN, FDA e HEM, não houve efeito de maturação (Tabela 1). O maior teor de PB foi encontrado no estágio emborrachamento, valor 42% superior ao encontrado na pré-floração. Verifica-se também que apenas no emborrachamento os teores de PB da *T. diversifolia* foram superiores ( $P<0,05$ ) aos da *B. brizantha* cv. Marandu. No emborrachamento, os níveis crescentes de inclusões da gramínea reduziram linearmente as concentrações de PB, fato não encontrado na pré-floração. Entretanto, os níveis de PB e fibra (FDN) encontrados neste trabalho, mesmo com alta inclusão da gramínea, atenderam os valores estipulados por Van

Soest (1994) para o funcionamento eficiente do rumem, ou seja, mínimo de 70 g/kg MS de PB e níveis de fibra não superiores a 600 g/kg MS. As concentrações de FDN e HEM apresentaram-se inferiores ( $P<0,05$ ) na *T. diversifolia* em relação à *B. brizantha* cv. Marandu e não variaram em virtude do estágio de maturação. A adição de *T. diversifolia* a *B. brizantha* cv. Marandu proporcionou aumento linear das variáveis FDN e HEM, frações lentamente degradáveis.

Não houve diferença ( $P>0,05$ ) para a produção acumulativa de gases (PAG) entre os estádios de maturação para o mesmo período de incubação (Tabela 2), apesar da superioridade numérica da PAG na pré-floração em relação ao emborrachamento. A maior PAG na pré-floração implica, provavelmente, maior fermentação

Area 1: Produção agropecuária y forestal en los sistemas silvopastoriles y agroforestales

Tabela 1 - Composição química (g/kg MS) da *Tithonia diversifolia*, em dois estádios de maturação, em cinco níveis de inclusão de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (0, 25, 50, 75 e 100%)

	Estádios	Níveis de inclusão de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu					Regressão linear	R <sup>2</sup>
		0	25	50	75	100		
PB	Emborrachamento	166,1 <sup>ab</sup>	156,3 <sup>ab</sup>	146,5 <sup>bc</sup>	136,7 <sup>bc</sup>	126,6 <sup>c</sup>	y= -0,39x + 166,11	61,5
	Pré-floração	117,2 <sup>ab</sup>	119,7 <sup>ab</sup>	122,1 <sup>ab</sup>	124,5 <sup>a</sup>	126,6 <sup>a</sup>	y= 0,10x + 117,20	31,9
FDN	Emborrachamento	450,1 <sup>ea</sup>	498,5 <sup>da</sup>	546,9 <sup>ca</sup>	595,4 <sup>ba</sup>	643,6 <sup>a</sup>	y= 1,94x + 450,15	94,0
	Pré-floração	446,5 <sup>ea</sup>	495,9 <sup>da</sup>	545,2 <sup>ca</sup>	594,5 <sup>ba</sup>	643,6 <sup>a</sup>	y= 1,97x + 446,60	96,7
FDA	Emborrachamento	386,3 <sup>a</sup>	379,2 <sup>a</sup>	372,0 <sup>a</sup>	364,8 <sup>a</sup>	357,9 <sup>a</sup>	y= -0,29x + 386,32	37,6
	Pré-floração	383,5 <sup>a</sup>	377,0 <sup>a</sup>	370,5 <sup>a</sup>	364,1 <sup>a</sup>	357,9 <sup>a</sup>	y= -0,26x + 383,40	52,8
HEM	Emborrachamento	63,8 <sup>ea</sup>	119,4 <sup>da</sup>	174,9 <sup>ca</sup>	230,6 <sup>ba</sup>	286,3 <sup>a</sup>	y= 2,22x + 63,80	98,5
	Pré-floração	63,1 <sup>ea</sup>	118,8 <sup>da</sup>	174,6 <sup>ca</sup>	230,4 <sup>ba</sup>	286,3 <sup>a</sup>	y= 2,22x + 63,03	99,1

PB - Proteína bruta; FDN - Fibra em detergente neutro; FDA - Fibra em detergente ácido; HEM - Hemicelulose. Todas as variáveis estão expressas em (g/kg de MS). Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem estatisticamente na comparação entre linhas (Estádio) e médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem estatisticamente na comparação entre colunas (Níveis de inclusão), com nível de significância de 5%.

da fração fibrosa. Nos períodos de seis e 12 horas, não foram verificadas diferenças (P>0,05) na PAG entre os estádios de maturação da *T. diversifolia* nem entre os níveis de inclusão de *B. brizantha* cv. Marandu (Tabela 2). Por outro lado, no período de incubação de 48 a 96 horas, não houve diferenças (P>0,05) entre os estádios, mas sim entre os níveis de inclusão nos dois estádios de maturação. Nota-se que os acréscimos das inclusões de *B. brizantha* cv. Marandu promoveram aumento da PAG, possivelmente, em virtude da maior concentração de carboidratos e HEM presentes na gramínea em relação à *T. diversifolia*. Segundo Blümmel e Ørskov (1993), a produção de gases é oriunda basicamente da fermentação de carboidratos. Observa-se que não foi encontrada variação significativa entre a *B. brizantha* cv. Marandu (100%) apenas para a combinação 25% de *T. diversifolia* e 75% de *B. brizantha* cv. Marandu. Isso se dá, provavelmente, em virtude do sinergismo entre o processo de fermentação das

forrageiras a partir do tempo de 48h de fermentação.

No emborrachamento, a partir de 48 horas, a combinação 25% de *T. diversifolia* e 75% de *B. brizantha* cv. Marandu produziu maior volume de gases (P>0,05) do que a *T. diversifolia* (100%) e as combinações geradas mediante as inclusões de 25 e 50% de *B. brizantha* cv. Marandu. Já na pré-floração, observa-se que no período de 48 horas não houve efeito de inclusão entre as combinações 0, 25, 50 e 75% de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Entretanto, biologicamente, há superioridade numérica da combinação 25% de *T. diversifolia* e 75% de *B. brizantha* cv. Marandu em relação às demais frações, indicando maior fermentação desta associação.

A *T. diversifolia*, no período de zero a seis horas, apresentou maiores valores de DMS em relação ao capim *B. brizantha* cv. Marandu. Entretanto após 48h de incubação, os valores de DMS da *T. diversifolia* foram inferiores aos teores da gramínea (Tabela 2).

Tabela 2 – Produção acumulativa de gases, PAG, (mL.g<sup>-1</sup> MS) e degradabilidade da matéria seca, DMS, (g/kg MS) da *Tithonia diversifolia* em dois estádios de maturação e em cinco níveis de inclusão de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (0, 25, 50, 75 e 100%)

Tempo (horas)	Estádios	Níveis de inclusão de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu									
		0		25		50		75		100	
		PAG									
6	Emborrachamento	33,1	Aa	35,9	Aa	31,7	Aa	34,6	Aa	30,6	a
	Pré-floração	37,8	Aa	36,6	Aa	37,5	Aa	35,9	Aa		
12	Emborrachamento	45,9	Aa	49,3	Aa	42,4	Aa	52,0	Aa	55,3	a
	Pré-floração	58,2	Aa	54,3	Aa	54,6	Aa	54,9	Aa		
48	Emborrachamento	83,7	Ac	94,5	Ac	88,4	Abc	135,4	Aa	153,4	a
	Pré-floração	109,7	Ab	103,7	Ab	117,4	Ab	136,8	Aab		
96	Emborrachamento	112,9	Ad	142,9	Ac	137,4	Abcd	176,3	Aa	187,7	a
	Pré-floração	143,7	Ab	146,7	Ab	160,1	Aab	177,8	Aa		
DMS											
6	Emborrachamento	287,6	Aa	263,0	Aa	264,0	Aa	236,0	Aa	229,1	a
	Pré-floração	315,4	Ab	306,9	Aab	266,0	Aab	245,1	Aab		
12	Emborrachamento	270,8	Aab	264,3	Aab	270,4	Aab	225,1	Ab	323,8	a
	Pré-floração	269,7	Aab	311,7	Aab	236,0	Ab	287,5	Aab		
48	Emborrachamento	382,0	Acd	352,5	Acd	377,0	Ac	494,8	Ab	580,0	a
	Pré-floração	389,0	Abc	385,5	Ac	423,6	Abc	491,1	Ab		
96	Emborrachamento	465,2	Ac	562,9	Abc	578,4	Aab	615,9	Aa	646,0	a
	Pré-floração	489,0	Ac	541,8	Abc	585,7	Aab	616,0	Aa		

Média seguidas de letras distintas diferem estatisticamente na comparação entre colunas (Níveis de inclusão) e média seguidas de letras maiúsculas distintas na comparação entre linhas (Estádio), com nível de significância de 5%.

## Conclusões

Em termos proteicos e componentes fibrosos (FDN e FDA) a *T. diversifolia* destaca-se em relação a *B. brizantha*. Entretanto, as fermentações *in vitro* e DMS foram superiores na *B. brizantha*. Mesmo assim, quando estas espécies estão associadas

(ex. 25% de *T. diversifolia* e 75% *B. brizantha*) o potencial nutricional eleva-se demonstrando a possibilidade de uso desta forrageira, principalmente em sistemas mistos de produção.

## Agradecimentos

- FAPEMIG-PPM, CAPES-PVE, CNPq, EMBRAPA-Rumem Gases, CAPES-EMBRAPA, DEPEB, UFSJ e EMATER – MG.

## Bibliografia

- Blümmel, M., Ørskov, E.R., 1993. Comparison of *in vitro* gas production and nylon degradability of roughage in predicting feed intake in cattle. *Animal Feed Science and Technology*. 40, 109-119.
- France, J., Dhanoa, M.S., Theodorou, M.K., Lister, S.J., Davies, D.R., Isac, D., 1993. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *Journal of Theoretical Biology*. 163, 99-111.
- Maurício, R.M., Mould, F., Dhanoa, M., 1999. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. *Animal Feed Science. Technology*. 79, 321-330.
- Navarro, F., Rodríguez, E.F., 1990. Estudios de algunos aspectos bromatológicos de Mirassol (*Tithonia diversifolia* Hemsl y gray) como posible alternativa de alimentación animal. Tesis Universidad del Tolima, Tolima, Colombia.
- Nziguheba, G., Merckx, R., Palm, C.A., Mutuo, P., 2002. Combining *Tithonia diversifolia* and fertilizers for maize production in a phosphorus deficient soil in Kenya. *Agroforestry Systems*. 55, 165-174.
- Partey, S.T., 2011. Effect of pruning frequency and pruning height on the biomass production of *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray. *Agroforestry Systems*. 83, 181-187.
- Pérez, A., Montejo, I., Iglesias J.M., López, O., Martín, G.J., García, D.E., Milián, I., Hernández, A., 2009. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes*. 32, 1-15.
- Regazzi, A.J., Silva, C.H.O., 2004. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. *Revista de Matemática e Estatística*. 22, 33-45.
- Rivera, R.U, García, J.R.S., Mex, J.G.E., Chuc, F., Lorca, J. A.R., Lara, P.E.L., 2010. Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. *Agroforest System*. 80, 295-302.
- Rosales, M., 1996. *In vitro* assesment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees. Tesis University of Oxford, Oxford, UK.
- Salazar, A., 1992. Evaluación agronómica del Botón de oro (*Tithonia diversifolia*-familia compuesta) y el Pinocho (*Malva-viscus penduliflorus*-familia Malvaceae). Informe de becarios de la Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali, Colombia.
- Van Soest, P.J., 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*, Cornell University Press, New York, pp.476.

# Sistemas silvopastoriles de la Depresión del Salado. Estructura y biomasa de montes de sauce

Laclau P.<sup>1</sup>, Valdés Smukas G.<sup>2</sup> y R. Villaverde<sup>3</sup>

## Resumen

La implementación de sistemas silvopastoriles en la Depresión del Salado favorece el crecimiento de gramíneas tolerantes a niveles moderados de sombreado, mejorando la calidad del pastizal o prolongando su período vegetativo. En momentos críticos de altas temperaturas, la provisión de sombra incrementaría el bienestar del ganado. Hacia el final de los años 1990, en el establecimiento Los Nogales, Chascomús, provincia de Buenos Aires, se implantaron montes densos de sauce negro (*Salix Nigra* cv Alonzo 4) con la finalidad de aprovechar económicamente bajos dulces inundados ocupados por espadaña (*Zizaniopsis bonariensis*) dentro de lotes ganaderos. Estos montes han contribuido a resguardar al ganado en temporadas de sequía y alta temperatura, y a abastecer al ganado de forraje mediante el corte de ramas verdes o el pastoreo directo bajo dosel. Junto con estos beneficios eventuales, el crecimiento de existencias maderables constituye un activo complementario de la ganadería que a la vez podría compensar (al menos parcialmente) las emisiones de metano entérico. En ese marco, el objetivo de este estudio fue caracterizar la estructura, el crecimiento medio y la biomasa aérea de los montes de sauce mediante inventario forestal y análisis destructivo de árboles. El crecimiento medio anual de fuste osciló entre 12 y 30 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, acumulando en 193 y 521 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de madera en pie en menos de 20 años. El crecimiento medio ponderado en DAP y H para los tres rodales estudiados fue de 1,1 cm.año<sup>-1</sup> y 1,2 m.año<sup>-1</sup> respectivamente. En tanto, la biomasa se incrementó a razón de 5700 a 12200 Kg de materia seca.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, totalizando entre 94,3 y 214,2 tn.ha<sup>-1</sup>. Se discute acerca del estado estructural observado y las condiciones del ambiente, y sobre el potencial beneficio de secuestro de carbono de la forestación respecto del sistema natural. No obstante, se destaca la necesidad de profundizar este tipo de estudios, incluyendo la evaluación de carbono en suelos y en la biomasa subterránea.

**Palabras clave:** bienestar animal, inventario forestal, captura de carbono, bajos, pastizales

## Silvopastoral systems of the Salado Depression. Willow forests structure and biomass

## Abstract

Silvopastoral systems at the Salado Depression promote shade-tolerant grasses enhancing forage quality or extending the vegetative period. In hot summers tree-shade shelter would increase cattle welfare. In the latter 1990's, dense forests of black willow (*Salix Nigra* cv Alonzo 4) where established at Los Nogales ranch, Chascomús, Buenos Aires province, to increase economic productivity of the 'sweet' foodplain patches of *Zizaniopsis bonariensis* included in larger paddocks. The tree plantations have contributed to feed the cattle during droughts and hot periods with green twigs of willows or by direct grazing of the understorey. Along with these eventual benefits, wood growth should complement beef production and could balance enteric methane emissions. In this context the objectives of this study were to assess the structure, mean growth and aerial biomass of black willow stands through forest inventory techniques and destructive analysis of trees. The mean annual growth of the stumpage ranged 12-30 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.yr<sup>-1</sup>, cumulating 193-521 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> in less than 20 years. The DBH and height mean growth was 1,1 cm.yr<sup>-1</sup> y 1,2 m.yr<sup>-1</sup> for the assessed tree stands respectively. The biomass growth rate ranged 5700 to 12200 Kg dry matter.yr<sup>-1</sup> totalizing 94,3 to 214,2 tn.ha<sup>-1</sup>. The observed structure and the growth environmental conditions were discussed, also the carbon sequestration potential of the forest with respect to the natural rangeland. Therefore, the need to deepen studies was emphasized, including soils and belowground biomass carbon assessment.

**Key words:** animal welfare, forest inventory, carbon capture, lowlands, rangelands

<sup>1</sup> INTA AE Tandil, Rodríguez 370, (7000) Tandil, Arg., laclau.pablo@inta.gob.ar; <sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias (UNMP), tesista de graduación,

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP), Cátedra de Sanidad Forestal



## Introducción

La forestación en suelos bajos de la Depresión del Salado reconoce escasos antecedentes (Achinelli, 2006; Jobbágy, 2006; Cerrillo et al., 2014a, 2014b; Laclau et al. 2014a; Galetti et al., 2014). Esta gran región -que ocupa aproximadamente una quinta parte de la provincia de Buenos Aires-, posee un relieve plano a plano-cóncavo sólo interrumpido por albardones, lomas de acumulación eólica y numerosas lagunas (Rodríguez y Jacobo, 2012). Predominan los suelos halomórficos e hidrohalmórficos, con inclusiones de otros más desarrollados y sin estas limitantes en áreas altas y bien drenadas (Taboada et al., 2009). En suelos formados a partir de cordones de conchilla, crecen montes nativos de tala (*Celtis tala*) y otras leñosas asociadas. En estas áreas de relieve positivo se localizan los asentamientos humanos y los montes implantados con destino ornamental o para resguardo de personas o del ganado (Laclau et al., 2014b). En los pastizales espontáneos de sitios bajos, el uso ganadero se ve limitado durante varios meses al año, sea por el anegamiento invierno-primaveral, la sequía estival o por el consecuente incremento de salinidad de las aguas de bebida. Los pastos de ciclo otoño-invierno-primaveral (OIP) como el trébol blanco (*Trifolium repens*), el ryegrass anual (*Lolium multiflorum*), etc., constituyen la oferta forrajera de lomas y bajos drenados, mientras que en los bajos se encuentra el arrozillo (*Leersia hexandra*), el pasto miel (*Paspalum dilatatum*) y otras especies (Rodríguez y Jacobo, 2012, Batista et al. 2005).

La implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) fa-

vorece el crecimiento de gramíneas tolerantes a niveles moderados de sombreado, -comúnmente de ciclo OIP-, con el consiguiente mejoramiento de la cantidad y calidad del pasto o la prolongación del período vegetativo (Casal y Jankovic, 2015; Laclau et al., 2014b; Suárez, 2005). También se espera que la provisión de sombra incremente el bienestar animal en momentos de calor extremo, aun cuando en zonas templadas no alcanzaría los niveles críticos de otras regiones (Cony et al., 2004).

Con la finalidad de aprovechar económicamente bajos dulces inundados ocupados por espadaña (*Zizaniopsis bonariensis*) dentro de lotes bajo uso ganadero, a fines de los años 1990 se implantaron montes densos de sauce negro (*Salix nigra* cv Alonzo 4) en el establecimiento Los Nogales, Chascomús, provincia de Buenos Aires. Estos montes han contribuido a resguardar al ganado en temporadas de sequía y alta temperatura, y a abastecer al ganado de forraje, mediante el corte de ramas verdes o el pastoreo bajo dosel. Junto con estos beneficios eventuales, el crecimiento de existencias maderables constituye un activo complementario de la ganadería de cada lote, que a la vez podría compensar (al menos parcialmente) las emisiones de metano entérico del ganado. En ese marco, el objetivo de este estudio fue caracterizar la estructura, el crecimiento medio y la biomasa aérea de los montes de sauce instalados sobre espadañas (bajos dulces y anegables) mediante técnicas de inventario forestal (Prodan et al., 1997) y análisis destructivo de árboles.

## Materiales y Métodos

En enero de 2014 se realizaron estudios *in situ* de 3 montes de sauce negro plantados a fines de los años 1990 en la estancia Los Nogales. Las fechas de implantación y las condiciones iniciales de sitio y plantación fueron informados por la propietaria del establecimiento. A través de análisis visual y digitalización de polígonos sobre imágenes Digital Globe® del software Google Earth Pro® se delimitaron los 3 rodales más antiguos del campo, calculándose la superficie de cada uno de ellos. Se sortearon 7 puntos al azar sobre los mapas de los rodales (3 en los dos rodales más extensos, y uno en el de menor superficie, mencionados en Tabla 1) para establecer parcelas de inventario. Estos puntos, que se localizaron con GPS, definieron el vértice sudeste de parcelas de 400 m<sup>2</sup> (20x20m), marcadas con estacas y cinta métrica. En ellas se midió el diámetro al pecho (DAP) de todos los árboles vivos presentes con cinta diamétrica, contabilizándose también los árboles muertos o ausentes en las filas, así como la malformación de fustes de árboles vivos. La altura total (H) se estimó con clinómetro y cinta métrica, midiéndose 5 plantas por parcela. Con el total de observaciones (35) se ajustó una función de regresión DAP/H, utilizada para estimar en gabinete la altura de cada árbol de las parcelas. Para estimar el volumen se utilizó un coeficiente de forma calculado en base

a la medición de diámetro (DAP y en punta fina) y longitud de dos árboles caídos. Con estos datos se calculó la frecuencia de plantas por clase de diámetro, la altura media, el DAP medio de cada clase y el volumen de la parcela, expandiéndose estos valores a ha (Tabla 1). El crecimiento medio anual en altura, diámetro y volumétrico se calculó como la relación: altura media/edad del rodal, diámetro medio/edad del rodal, y volumen total/edad del rodal, respectivamente.

En enero de 2015 se regresó al campo, y en función de los valores de DAP previamente observados se seleccionaron tres árboles del interior del rodal, representativos de los DAP medio, superior e inferior (árbol dominante, intermedio y suprimido respectivamente). Estos árboles fueron apeados con motosierra midiéndose el diámetro de segmentos de tronco, el primero de 0 a 30 cm de altura y los restantes en intervalos de un metro, con excepción del segmento apical que excedió esa longitud. Los árboles fueron completamente desramados, contándose el número de ramas por segmentos y eligiéndose una rama de cada segmento representativa de la totalidad (cuyo diámetro basal era aproximadamente la moda del conjunto de ramas presentes). De cada rama modal se separó la fracción de hojas por un lado y de rama con ramillas por otro, y estas fracciones, leñosa y foliar, se pesaron en fresco con

balanza electrónica digital. Este material fue acondicionado en bolsas de papel y cobertura externa de bolsas de polietileno y mantenidas en fresco hasta su procesamiento en laboratorio. Allí se tomaron submuestras de ramas y hojas para secado en estufa (60°C hasta peso constante, durante aproximadamente 120h). Por otra parte, para estimar la densidad de la madera, se extrajeron tarugos con barrenos de Pressler en número de 5 a 7, a distintas alturas de cada árbol apeado. Estos tarugos, de 5 mm de diámetro y longitud variable, también se secaron en estufa, para calcular la densidad básica de la madera (Peso seco/Volumen fresco). Con estos datos se calculó el peso seco del fuste (PSF); ramas (PSR) y hojas (PSH) y el peso seco total aéreo de cada árbol (PSTa), según;

$$\begin{aligned} \text{PSF} &= \sum_{i=1}^n (V_i) \cdot \text{DB} \\ \text{PSR} &= \sum_{i=1}^n (\text{PSR}_i \cdot N_i) \\ \text{PSH} &= \sum_{i=1}^n (\text{PSHR}_i \cdot N_i) \\ \text{PSTa} &= \sum (\text{PSF}, \text{PSR}, \text{PSH}) \end{aligned}$$

Adonde,

$V_i$ : volumen ( $\text{m}^3$ ) del segmento  $i$ , calculado como la semisuma del área de las bases multiplicada por su longitud),

DB: densidad básica de la madera (promedio muestra de tarugos) ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

$\text{PSR}_i$ : peso seco (g) de la rama modal del segmento  $i$

$\text{PSHR}_i$ : Peso seco (g) de hojas de la rama modal del segmento  $i$

$N_i$ : número de ramas del segmento  $i$

## Resultados y discusión

### Estructura y crecimiento del rodal

La digitalización del perímetro de los rodales arrojó una superficie plantada de 58 ha totales distribuidas en dos lotes ganaderos de 270 y 330 ha. Es decir, casi un 10% de los lotes ganaderos se encontraban forestados y con acceso libre del ganado. En la Tabla 1 se muestran los resultados agregados del inventario forestal y del estudio de biomasa de los tres rodales. Considerando las edades y el volumen total alcanzado, el crecimiento medio de fuste osciló entre 12 y 30  $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ . Del total de plantas vivas se destaca una proporción importante de plantas *malformadas/bifurcadas* (entre 15% y 50% de las plantas vivas) y también de plantas *muertas/ausentes*. El crecimiento medio ponderado en DAP y H para los tres rodales fue de 1,1  $\text{cm} \cdot \text{año}^{-1}$  y 1,2  $\text{m} \cdot \text{año}^{-1}$  respectivamente. En la Figura 1 se representa la estructura diamétrica de los tres rodales. Puede observarse la distribución aproximadamente normal en los rodales *Sauce* y *detrás de la Manga*, consistente con la edad, densidad y desarrollo de las plantaciones, y una distribución aplanada en el rodal del *Ensayo*, adonde la densidad de plantación habría sido sustancialmente menor y con alto nivel de fallas (presumiblemente en los primeros años), factores determinantes de un bajo nivel de diferenciación de diámetros por competencia.

Las plantaciones se realizaron con alta densidad inicial (suma de las plantas presentes y muertas/ ausentes, Tabla 1), entre 1300 y 1660 pl/ha, manifestando una relativamente alta supervivencia al momento actual. Cabe señalar que buena parte de los rodales permanece inundado en los meses de invierno

y primavera con una tabla de agua de 50 cm o más, y en los meses de estío la napa permanece en la superficie o muy próxima a ella. Esteanegamiento oscilante ha provocado malformaciones por engrosamiento en la base de los fustes y brotación de raíces aéreas, además de promover indirectamente daño a los fustes (cancros longitudinales a 1 m de altura), producidos por acción del ganado y la abundante fauna silvestre (ciervos, coipos, carpinchos).

Debido al crecimiento en condiciones de alta densidad, los árboles son relativamente altos y esbeltos, con una relación altura/ DAP  $\approx 100$  en todas las parcelas. Este valor es indicador de una alta carga de copa en relación al área basal (Cendoya Hernández y Muñoz Sáez, 2002; Coutts, 1983), exponiendo las plantas a vuelco por viento, como se verificó en varios sectores.

El crecimiento observado en el rodal *Sauce*, marcadamente inferior a los otros, fue consistente con las dificultades de arranque en el crecimiento debido a competencia con la espadaña desde el inicio, al revés del rodal Manga, adonde inicialmente se habría quemado el pajonal (Sanchez, Susana; com.pers.). En los dos rodales de mayor crecimiento (*detrás de la Manga* y *Ensayo*), se verificaron valores importantes de biomasa y volumen (Tablas 1). No obstante, la conformación de las plantas arrojó escasa aptitud maderable por los bajos diámetros alcanzados y la conformación de los fustes. Considerando que estas características de malformación relacionadas con el sitio y otros factores del también podrían manifestarse en plantaciones similares, la forestación para la

Tabla 1. Estructura de los rodales *Sauce*, *detrás de la Manga* y *Ensayo*: año de plantación, densidad, edad, fallas, malformaciones, DAP, H (calculada por árbol, con la función local  $H=1.9149 \text{ DAP}^{0.7921}$ ;  $r^2=0.50$ ,  $n=35$ ), Coeficiente de forma (CF), Volumen (VOL) y biomasa aérea.

RODAL	Año	Densidad actual	Edad total	DAP	H	Muerto/Ausente	Malform/Bifurcado	CF	VOL	BIOM
		pl/ha	años	cm	m	pl/ha	pl/ha		$\text{m}^3/\text{ha}$	tn/ha
SAUCE <sup>1</sup>	1997	1200	16,5	15,4	17	92	229	0,51	193	94,3
d.MANGA <sup>2</sup>	1996	1525	17,5	19,9	20	67	183	0,51	521	214,2
ENSAYO <sup>3</sup>	1999	1050	15,5	20,1	20	250	525	0,51	409	161,1

<sup>1</sup> superficie de 38 ha en un lote ganadero de 270 ha; <sup>2,3</sup> superficie de 13 y 7 ha respectivamente, en un mismo lote ganadero de 330 ha.

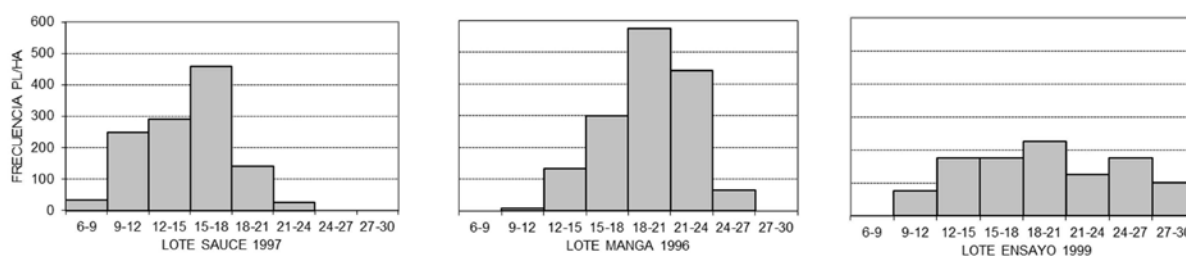


Figura 1. Estructura de los rodales. Frecuencia (pl/ha) por clases de DAP de 3 cm de intervalo (eje horizontal)

producción de bioenergía podría ser una alternativa para los productores (Doffo et al. 2014).

Por otra parte, la cobertura total del terreno y un área basal calculada cercana a  $50 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  en el caso del rodal *detrás de la Manga* señala que los crecimientos volumétricos podrían representar valores cercanos al potencial de estos ambientes de bajo dulce. Estos valores y la presencia de plantas muertas en pie (Tabla 1) sugieren que las plantaciones habrían pasado el umbral de mortalidad por competencia manifestando autorraleo (Daniel et al. 1979). En los árboles vivos, las copas se observan vigorosas y sin decaimiento en la parte apical. La acción de tornados combinado con el escaso soporte que brindan estos suelos también ha volteado plantas (Sánchez, Susana; com.pers.). Con un manejo precautorio de raleos, los árboles podrían crecer más en diámetro y extender sus raíces lateralmente, modificando su centro de gravedad y mejorando su anclaje, lo cual permitiría soportar mayores cargas de viento y a la vez mejorar su calidad maderable.

#### Biomasa individual y del rodal

La biomasa aérea de los árboles apeados fue de 28, 72 y 227 Kg/pl para el árbol dominante, intermedio y suprimido, respectivamente (Tabla 2). La biomasa de fuste dio cuenta del 69%, 73% y 86% del total aéreo, en tanto la biomasa de hojas y ramas disminuyeron su participación con el incremento de diámetro (Figura 2.A). Por otra parte, con los valores de biomasa total aérea se ajustó una función DAP/peso seco

(Figura 2.B). La función exponencial -usual en las relaciones alométricas DAP/peso (Laclau, 2003)-, obtenida con un número mínimo de observaciones ( $n=3$ ) se utilizó como estimador preliminar de la biomasa aérea de los rodales (Tabla 1). La biomasa aérea calculada osciló entre 94,3 y  $214,2 \text{ Tn} \cdot \text{ha}^{-1}$ , equivalente a un incremento anual promedio de  $5700$  a  $12200 \text{ Kg}$  de materia seca  $\cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ . Si se considera el pastizal bajo el dosel y la biomasa muerta en pie y la acumulada en el suelo (ramas, hojas, árboles caídos), la producción aérea anual sería aún mayor, reflejando la alta productividad primaria de los sitios plantados.

La captura de carbono de una forestación representa -en términos de masa de  $\text{CO}_2$  equivalente ( $\text{CO}_2\text{eq}$ )-, aproximadamente el doble de su biomasa (Sedjo, 1999; Ley y Sedjo 1995). Para el caso de estudio, en menos de 20 años tres rodales habrían acumulado unas 15000 tn de  $\text{CO}_2\text{eq}$  (el doble de la biomasa de Tabla 1 multiplicado por la superficie de cada rodal). Si se asume un valor del espadañal reemplazado equivalente al máximo crecimiento masal de los sauces ( $12,2 \text{ Tn} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), que se mantiene relativamente constante en el tiempo, el sistema original podría mantener secuestradas unas 1400 tn de  $\text{CO}_2\text{eq}$  en la biomasa aérea, es decir un orden de magnitud menor que la forestación. No obstante, se desconoce el nivel de carbono secuestrado en suelos y en la biomasa subterránea de ambos sistemas, y cómo influye la forestación en las emisiones de metano propias de estos sistemas inundables. El secuestro de carbono podría contribuir a la compensación de metano en-

Tabla 2. Dimensiones y biomasa individual de fuste, ramas y hojas (Kg/pl) de sauce negro

VARIABLE	UNID	ARBOL 1	ARBOL 2	ARBOL 3
<b>Fuste</b>				
Altura total	m	21.6	15.8	9.7
Diámetro (DAP)	cm	25.1	14.9	10.1
Densidad mad.	$\text{Kg}/\text{dm}^3$	418	425	523
Volumen	$\text{m}^3$	0.466	0.124	0.037
<b>Ramas</b>				
Vivas	n°	148	101	94
Muertas	n°	3	11	3
<b>Biomasa</b>				
Ramas	Kg	25	15	6
Hojas	Kg	8	5	3
Fuste	Kg	195	53	19
Total aérea	Kg	227	72	28

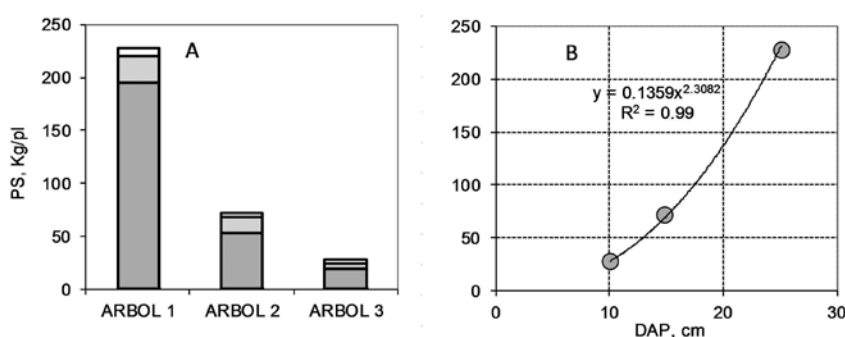


Figura 2. A: Distribución del peso seco aéreo en fuste (barras oscuras), ramas (rayado) y hojas (barras claras). Todos los árboles tienen igual edad y corresponden con un ejemplar dominante (árbol 1), intermedio (2) y suprimido (3). B: Ajuste de la biomasa aérea total en función del DAP.

térico de la ganadería, con impacto ambiental positivo de la implementación de sistemas silvopastoriles en la región (Lacclau et al. 2006b). Para ello se deberían profundizar estudios similares al presentado aquí, con mayor detalle e incorporan-

do los sistemas reemplazados (línea base de carbono) y los componentes de carbono capturado en el suelo y en la biomasa subterránea de ambos sistemas (Lacclau et al. 2008, Bravo Oviedo et al. 2007).

## Conclusiones

Los rodales de sauce negro implantados en bajos dulces de la Depresión del Salado arrojaron un crecimiento acumulado en biomasa y volumen comparable a los de forestaciones comerciales de otras regiones. Las limitantes del sitio y la acción de la fauna se manifestaron en la presencia de signos en corteza y en plantas malformadas, incluyendo bifurcaciones y engrosamientos basales. La alta densidad de árboles ha conformado una estructura compacta de las plantaciones, con árboles muy esbeltos (alta relación H/DAP), expuestos a riesgo de caída por vientos, tal como se verificó en varios parches de los rodales. La importante acumulación de biomasa produjo autorraleo, observándose árboles muertos en pie como resultado de la competencia. Los altos valores vo-

lumétricos y de ocupación del suelo (área basal) asociados a la mortalidad en el rodal *detrás de la Manga*, sugiere la aproximación al límite de la productividad forestal del sitio para la especie. El raleo moderado de las plantaciones permitiría mejorar la estabilidad de los árboles al incrementar el anclaje radicular y los diámetros. La evaluación practicada da cuenta del potencial de captura de carbono atmosférico de estas forestaciones, que pueden contribuir al balance de las emisiones ganaderas, para lo cual es necesario profundizar investigaciones sobre secuestro de carbono de los espadañales reemplazados y de otros compartimientos de las forestaciones no evaluados aquí, como el suelo y la biomasa radicular.

## Agradecimientos

Este artículo se realizó en el marco de los Proyectos (1) *Módulo Silvopastoril en Tierras de Uso Ganadero de la Cuenca del Salado*, (UCAR/INTA); (2) *Tecnologías y Capacidades para el Manejo de Sistemas Agroforestales y Silvopastoriles con Bosques Implantados*, (INTA PNFOR 1104075), (3) *Determinación de índices de calidad para suelos bajo uso agrícola y silvopastoril*, (UNMDP AGR 428/13"), y con apoyo de las Delegaciones Técnicas Regionales de Buenos Aires Norte y Buenos Aires Sur de la Dirección de Producción Forestal (MAGyP). Los autores agradecen a Susana Sánchez (estancia Los Nogales), a Teresa Cerrillo (INTA EEA Delta del Paraná), y a los técnicos de los proyectos mencionados que participaron en el levantamiento de datos a campo.

## Bibliografía

- Achinelli, F.G., 2006. Silvicultura de álamos y sauces en la Pampa húmeda. Disertación. Actas de las Jornadas de Salicáceas 2006/ Primer Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Buenos Aires, 28-30 de septiembre de 2006: 21-36
- Batista, WB; Taboada, MA; Lavado, RS; Perelman, SB, y R.J.C. León, 2005. Asociación entre comunidades vegetales y suelos en el pastizal de la Pampa Deprimida. En: Oesterheld, M.; Aguiar, M.R.; Ghersa, C.M.; Paruelo, J.M., editores. La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando León. Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires: 113-129

- Bravo Oviedo, F.; Delgado, J.A., Gallardo Lancho, J.F., Bravo Oviedo, J.A.; Ruiz-Peinado, R.; Merino, A.; Montero, G.; Cámara Gómez, A.; Navarro, R.; Ordóñez C., y E. Canga Libano, 2007. Métodos para cuantificar la fijación de CO<sub>2</sub> en los sistemas forestales. En: Bravo Oviedo, coord., El papel de los bosques españoles en la mitigación del cambio climático, ISBN 978-84-611-6599-5: 65-112
- Casal, A. y V.V. Jankovic, 2015. Efecto del sombreado en producción y estacionalidad de un pastizal en Cuenca del Salado. Actas VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales/ III Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Iguazú, Misiones, Arg. 7-9 de Mayo, 2015, 7 pgs.
- Cendoya Hernández, P., y F. Muñoz Sáez 2002. Modelamiento del efecto del viento sobre árboles jóvenes de *Pinus radiata* D. Don. Bosque, Vol. 23 N° 2: 51-56
- Cerrillo, T.; Russo, F.; Morales, D., y F.Achinelli, 2014a. Evaluación preliminar de sauces (*Salix* spp.) experimentales en sitios bajos próximos al Río Arrecifes, Baradero, Provincia de Buenos Aires. Actas de las Jornadas de Salicáceas 2014/ IV Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. La Plata, 28-31 de marzo de 2014: 8 pgs
- Cerrillo, T., Villaverde, R., Avogadro, E., Salleses, L., Pathauer, P., Álvarez, J.A. y J. Diez., 2014b. Respuesta a temprana edad de nuevos genotipos de *Salix* spp ante estrés abiótico en un “bajo dulce” de Chascomus, provincia de Buenos Aires. Acta de las Jornadas de Salicáceas 2014/ IV Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina, 8 pgs
- Cony, P.; Casagrande, G.A., y G.T. Vergara, 2004. Cuantificación de un índice de estrés calórico para vacas lecheras en Anguil, provincia de La Pampa (Argentina). Rev.Fac. Agronomía, UNLPam, ISSN 0326-6184, Vol. 15 N°1/2: 9-15
- Coutts, M. P., 1983. Root architecture and tree stability. Plant and Soil 71: 171-188.
- Daniel, T. W., Helms, J.A., y F. S. Baker 1979. Principles of Silviculture. Second Edition. McGraw-Hill, New York. ISBN 0-07-015297-7 521 pags
- Doffo, G.; Rodríguez, M. E.; Morales, D.; Russo F.; Etchevers, P.; Achinelli, F.; Cerrillo, T. y Luquez V., 2014. Utilización de *Salix* spp. en la producción de biomasa para energía: rendimiento de biomasa al primer año. Acta de las Jornadas de Salicáceas 2014/ IV Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. 6 pgs.
- Galetti, M.; Esparrach, C.; Fernandez Grecco, R.; Clemente, G. y V.Dell'Arciprete, 2014. Clones de Sauces en suelos de bajos dulces de la depresión del Salado (partido de Dolores, provincia de Buenos Aires, Argentina). Jornadas de Salicáceas 2014/ IV Congreso Internacional de Salicáceas en la Argentina. La Plata, 28-31 de marzo de 2014
- Jobbágy, E.; Vasallo, M.; Farley, K. A.; Piñeiro, G; Garbulsky, M. F.; Nosetto, M.; Jackson, R.B. y J.M. Paruelo. 2006. Forestaciones en pastizales: hacia una visión integral de sus oportunidades y costos ecológicos. Agrociencia (2006) Vol. X, N° 2: 109-124.
- Laclau, P.; Gyenge, J.; Fernández, M.E.; Domínguez Daguer, D.; Villaverde, R.; Lorea, L. y A. Quiñones, 2014a. Supervivencia inicial de clones de sauce en suelos hidrohalmórficos de la Depresión Del Salado. Actas de las Jornadas de Salicáceas 2014/ Cuarto Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. La Plata, 28-31 de marzo de 2014: 7 pgs
- Laclau, P.; Gyenge, J.; Fernández, M.E.; Domínguez Daguer, D.; Lorea, L. Villaverde, R., y A. Quiñones, 2014b. Perspectivas para la forestación con sauces y álamos en la pampa deprimida. Disertación. Actas de las Jornadas de Salicáceas 2014/ Cuarto Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. La Plata, 28-31 de marzo de 2014: 23 pgs
- Laclau, P.; Andenmatten, E.; Letourneau, F.J., y G. Loguercio, 2008. Carbon Sequestration of Ponderosa Pine Plantations in Northwestern Patagonia. En: Bravo, F.; Le May, V.; Jandl, R. y K. von Gadow, eds.: Managing Forest Ecosystems: The Challenge of Climate Change. Springer, ISBN 978-1-4020-8342-6, Vol 17: 247-267
- Laclau, P., 2003. Biomass and carbon sequestration of ponderosa pine plantations and native cypress forests in northwest Patagonia. Forest Ecology and Management 180: 317-333
- Ley, E., y R.Sedjo, 1995. Carbon Sequestration and Tree Plantations: A Case Study in Argentina. Forth coming: Environmental and Resource Economics 5(10): 9-99
- Prodan, M.; Peters, R.; Cox, F.; y P.Real, 1997. Mensura Forestal. IICA- BMZ/GTZ. San José de Costa Rica, 561 pgs
- Rodríguez, A.M., y E. Jacobo, 2012. Manejo de pastizales naturales para una ganadería sustentable en la pampa deprimida: buenas prácticas para una ganadería sustentable de pastizal: kit de extensión para las pampas y campos. Coordinado por F.O. Miñarro y P.Prelasco. 1a ed., Buenos Aires, Fund. Vida Silvestre Argentina; Aves Argentinas, ISBN 978-950-9427-23-5, 104 pgs.
- Sedjo, R.A., 1999. Potential for Carbon Forest Plantations in Marginal Timber Forests: The Case of Patagonia, Argentina. Resources for the Future, discussion Paper 99-27: 19 pgs
- Suárez, R., 2005. Sistemas Silvopastoriles en la pradera pampeana. Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes 2005: 2-7.
- Taboada, M.A.; Damiano, F. y R.S. Lavado, 2009. Inundaciones en la Región Pampeana. Consecuencias sobre los suelos. Instituto de Suelos, CIRN, INTA; Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía UBA e IByF-CONICET.

# Establecimiento silvopastoral en pequeñas propiedades agrícolas de la zona central de Chile, con *Pinus radiata* D. Don

Sotomayor A\*; Lucero A; Villarroel A.

## Resumen

Las experiencias silvopastorales presentadas en este trabajo, demuestran la factibilidad de uso de la especie *Pinus radiata* con fines de producción integrada forestal-ganadera. Se entregan antecedentes de producción de pradera bajo diversos esquemas silvopastorales y ambientes, junto con producción forestal. La producción de la pradera establecida con leguminosas entrega mejores productividades que la pradera natural, pero debe ser manejada adecuadamente con regímenes de fertilización. Las mejores producciones se obtienen en esquemas silvopastorales con espaciamientos amplios, y con regímenes de poda y raleo que reduzcan la cobertura arbórea, permitiendo un mayor acceso de la luz a la cubierta herbácea. Como conclusión general en el uso de *Pinus radiata* con fines silvopastorales en Chile, se puede indicar que esta especie presenta potencialidades para este uso en diversas situaciones desde zonas semiáridas a zonas más húmedas. Además, los sistemas silvopastorales ha sido el sistema agroforestal preferido a utilizar por los pequeños productores agroforestales de Chile, en desmedro de plantaciones con fines industriales a alta densidad, dado que les permite realizar actividades ganaderas para consumo doméstico como para obtención de ingresos económicos.

**Palabras claves:** Pradera, Poda, Raleo, *Trifolium* sp.

## Silvopastoral establishment on small farms in central Chile with *Pinus radiata* D. Don

## Summary

Silvopastoral experiences presented in this paper demonstrate the feasibility of using *Pinus radiata* for forestry-livestock integrated production. It is presented pasture production under various silvopastoral schemes and environments, along with forestry production. The production of legume's pasture established brings better productivity than natural prairie, but should be properly handled with fertilization regimes. The best yields are obtained in silvopastoral schemes with wide spacing, and with pruning and thinning regimes to reduce tree cover, allowing greater access of light to grass cover. As a general conclusion on the use of *Pinus radiata* with silvopastoral purposes in Chile, it may indicate that this species has potential for this use in various situations from semi-arid to humid areas. In addition, silvopastoral systems are preferred to be used by small agroforestry producers at the expense of plantations with high density industrial purposes, as it allows them to carry out farming activities for domestic consumption and for obtaining economic income system.

**Keywords:** Meadow, Pruning, Thinning, *Trifolium* sp.

\* Instituto Forestal (INFOR), Casilla 109 C Concepcion, Chile, asotomay@infor.cl

## Introducción

La especie forestal más plantada de Chile es *Pinus radiata* D. Don (pino radiata), dada su plasticidad para adaptarse a ambientes desde zonas semiáridas con 450 mm en la zona central de Chile a zonas húmedas con más de 2.000 mm en la zona sur del país. Esto ha permitido que se establezca como la principal especie forestal abastecedora de materia prima de grandes conglomerados industriales forestales de Chile, para abastecimiento de plantas de celulosa y papel, aserraderos, industrias de tablero y de remanufactura (INFOR, 2013a). También ha sido utilizada en programas de forestación implementados por el gobierno en pequeñas y medianas propiedades agrícolas, utilizando instrumentos de fomento del Estado, con bonificaciones específicas para fomentar la forestación en suelos de aptitud preferentemente forestal, donde también se consideran incentivos para el establecimiento de sistemas silvopastorales.

El Instituto Forestal de Chile (INFOR), ha desarrollado desde el año 2002 a la fecha el Programa Agroforestal Nacional (PAN), con el objetivo de generar información que permita evaluar la potencialidad agroforestal en Chile, y para fomentar su uso preferentemente hacia los pequeños productores silvoagropecuarios, en donde el pino radiata ha sido utilizado profusamente en sistemas silvopastorales y cortinas cortavientos. Durante dicho periodo se ha fomentado el uso de sistemas silvopastorales entre otros, trabajando con alrededor de 1.600 productores, y lográndose forestar una superficie de 1.114 ha entre la Región de Coquimbo por el norte y Magallanes por el sur, siendo el pino radiata la especie más plantada (INFOR, 2013b).

Los sistemas agroforestales más aceptados en Chile han sido el silvopastoral y las cortinas cortavientos, principal-

mente asociado a la producción de forraje para animales, con un 44,4 y 43,7% respectivamente. La razón ha sido principalmente porque los terrenos factibles de establecer árboles en las propiedades rurales son situaciones de laderas, sin riego, donde tradicionalmente han manejado praderas naturales de bajo valor productivo con fines ganaderos, o cultivos de cereales de secano, por lo cual ha sido más sencilla su transformación a una producción silvopastoral. Otra razón, es que estos sistemas permiten el uso ganadero, y está más cercano a su sistema cultural y productivo (Sotomayor et al., 2009).

Se establecieron diversas experiencias demostrativas en el territorio nacional, algunas de las cuales consideraron la especie pino radiata, con los siguientes objetivos:

**Objetivo General:** Evaluar la factibilidad de establecer sistemas silvopastorales en diferentes regiones agroecológicas de Chile.

**Objetivos específicos:**

- Diseñar Sistemas Agroforestales por zona agroecológica
- Implementación de Módulos Agroforestales de Investigación y Demostrativos.
- Evaluación y Validación de Sistemas Agroforestales y Escalamiento de Paquetes Tecnológicos.
- Divulgación y Masificación de Modelos Agroforestales.

Se exponen a continuación dos experiencias establecidas en la zona templada de Chile, entre la Región del Maule y el Biobío, con precipitaciones entre los 700 y 1300 mm anuales.

## Material y Método

### **Unidad Experimental y Demostrativa Agroforestal Los Aromos, Comuna de Cauquenes, Región del Maule.**

Esta unidad se ubica en la comuna de Cauquenes, Región del Maule, perteneciente a la zona agroecológica de secano semiárido, en una ladera con exposición noreste. Las temperaturas oscilan entre una máxima media en enero de 29°C y una mínima media en julio de 4,9°C, con una media anual de 14,1°C; el período libre de heladas es de 259 días, con un promedio de 6 heladas por año, y la precipitación media anual es de 696 mm, con un déficit hídrico de 931 mm y un período seco de 7 meses (Peralta, 1976). En los últimos cinco años, han existido situaciones de sequía, con precipitaciones menores en un 30% en relación a un año normal, lo que ha afectado la producción agrícola de la zona

**Diseño experimental:** se establecieron cuatro tratamientos, dos sistemas silvopastorales con pino radiata, bajo dos densidades iniciales, T1: 500 arb ha<sup>-1</sup>, con pradera natural los primeros cinco años y con pradera sembrada los últimos dos años; T2: 1.000 arb ha<sup>-1</sup> (figura 1), donde se sembró la pradera los dos primeros años y los dos últimos años con *Trifolium*

*subterraneum* (trébol subterráneo), *Trifolium michelianum* (trébol balansa) y *Medicago polymorpha* (hulaputra) y solo pastos naturales entre los años 2008 y 2010 (figura 1 y tabla 2). Estos sistemas silvopastorales fueron comparados con T3: sistema forestal con 1.250 arb ha<sup>-1</sup> como testigo forestal, y T4: área de pradera natural sin manejo como área testigo. El diseño silvopastoral fue en fajas alternas, con dos hileras de plantación donde las plantas fueron establecidas en base a dos hileras de plantación, establecidas a 2 m en la hilera y 3 m entre hileras, y separadas de las siguientes dos líneas de plantación a 14 m para la densidad de 500 árboles, y de 7 m entre hileras para la densidad de 1000 árboles. Se analizó la influencia de los árboles en la producción de la pradera, tanto con pradera sembrada como con pradera natural, comparada con un área de pradera sin árboles.

El sistema silvopastoral con 1000 arb ha<sup>-1</sup> fue raleado a los diez años a 427 arb ha<sup>-1</sup>, y podado en dos oportunidades, a los 5 años a una altura de 2,1 m y a los 8 años a 3,2 m de altura; T2 fue podado bajo el mismo esquema anterior, y no fue raleado; el tratamiento forestal fue raleado a 520 arb ha<sup>-1</sup>,



(a)



(b)

Figura 1: Vista sistema silvopastorales, Unidad Los Aromos, a) pino radiata a la edad de 2 años, establecido en fajas de dos líneas de plantación, con densidades de 500 y 1.000 arb ha<sup>-1</sup> año 2006; b) año 2012, a la edad de 8 años, densidad de 1.000 arb con poda a 2,1 m, con pradera establecida de trébol subterráneo, trébol balanza y hualputra.

y podado a los 5 años a 2,1 m.

Para la evaluación de los parámetros forestales se utilizó un diseño de tres parcelas permanentes de 1000 m<sup>2</sup>, distribuidas al azar dentro de los tratamientos, donde se midió altura total (H), diámetro a la altura del pecho (DAP), y Área Basal (AB). Para el análisis estadístico, se trabajó con Modelos Estadísticos Lineales Mixtos. Para el análisis de las variables forestales se realizó un análisis longitudinal, evaluándose el efecto tratamiento, tiempo y tratamiento\*tiempo.

El modelo de varianza utilizado para analizar las variables forestales y pratenses, corresponde al modelo  $Y = m + T + t + (T * t) + E$ ,

donde  $m$  = Constante,  $T$  = Tratamiento,  $t$  = Tiempo, y  $E$  = Error.

Para la evaluación estadística de los parámetros forestales, se

utilizó el procedimiento PROC MIXED de SAS versión 9.3 (SAS Institute, 2003), y para la comparación entre tratamientos se utilizó el ajuste de LSMEANS de SAS, con un nivel de significancia del 5 %.

Para la evaluación de la pradera, se utilizó un diseño de parcelas distribuidas al azar, modificando su ubicación cada año. Se utilizaron 3 jaulas de exclusión de 0,5 m<sup>2</sup> para cada tratamiento, donde se evaluó la pradera en materia seca (MS) por hectárea (kg MS ha<sup>-1</sup>). Las muestras cortadas en las jaulas de evaluación al final de cada periodo vegetativo, en enero de cada año, fueron puestas a 60°C en horno de secado hasta peso constante. Los resultados fueron analizados estadísticamente a través de análisis de varianza, para comparar los promedios y la prueba de hipótesis específica se utilizó LSD (Least Significant Difference), con un nivel de significancia del 5 %.

## Resultados

De los resultados expuestos en tabla 1, se puede apreciar que el DAP, H y AB a los ocho años fueron superiores en el sistema silvopastoral, lo cual es coincidente con lo encontrado por Sotomayor y Cabrera (2008), y Sotomayor et al. (2010). Para DAP y AB este resultado es probablemente producto de un mayor espaciamiento original en el tratamiento silvopastoral en relación al testigo forestal, donde los árboles tuvieron una mayor competencia debido a la mayor densidad. Para H, la razón puede ser resultado de la fertilización aplicada a la pradera sembrada, y a leves diferencias de sitio, lo cual también puede haber influido en DAP y BA.

En cuanto a la producción pratense, en tabla 2 se exponen los resultados de mediciones realizadas entre los años 2006 y 2013. De los resultados expuestos, se observa que al estable-

cer praderas sembradas con leguminosas en los tratamientos silvopastorales, se aumentó significativamente la productividad de la pradera, en relación a tratamiento testigo con pradera natural, sin fertilización, lo cual es recomendado por INIA (2011). Cuando se comparan los tratamientos y temporadas solo con pradera natural, no existieron diferencias significativas entre los años 2006 y 2008, encontrándose diferencias los años 2009 y 2010, con una mayor producción en sistema T3. No se han apreciado a la fecha aún respuestas claras de la densidad forestal en relación a la producción pratense. Una de las razones ha sido por eventos de sequía, que han afectado la producción de la pradera.

**Unidad Experimental y Demostrativa Los Álamos, Provincia de Arauco, Región de Biobío.**



Tabla 1: Resultados parámetros forestales en sistema silvopastoral y forestal al año 2013, Unidad Agroforestal Los Aromos, Región del Maule, Chile.

Sistema Silvopastoral y Forestal Establecido	DAP (cm)	H (m)	N° (arb ha <sup>-1</sup> )	AB (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )
T2: Sistema Silvopastoral con 1000 arb ha <sup>-1</sup> , raleado a 427 arb y podado a 3,2 m.	16,6 <sup>a</sup>	12,0 <sup>a</sup>	427	9,38 <sup>a</sup>
T3: Forestal Puro con <i>Pinus radiata</i> 1.250 arb ha <sup>-1</sup> , raleado a 520 arb y podado a 2,1 m.	13,7 <sup>b</sup>	10,8 <sup>b</sup>	520	7,84 <sup>b</sup>

\*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) para análisis en el tiempo, por año de evaluación y tratamiento.

Tabla 2: Producción pratense, tanto pradera sembrada como natural, kg MS ha<sup>-1</sup>, en sistemas silvopastorales y área testigo sin influencia arbórea, Unidad Agroforestal Los Aromos, Región del Maule, Chile.

Tratamiento	Producción pradera natural y sembrada (kg MS ha <sup>-1</sup> )						
	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2013
T2: Silvop 500 arb ha <sup>-1</sup>	1.333 <sup>a#</sup>	1.600 <sup>a#</sup>	756 <sup>a#</sup>	930 <sup>a#</sup>	839 <sup>a#</sup>	4.306 <sup>b*</sup>	1.035 <sup>c*</sup>
T3: Silvop 1000 arb ha <sup>-1</sup>	3.920 <sup>b*</sup>	4.760 <sup>b*</sup>	851 <sup>a#</sup>	1.531 <sup>b#</sup>	1.189 <sup>b#</sup>	3.781 <sup>b*</sup>	2.473 <sup>b*</sup>
T4: Pradera natural (testigo)	1.813 <sup>a#</sup>	1.810 <sup>a#</sup>	648 <sup>a#</sup>	835 <sup>a#</sup>	835 <sup>a#</sup>	837 <sup>a#</sup>	565 <sup>a#</sup>

\*: Pradera sembrada con trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*), trébol balanza (*Trifolium michelianum*) y hualputra (*Medicago polymorpha*), y gramíneas naturales.

#: Pradera natural, sin fertilización

+: Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), por temporada de evaluación y tratamiento

## Material y Método

Esta Unidad se estableció en la comuna de Los Álamos, Provincia de Arauco, Región del Biobío, en una superficie de 1,3 hectáreas. La unidad ocupa un terreno plano, con pendientes entre 3 y 5%, característico de las terrazas marinas de la zona de la Provincia de Arauco. El suelo de terrazas marinas, es profundo, franco arcilloso en la superficie a arcilloso denso en profundidad (Peralta, 1976).

La comuna de Los Álamos, se ubica dentro del Agro-clima Concepción, que corresponde a un área de influencia costera. El régimen térmico se caracteriza por una temperatura media anual de 13,2 °C, con una máxima media en el mes de enero de 25,1 °C y una mínima media en el mes de julio de 5 °C. Este clima tiene un período de 7 meses libre de heladas. El régimen hídrico, indica una precipitación anual de 1.330 mm (Peralta, 1976).

Diseño experimental: En esta unidad en el año 2009 se estableció un sistema silvopastoral con la especie *Pinus radiata*, con un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, probándose 5 densidades silvopastorales, para analizar el efecto de la densidad en la producción de forraje. Las plantas fueron

establecidas en base a dos hileras de plantación, establecidas a 2 m en la hilera y 3 m entre hileras, y separadas de las siguientes dos líneas desde 6 a 18 m, conformado cinco tratamientos, T1: con 1111 arb ha<sup>-1</sup>, T2: 833 arb ha<sup>-1</sup>, T3: 666 arb ha<sup>-1</sup>, T4: 555 arb ha<sup>-1</sup>, y T5: 454 arb ha<sup>-1</sup>. Entre las dos líneas de plantación, se evaluó el comportamiento de la pradera, tanto natural como sembrada con trébol rosado (*Trifolium pratense* L.) y pastos naturales.

Evaluación de la pradera: el método de evaluación de la pradera, y el procedimiento estadístico es el mismo usado para la Unidad Experimental Cauquenes, expuesta anteriormente. Los tres primeros años desde el establecimiento del sistema silvopastoral, se mantuvo la pradera natural sin un uso intensivo, para permitir el crecimiento de los pinos, y que estos no fueran afectados por ramoneo de animales. La pradera establecida durante la primavera del año 2012, estuvo compuesta por trébol rosado y gramíneas naturales de la zona, fertilizada con 200 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato triple, y utilizada por ganado vacuno y equino propio de la zona. Para la segunda temporada 2013-2014 la pradera no fue fertilizada.



Figura 2: Vista ensayo sistema silvopastoral con *Pinus radiata* y trébol rosado, establecido en bloques al azar en densidades de 454 a 1111 arb ha<sup>-1</sup>, Unidad Los Álamos, Provincia de Arauco, Región del Biobío, Chile.

## Resultados

### Productividad pradera, años 2012 y 2013.

En la primera temporada de producción 2012-2013 se observó una mayor producción de la pradera en los espaciamientos mayores de 12 a 18 m entre fajas de árboles, siendo T3 y T4 los que obtuvieron mayores valores con diferencias significativas. En general, a una mayor apertura, y menor cobertura arbórea, se aumenta la producción de la pradera, lo cual es coincidente a lo expuesto por Anderson et al. (1988), Sotomayor (1988, 1989), Sotomayor y Cabrera (2008) y Sotomayor et al. (2011).

En la temporada siguiente, 2013-2014, no se observó una tendencia clara, lo cual puede ser atribuido a un mal manejo de la pradera, al no haberse fertilizado, y consecuentemente una naturalización de la pradera con más presencia de gramíneas anuales y pérdida de trébol, originando una disminución de la producción, y a una menor precipitación en la zona del 30%. Los tratamientos con mayor producción fueron T1, T2 y T4, con diferencias significativas sobre los otros.

Tabla 3: Producción de la pradera por temporada 2012-2013 y 2013-2014, en sistemas silvopastorales con *Pinus radiata*, Unidad Los Álamos, Región del Biobío.

Tratamientos y distanciamiento entre fajas de árboles (m)	Productividad pradera por temporada y tratamiento (kg MS ha <sup>-1</sup> )	
	2012-2013	2013-2014
T1: 6 m	3.202,7 <sup>a</sup>	1.640,7 <sup>a</sup>
T2: 9 m	3.409,3 <sup>a</sup>	2.060,0 <sup>a</sup>
T3: 12 m	4.247,3 <sup>b</sup>	1.221,0 <sup>b</sup>
T4: 15 m	4.732,7 <sup>b</sup>	1.866,7 <sup>a</sup>
T5: 18 m	3.876,0 <sup>c</sup>	1.180,0 <sup>b</sup>
Promedio	3.893,6	1.593,7

\*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) por año de evaluación y tratamiento.

## Conclusión

De los resultados expuestos en las dos situaciones analizadas de la zona central de Chile, se puede concluir:

Es factible establecer sistema silvopastorales con pino radiata asociada a praderas para producción de forraje, en predios de pequeños agricultores, donde la producción de praderas con especies de leguminosas sembradas y con fertilización, se obtuvieron rendimientos adecuados para la zona (INIA, 2011); cuando se trabajó con praderas naturales y sembradas sin fertilización, las producciones fueron bajas, siguiendo las recomendaciones de INIA (2011), sobre la necesidad de fertilizar las praderas en los suelos del secano costero e interior de Chile central, en especial con nitrógeno y fosforo.

Para la producción forrajera en un sistema silvopastoral, es

fundamental el manejo de la cobertura arbórea, con podas y raleos, para así manejar el acceso de la luz (Sotomayor y Teuber, 2011), recurso fundamental para el desarrollo de las especies forrajeras.

Junto a la producción de forraje para alimentación de ganado doméstico obtenido en un sistema silvopastoral, se suma la posibilidad de obtener madera producto del componente arbóreo manejado con podas y raleos para permitir el desarrollo de la pradera como también para obtener trozas libres de nudos o defectos para madera de buena calidad, que puede implicar en un importante mejoramiento de la rentabilidad del sistema silvopastoral, lo cual fue reportado por Sotomayor y Cabrera (2008).

## Referencias

- Anderson G.W., Moore R.W., Jenkins P.J. (1988). The integration of pasture, livestock and widely-spaced pine in South West Western Australia. *Agroforest Syst*, 6: 195-211.
- INIA (2011) Recomendación de praderas para sistemas silvopastorales en la zona centro sur de Chile. Carlos Ruiz (ed), Serie de Actas INIA N° 46, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chilla, Chile. 59 p.
- Instituto Forestal (INFOR) (2013a) El Sector Forestal Chileno 2013. Santiago, Chile, 2013.
- Instituto Forestal (INFOR) (2013b) Informe final Programa Agroforestal Nacional (PAN), INFOR, Concepcion, Chile.
- Leslie B., Knowles R., y Moore R. (1998) Silvopastoreo con *Pinus radiata* en Zonas Frías. In: Compilación de Resultados en Diversos Ensayos de Modelos Silvopastorales en Chile y en el Extranjero.
- Peralta. M (1976). Uso, clasificación y conservación de suelos. Santiago, Chile: Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), 1976. 340 p.
- Sotomayor A. (1989) Sistemas Silvopastorales y su Manejo. *Chile Agrícola*, (156):203-206.
- Sotomayor A. (1990) Sistemas Silvopastorales y su Manejo. *Chile Agrícola*, (157):203-206.
- Sotomayor A. y Cabrera C. (2008) Análisis de un sistema silvopastoral con *Pinus radiata* D. Don. asociado con ganado ovino en la zona mediterránea costera de Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*, Vol. 14 (2). Pp: 269-286
- Sotomayor A., Lucero A., Grosse H., Bello A. y Soto H. (2009) Análisis agroforestal de la pequeña propiedad agrícola en las regiones del Bío Bío y la Araucanía. *Ciencia e Investigación Forestal*, Vol. 15 (3). Pp: 355-382.
- Sotomayor A., Moya I. y Acuña B. (2010) Comportamiento de las variables dasométricas en plantaciones de *Pinus contorta* Doug. Ex Loud., bajo manejo silvopastoral y forestal en la Región de Aysén, Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*, 16(3): 265-290.
- Sotomayor A. y Teuber O. (2011) Evaluación del efecto de los arboles manejados bajo ordenación silvopastoral en los parámetros climáticos del sitio, en relación a un manejo ganadero sin árboles. *Ciencia e Investigación Forestal*, 17(1): 23-40.
- Sotomayor A., Teuber O., Moya I. y Almonacid P. (2011) Productividad animal en un sistema silvopastoral con la especie *Pinus contorta*, en relación a un manejo ganadero sin árboles, en la región de Aysén, Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*, 17(2): 139-152.

# Ensayo de siembra de *Thynopirum ponticum* y *Bromus stamineus* bajo pino ponderosa al sur de la provincia del Chubut

G.A. Loguercio<sup>1,2</sup>; C.G. Buduba<sup>2,3</sup>; E. Oyharzábal<sup>1,3</sup>; H. Gonda<sup>1,2</sup>; G.C. García Martínez<sup>3</sup>; Nidia Hansen<sup>3</sup>

## Resumen

Las tierras degradadas por sobrepastoreo en la estepa patagónica conservan su potencial para el desarrollo de forestaciones con pino ponderosa. Bajo los bosques plantados se generan condiciones microambientales que podrían ser utilizadas para reestablecimiento de una cobertura de pastizal y la recuperación de cierta producción forrajera. Se presentan resultados de un ensayo al sur de la provincia del Chubut en el que se evaluó la siembra de *Bromus stamineus* “cebadilla perenne” y *Thynopirum ponticum* “agropiro alargado” en la estepa y bajo cobertura de bosque plantado adyacente en cinco sitios. Se probaron siembra de primavera y otoño. Los resultados mostraron una muy buena emergencia y sobrevivencia al primer año de más de 200 y de 100 plantas/m<sup>2</sup>, respectivamente, especialmente de la siembra de primavera (800 y 400 plantas/m<sup>2</sup>), pero una mortalidad que se prolongó en el tiempo, incluso en los meses húmedos de invierno, quedando un escaso número de plantas a los dos años del inicio. La cobertura no tuvo efecto sobre la emergencia, sobrevivencia, ni la productividad. Hasta el momento de la primer fructificación la producción en biomasa de ambas especies no superó 45 kg/ha

**Palabras clave:** siembra, agropiro, cebadilla, silvopastoril.

## Seedling trial *Thynopirum ponticum* and *Bromus stamineus* under ponderosa pine in the south of Chubut province

## Abstract

Degraded land by overgrazing in the Patagonian steppe conserve their potential for afforestation with ponderosa pine. Under Planted Forests microenvironmental conditions could be suitable for reestablishing a permanent grassland with a reasonable forage production. The results of establishing *Bromus stamineus* and *Thynopirum ponticum* at different sowing dates, on steppe and under adjacent afforestation cover at five different forest plantations are presented. Emergence and first year survival were 200 and 100 seedlings/ m<sup>2</sup>, respectively, specially spring sowing (800 and 400 seedlings/m<sup>2</sup>); however, mortality has been constant, even during winter month, leaving a small number of plants within two years of onset. Tree cover had no effect on emergence, survival or productivity. Until the moment of primer fruiting biomass both species not exceeded 45 kg/ha.

**Key words:** sowing, agropiro, cebadilla, silvopastoral.

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino-Patagonico. [gloguercio@ciefap.org.ar](mailto:gloguercio@ciefap.org.ar) <sup>2</sup> Universidad de la Patagonia San Juan Bosco <sup>3</sup>EEA INTA Esquel, Chacabuco 513. Esquel, Chubut.

## Introducción

La Patagonia está afectada por procesos de desertificación que en algunas zonas alcanzan dimensiones acuciantes (Del Valle *et al.* 1997; Paruelo y Aguiar 2003). En particular en la estepa, la creación de bosques implantados con especies adaptadas al sitio, es una de las principales medidas que podrían ayudar a frenar este proceso (Broquen *et al.* 2003). Además, los bosques plantados generan condiciones microambientales que podrían ser beneficiosas para la restauración y recuperación de ciertos nivel de producción forrajera para el desarrollo de sistemas silvopastoriles. Existen escasas experiencias de siembra de pasturas en la estepa y en general no han sido exitosas (Bonvisuto y Somlo 1994). Buduba *et al.* (2010, 2012), en el norte de Chubut sembraron diversas especies forrajeras introducidas (*Dactylis glomerata*, *Bromus stamineus*, *Thynopirum ponticum*, *Festuca arundinacea*, *Plantago lanceolata*, *Trifolium pratense*, *Medi-*

*cago spp.*) bajo el dosel de pino ponderosa. El mejor comportamiento se observó con *Bromus stamineus* “cebadilla perenne” y *Thynopirum ponticum* “agropiro alargado” que germinaron y crecieron pero las plántulas no soportaron el estrés por sequía de la época estival (com. per. Buduba). Al sur de Corcovado (43° 30'), donde existen 240 mil ha de tierras forestables (Loguercio *et al.* 2014), la mayor latitud y altitud hacen al clima algo más frío, con temperaturas medias y mínimas medias anuales que rondan 7,5 °C y -2,5 °C, respectivamente, lo que podría favorecer el establecimiento y desarrollo de las pasturas bajo los pinos.

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la cobertura de pino ponderosa en comparación con la estepa sobre el establecimiento (germinación y crecimiento inicial) de agropiro y cebadilla mediante siembra al sur de la provincia del Chubut.

## Materiales y métodos

Entre las localidades de Corcovado (S 43°32'47"; W 71°27'47") y Río Pico (S 44°10'41.02"; W 71°22'02.53") con un gradiente de precipitación de 500 a 750 mm/año, se seleccionaron 5 plantaciones de pino ponderosa (sitios), con edades entre 16 y 26 años y coberturas entre 20 y 47 % (Tabla 1).

Cada sitio fue un bloque. Los factores en cada lugar fueron los mismos tres: bosque-estepa (2 niveles), especie forrajera comercial (2 niveles): agropiro alargado cv. Rayo y cebadilla perenne cv. Gato y fechas de siembra (4 niveles): primavera y otoño de 2012 y 2014, respectivamente. Los factores especie y fecha de siembra tuvieron tres repeticiones cada uno. Las siembras se realizaron manualmente en surcos, en parcelas cuadradas de 4 m<sup>2</sup>, distribuidas aleatoriamente en cada repetición (Figura 1). Las densidades de siembra fueron de 1.080 semillas/m<sup>2</sup> de agropiro y 1.040 semillas/

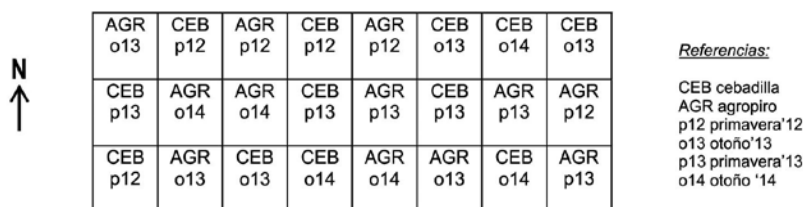
m<sup>2</sup> de cebadilla (65 kg.ha<sup>-1</sup> y 120 kg.ha<sup>-1</sup> respectivamente). Los ensayos fueron clausurados al ganado.

Mensualmente se contaron el número de plantas vivas en una línea permanente de 1 m de largo en cada parcela, refiriendo el valor al m<sup>2</sup>. La evaluación de la emergencia de las tres siembras se realizó en diciembre por ser el mes de mayor número de plantas germinadas y la sobrevivencia en marzo, al finalizar el período seco. Los datos se analizaron mediante ANOVA. No se incluyen los resultados de la siembra de otoño de 2014, por no haber culminado aún el primer período de crecimiento, que se evaluará en marzo de 2015. Además, se determinó la productividad primaria neta aérea (PPNA) al momento inicial de la encañazón - espigazón. El material verde se secó en estufa a 65 °C hasta peso constante para determinar la materia seca (MS), que fue llevada a kg MS.ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 1.** Parámetros dasométricos de los 5 rodales de pino ponderosa seleccionados para contrastar con la estepa adyacente los ensayos de siembra con especies forrajeras.

Sitio	Edad (años)	IE (m)	N/ha	AB (m <sup>2</sup> /ha)	DMC (cm)	FCC	IDR	Cobertura (%)
1 (C)	18	2,35	593	8,64	13,6	0,36	203	20
2 (P)	26	2,63	624	27,6	23,7	0,84	569	47
3 (Sab)	16	2,62	797	12,8	14,3	0,52	298	38
4 (Sar)	20	1,76	983	25,5	18,2	0,88	559	47
5 (T)	20	2,78	620	7,97	12,8	0,34	190	26

Aclaraciones: IE= índice de entrenudos; N/ha: nro. de árboles por ha; DMC= diámetro medio cuadrático; FCC= factor de competencia de copas; IDR= índice de densidad de Reineke



**Figura 1.** Distribución de parcelas de siembra en cada una de las 10 clausuras.

## Resultados

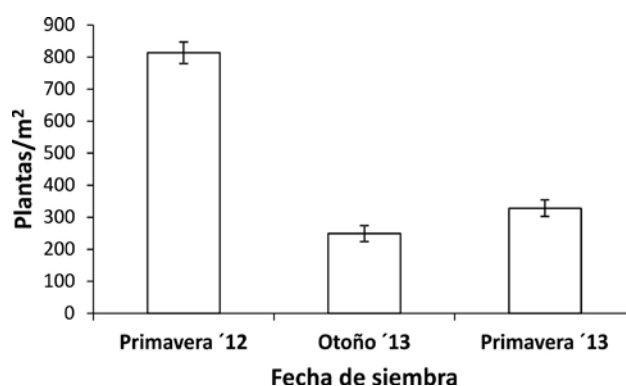
### Emergencia

El resultado del ANOVA para la emergencia mostró como significativa la fecha de siembra, indicando que el sitio fue adecuadamente bloqueado (Tabla 2).

**Tabla 2.** Resultados del ANOVA de emergencia.

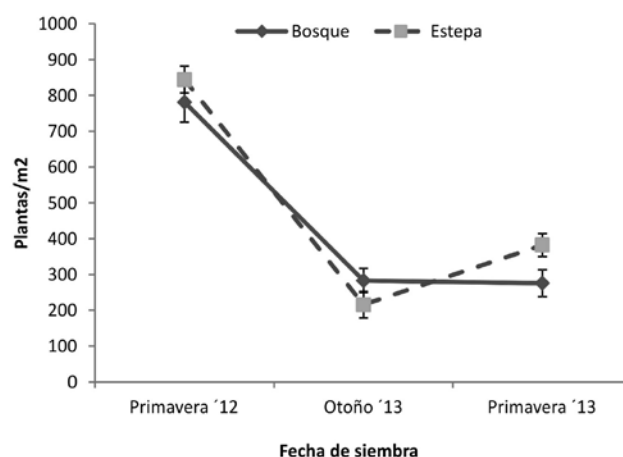
Fuente	GD	Sx Tipo I	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F
Lugar	4	71.9918,80	17.9979,70	4,06	0,0036
Especie	1	40.140,80	40.140,80	0,91	0,3428
Fecha de siembra	2	11.165.407,60	5.582.703,80	125,91	<0,001
Bosque-estepa	1	52.839,20	52.839,20	1,19	0,2766
Bosque-estepa*Especie	1	65.895,20	65.895,20	1,49	0,2246
Bosque-estepa*Fecha	2	245.645,20	122.822,60	2,77	0,0656
Especies*Fecha	2	107.069,20	53.534,60	1,21	0,3016
Bosque-estepa*Especie*Fecha	2	28.490,80	14.245,40	0,32	0,7257
Error	164	7.271.318,00	44.337,30		
Total	179				

La emergencia de la siembra de primavera de 2012, con 800 plantines por m<sup>2</sup>, fue significativamente superior al de las otras dos fechas (Figura 2).



**Figura 2.** Promedio y error estándar del número de plantas en el momento de máxima emergencia (diciembre) de las 3 fechas de siembra. Letras diferentes indican diferencias significativas. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Las interacciones entre el factor bosque-estepa y la fecha de siembra se debieron a que para las siembras de primavera de 2012 y 2013 la emergencia fue superior en la estepa, mientras que la emergencia de la siembra de otoño de 2013 fue mayor en el bosque (Figura 3).



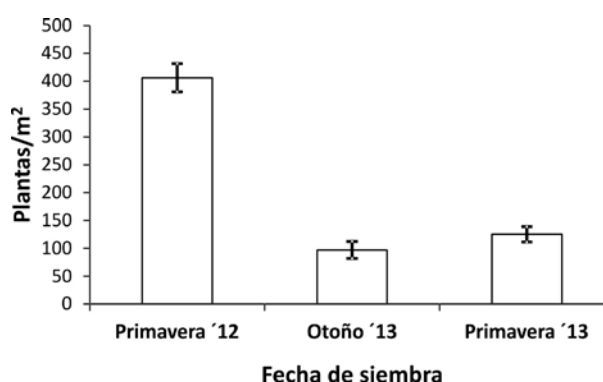
**Figura 3.** Promedio y error estándar del número de plantas en el momento de máxima germinación (diciembre) en el bosque y la estepa adyacente.

### Sobrevivencia

En el caso de la sobrevivencia fueron significativos la fecha de siembra y la interacción entre los factores bosque-estepa \*especies como significativas, siendo la diferencias entre sitios adjudicadas a los bloques (Tabla 3). La siembra de primavera de 2012 fue la del mayor número de plantas al fin del período seco (figura 4).

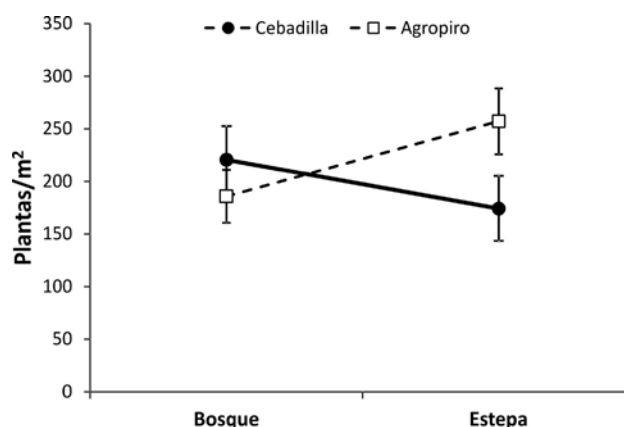
**Tabla 3.** Resultados del ANOVA de la sobrevivencia al finalizar el primer verano (marzo) correspondiente a cada fecha de siembra

Fuente de variación	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LUGAR	4	312674.000	78168.500	4.16	0.0031
BOSQUE_O_NO	1	6993.800	6993.800	0.37	0.5425
ESPECIE	1	26064.200	26064.200	1.39	0.2405
BOSQUE_O_NO*ESPECIE	1	155937.800	155937.800	8.30	0.0045
FECHASIEMBRA	2	3506206.800	1753103.400	93.35	<.0001
BOSQUE_O_*FECHASIEMB	2	70946.800	35473.400	1.89	0.1545
ESPECIE*FECHASIEMBRA	2	49214.800	24607.400	1.31	0.2725
BOSQUE*ESPECI*FECHAS	2	76812.400	38406.200	2.05	0.1327
Error	164	3079884.400	18779.783		
Total	179	7284735.000			



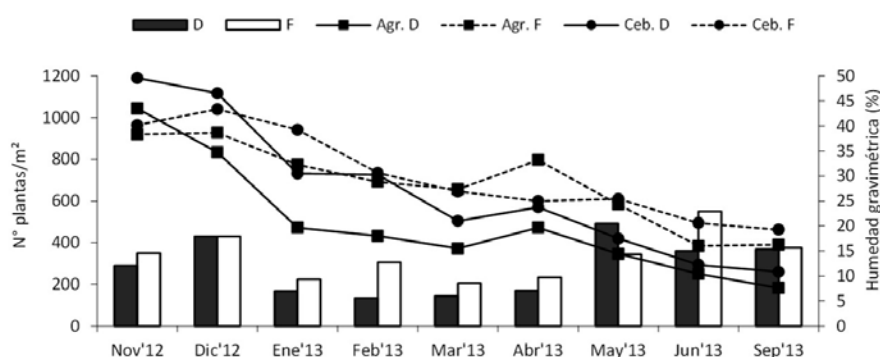
**Figura 4:** Promedio y error estándar del número de plantas al finalizar el primer verano (marzo) correspondiente a cada fecha de siembra. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

La interacción entre los factores bosque-estepa y especie se debió a que la sobrevivencia fue mayor en cebadilla que en agropiro en el bosque, y a la inversa en la estepa (Figura 5).



**Figura 5.** Promedio y error estándar del número de plantas de cebadilla y agropiro en el bosque y la estepa al finalizar el primer verano (marzo).

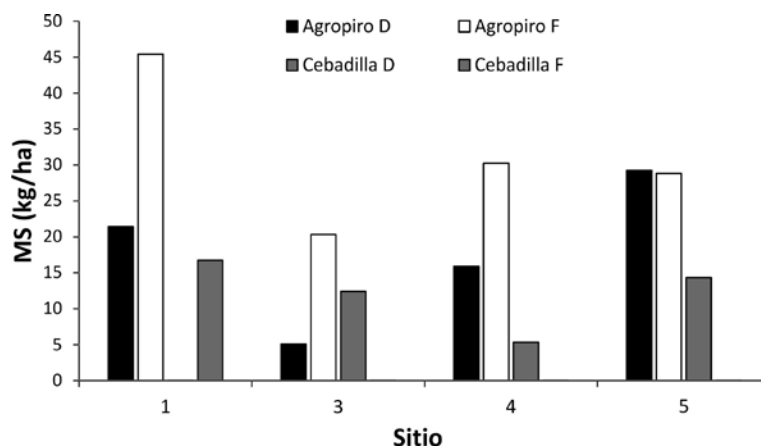
El monitoreo mensual de plantas vivas en todos los sitios permitió observar una continua mortalidad, también durante el invierno, como lo muestra el ejemplo del sitio 1 en la figura 6. Durante el verano de 2013 continuó la muerte de plantas, que dada la presencia de otras especies de malezas no se pudo contabilizar.



**Figura 6.** Evolución de las plantas vivas de agropiro y cebadilla, correspondientes al lote Primavera'12 para el sitio 1, y la humedad de suelo (barras), dentro (D) y fuera (F) del bosque.

### Productividad

A lo largo de los dos primeros años del ensayo no se observó una producción considerable, no superando en ningún caso 50 kg MS.ha<sup>-1</sup> (Figura 7). La producción de las parcelas, que al momento del muestreo aún no habían sembrado (ej. sitio 2), no fue incluida en la estimación.



**Figura 7:** Materia seca de agropiro y cebadilla de la primera defoliación en el bosque (D) y la estepa (F) de los sitios de ensayo 1, 3, 4 y 5, luego de alcanzar la espigazón.

## Discusión

La emergencia y sobrevivencia al primer año de todos los sitios del ensayo ha sido satisfactoria, superior al observado por Buduba *et al* (2010, 2012). La siembra de primavera ha mostrado mejores resultados, en contraposición a lo encontrado en la estepa por Bonvisuto y Somlo (1994), que correspondió a la siembra de otoño. Entre la emergencia y sobrevivencia se observó una declinación en el número de plantas, que continuó en el tiempo, tanto en el bosque como en la estepa, incluso durante el invierno, llegando a niveles muy bajos al momento actual. El efecto del bosque no ha sido en

todos los sitios igual, pero en general no hubo diferencias con la estepa. Para evaluar el efecto de la cobertura luego de haber superado la etapa de establecimiento, se podría utilizar plantines vitales producidos en vivero, con un sistema radical prominente. Esto es motivo de estudio del grupo de investigación, incluyendo también especies nativas. Dada la baja producción en biomasa de cebadilla y agropiro observada, podría evaluarse el efecto de una fertilización, aunque en general se considera que los suelos no presentan déficit de nutrientes.



## Conclusiones

La siembra de agropiro alargado y cebadilla perenne en tierras degradadas al sur de Chubut, tanto afuera como adentro del bosque plantado, presentó un buen establecimiento inicial, especialmente la realizada en primavera. El efecto de la co-

bertura presentó cierta diferencia entre sitios. Sin embargo, se observó alta mortalidad a lo largo del tiempo, sobreviviendo plantas en grupos que no alcanzaron un desarrollo que aseguren un nivel productivo satisfactorio.

## Agradecimientos

Se agradece a los propietarios de los campos donde se realizó el estudio, sin cuya colaboración no habría sido posible su realización. Las clasuras y las siembras contaron con la colaboración de personal de la Brigada de incendios forestales de Río Pico a cargo del Sr. Tito Momberg de la Subsecretaría de Bosques y Parques del Chubut y de los Sres. Cecilio Jones y Armando Escalona de INTA, a los que expresamos nuestro agradecimiento. Este estudio PIA 10093 fue financiado por Componente 2 Plantaciones Forestales Sustentable del Proyecto BIRF 7520 AR de UCAR, perteneciente a MINAGRI.

## Bibliografía

- Bonvissuto G. y Somlo R. 1994. Siembra de pasturas en Patagonia: pasado, presente y futuro. Comunicación técnica N°53. Área Recursos Naturales Pastizales Naturales. INTA EEA Bariloche.
- Buduba C. G., Hansen N., Bobadilla S., Lexow G. y Escalona M. 2010. Ensayo de implantación de pastura en bosque de pino ponderosa. I Congreso Internacional Agroforestal Patagónico. Coyhaique, Chile: 293.
- Buduba C., Hansen N., Lexow G., Bobadilla S., Binda S., Von Müller A. y Ocampo G. 2012. Implantación de dos especies forrajeras bajo bosque de pino en la estepa patagónica. Actas II Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Santiago del Estero: 184.
- Del Valle H.F., N.O. Elissalde, D.A. Gagliardine y J. Milovich 1997. Distribución y cartografía de la desertificación en la región de Patagonia. REVISTA DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS; Año: 1997 vol. 28 p. 1 – 24.
- Loguercio, C. Buduba, E. Oyharçabal, H. Gonda y N. Hansen 2014. Productividad forestal y bases para el desarrollo de sistemas silvopastoriles con pino ponderosa al sur de la provincia del Chubut. PIA 10093. Informe Final. UCAR-MINAGRI.
- Paruelo J.M. y Aguiar M.R. 2003 El impacto humano sobre los ecosistemas, el caso de la desertificación en Patagonia. Ciencia Hoy 13. 48-59.

# **Análisis preliminar de la calidad forrajera de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en el Norte de Misiones, Argentina**

M. Loto<sup>1</sup>; M. B. Rossner<sup>2</sup>; L. Colcombet<sup>1</sup>; G. Kimmich<sup>2</sup>

## **Resumen**

Se evaluó la calidad nutricional del “Botón de Oro” *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray a través del contenido de nitrógeno (N), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), fósforo (P), calcio (Ca), porcentaje de Materia Seca (%MS), estimaciones de digestibilidad de la materia seca (DMS) y proteína bruta (PB) en hojas y tallos. El objetivo de este trabajo fue realizar un estudio preliminar pos período invernal de *T. diversifolia* para evaluar parámetros nutricionales en diferentes partes de la planta, bajo la hipótesis de que sea una especie de calidad superior con respecto a las gramíneas forrajeras utilizadas. Se observó mayor diferencia en PB (15,8%) y DMS (16,4%) en las hojas con respecto a los tallos, en cambio en los tallos fue mayor el contenido de P (0,107%), FDN (15,3%) y FDA (21,1%) con respecto a las hojas lo cual indicaría que la calidad de la materia seca consumida puede variar en función de la estructura de la planta y afectar el nivel de productividad animal a lograr.

**Palabras claves:** proteína bruta, productividad animal, FDN, FDA, digestibilidad.

## **Preliminary analysis of forage quality of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray in northern Misiones, Argentina**

## **Summary**

The nutritive quality of “Wild sunflower” *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray was evaluated through nitrogen (N), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (FDA), phosphorus (P) and calcium (Ca) content, dry matter percentage (% DM), dry matter digestibility (DMD) and crude protein (CP) in leaf and stems. The aim of this work was to realize preliminary nutritional study parameters in different parts of the plant after winter season to *T. Diversifolia*, with the hypothesis that better quality compared to forage grasses used. In this work were observe a difference the leaves compared to stem of CP (15,8%) and DDM (16,4%). The stem had a higher content of P (0,107%), NDF (15,3%) and ADF (21,1%), this would mean dry matter intake depend on the structure of the plant and affect level animal productivity.

**Key words:** crude protein, animal productivity, FDN, FDA, digestibility.

<sup>1</sup> EEA INTA Montecarlo, Av. Libertador 2472 (3384) Misiones, Argentina. Tel (03751) 480057 loto.mauro@inta.gob.ar <sup>2</sup> EEA INTA Cerro Azul, Ruta Nacional 14. Km. 1085 (3313) Misiones, Argentina. Tel (0376) 449 4741

## Introducción

Ante la necesidad creciente de intensificar la ganadería subtropical, para atender un mercado cada vez más demandante en calidad y cantidad de carne, es necesario recurrir a estrategias de manejo basada en principios fisiológicos y nutricionales (Santini, 2014) del ganado que aseguren competencia y eficiencia productiva (Bragachini, 2008). En los sistemas ganaderos, la incorporación de pasturas con mayor productividad y valor nutricional es una estrategia importante al momento de mejorar el resultado productivo (Pueyo y Nenning, 2011). Las pasturas utilizadas en el noreste argentino son en su mayoría gramíneas C4 que presentan altas tasas de crecimiento en el verano, lo que provoca el aumento de la porción fibrosa, disminución rápida de la digestibilidad y del contenido proteico en estas especies (Kucseva y Balbuena, 2010). El alto contenido de fibra y bajo contenido de proteína en forrajes de baja calidad provocan un escaso aporte de nutrientes a la flora microbiana del rumen, disminuyendo la digestión y la tasa de pasaje (Ustarroz y De León, 2006). Esta, a su vez, ejerce un efecto regulador, de orden físico, que provoca la disminución en el consumo de materia seca (CMS) asociado directamente a la digestibilidad de los alimentos (Van Soest, 1965., Van Soest, 1994). Por lo tanto para cubrir los requerimientos de proteína, se debe recurrir a la utilización de especies con mayor calidad forrajera, como *Leucaena leucocephala* (Rossner *et al.*, 2008; Pachas, 2011), *Arachis pintoi* (Kimmich, 2010; Rossner, *et al.*, 2012), *Chamaecrista rotundifolia* (Rossner *et al.*, 2010 y 2012) y recientemente *T. diversifolia* (Calle Diaz y Murgueitio Restrepo, 2008).

*T. diversifolia* se destaca como promisorio para su utilización en la alimentación de bovinos en sistemas silvopastoriles debido a su alto contenido de proteína (Mahecha y Rosales 2005) además posee múltiples usos, ya que también es utilizada en la producción melífera (Calle Diaz y Murgueitio Restrepo, 2008) y como cubierta verde en la recuperación de suelos degradados (De Souza Junior, 2007) ya que se adapta a suelos ácidos con baja fertilidad (Calle Diaz y Murgueitio Restrepo, 2008). Es una especie arbustiva perteneciente a la familia de las Asteráceas, originaria de Centro América (Nash, 1976) y en Colombia es utilizada en sistemas silvopastoriles Intensivos (SSPi) donde coexisten arbustos como *T. diversifolia* para el pastoreo directo por los animales (ramoneo), intercalados con pasturas megatérmicas mejoradas para aumentar el suministro de forraje y con árboles maderables para lograr ingresos adicionales a corto y a largo plazo (Montagnini, 2012).

En esta especie, la biomasa comestible está formada por las hojas, peciolos y tallos de hasta 2 cm, de diámetro (Rios, 1997). Estudios previos citan contenidos de proteína de 18,9 a 28,8 %, bajo contenido de fibra y alta degradabilidad ruminal (Calle Diaz y Murgueitio Restrepo, 2008).

Al ser una especie tropical, no existe información sobre su comportamiento como recurso forrajero en el sub-trópico argentino. El objetivo de este trabajo fue realizar un estudio preliminar pos período invernal de *T. diversifolia* para evaluar parámetros nutricionales, bajo la hipótesis de que sea una especie de calidad superior con respecto a las gramíneas forrajeras utilizadas.

## Materiales y Métodos

El muestreo se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Montecarlo (26° 34' 09,68" latitud sur y 54° 45' 22,36" longitud oeste). El régimen pluviométrico es isohígro, con precipitaciones anuales promedio de 1.878mm. Los suelos predominantes son del orden ultisoles pertenecientes al gran grupo Kandialdalfes, de buena profundidad, arcillosos y bien drenados.

El 01/08/2015 se cosechó muestras individuales de follaje a partir de diez plantas adultas con un promedio de altura superior a 2m, a una altura de 40 cm para preservar los sitios de rebrote. El tamaño de la parcela fue de 50m<sup>2</sup> implantada en Febrero/2013. Se cosecharon la totalidad de las plantas, se separó en tallos mayores a 2 cm de diámetro, tallos menores a 2 cm de diámetro, hojas de tallos mayores a 2 cm de diámetro

y hojas de tallo menores a 2 cm de diámetro ya que las referencias indican que la mayor calidad nutritiva se encuentra en las porciones menores a 2 cm de diámetro (Rios, 1997). Las muestras se pesaron en fresco y luego se secaron en estufa a 60°C hasta peso constante para determinar %MS. Posteriormente se preparó una muestra compuesta, separando en las fracciones mencionadas las que se enviaron al laboratorio de calidad de forrajes de la EEA INTA Mercedes. Se realizaron las siguientes determinaciones: FDA, FDN (Método de los detergentes o de Van Soest), N (Método de destilación semi-micro Kjeldahl), P (Fiske y Subbarov), Ca (Espectroscopia de Absorción Atómica) DMS y PB con las ecuaciones %DIVMS = 88.9 - (%FDA x 0.779) (Di Marco, 2011) y PB = %N x 6,25 respectivamente.

## Resultados y Discusión

En Tabla 1 se presentan los resultados de %MS, FDN, FDA, N, P, Ca, y la estimación de PB y DMS.

Se observó mayor %MS, contenido de FDA, y menor contenido de PB en Tallos>2 y Hojas>2 con respecto a Tallos<2 y Hojas<2. Esto indica que el diámetro del tallo, asociado a su edad o tiempo de desarrollo, afectaría negativamente la calidad nutritiva del forraje. Esta característica es importante desde el punto de vista del manejo del pastoreo, ya que en estadios fenológicos más avanzados probablemente la calidad de la materia seca sea menor debido al aumento de los componentes en la pared celular (Mertens, 1993) y consecuentemente disminuye el consumo voluntario de rumiantes (Laredo y Minson, 1973). Estos resultados coinciden con los de Navarro y Rodríguez (1990) quienes obtuvieron %PB entre 14,84 y 28,75% y %MS entre 13.5 y 23.23% respectivamente con respecto a que ¿?

Tallos y hojas ¿?. Así mismo, Mahecha y Rosales (2005) encontraron en hojas contenidos de P de 0.32-0.39% y Ca de 1.65-2.25%, FDN de 35.3- 41% y Digestibilidad *In vitro* de la materia seca de 63.3%.

La mayoría de las especies forrajeras megatérmicas utilizadas en el noreste argentino son gramíneas de valor nutricional medio a bajo, limitantes en PB (4-11%) y DMS (48-58%, Peruchena, 2012), por lo que los valores encontrados en *T. diversifolia* indican que la especie es promisoría para la alimentación de bovinos en esta región.

Estos resultados obtenidos de plantas mantenidas en condiciones óptimas y de un solo corte sugieren continuar evaluando esta especie en diferentes situaciones (o manejos ¿?) y estaciones del año para corroborar el comportamiento observado en la región.

Tabla 1. Composición química de follaje de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en tallos mayores a 2 cm (T>2), tallos menores a 2 cm (T<2cm), hojas de tallos mayores a 2 cm (H>2) y hojas de tallos menores a 2 cm (H<2) cortada al iniciar el ciclo de crecimiento de la especie en Misiones, Argentina.

	T>2	T<2	H>2	H<2
MS (%)	22,7	13,0	17,6	9,9
FDN (%)	56,2	53,9	50,9	40,9
FDA (%)	44,2	41,5	31,4	23,1
N (%)	1,41	1,38	3,14	3,90
P (%)	0,406	0,268	0,303	0,299
Ca (%)	0,52	0,59	1,84	1,78
PB (%) <sup>1</sup>	8,6	8,8	19,6	24,4
DMS (%) <sup>2</sup>	54,5	56,6	64,4	70,9

1 y 2: estimaciones a partir de  $PB = \%N \times 6,25$  y  $DIVMS = 88,9 - (\%FDA \times 0,779)$ .

## Consideraciones Finales

El contenido de MS, FDN y PB varió en función del diámetro de tallos.

Tallos y hojas de porciones de mayor diámetro asociados a mayor edad o tiempo de desarrollo presentaron menor cali-

dad nutricional. Esto indicaría que habría diferencias en la respuesta animal bajo diferente intensidad y frecuencia de pastoreo.

## Bibliografía

- Bragachini, M., 2008. Ganadería, desafíos de intensificación para competir con la agricultura más eficiente del mundo. Rev. de la Sociedad Rural Jesús María, 165:46-54.
- Calle Diaz, Z., Murgueitio Restrepo, E., 2008. El Botón de Oro: arbusto de gran utilidad para sistemas ganaderos de tierra caliente y de montaña. Carta FEDGAN N° 108.
- Di Marco, O., 2011. Estimación de calidad de los forrajes. Producir XXI, Bs. As., 20(240):24-30
- De Souza Junior, O.F., 2007. Influência do espaçamento e da época de corte na produção de biomassa e valor nutricional de *Tithonia diversifolia* (HEMSL.) Gray". Universidade de Marília programa de pos-graduação em agronomia "Produção integrada em agroecossistemas" Faculdade de Ciencias Agrarias
- Kimmich, G. 2010. Efecto de la inoculación con *Bradyrhizobium* sp sobre la biomasa aérea y radical de *Arachis pintoi*, bajo dos condiciones de radiación y dos tratamientos de suelo, en el norte de la provincia de Misiones, Argentina. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad del Salvador, Campus San Roque Gonzáles de Santa Cruz, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Gdor. Virasoro, Corrientes, Argentina. Aprobada 15/10/2010.
- Kucseva, C.D., Balbuena, O., 2010. Efectos de la suplementación sobre el consumo de pastos tropicales. Jornadas Proyecto Nacional de Nutrición Animal. 47-57. 175
- Laredo, M.A., Minson, D.J., 1973. The voluntary intake, digestibility, and retention time by sheep of leaf and stem fractions of five grasses. Aust. J. Agric. Res. 24:875-898
- Mahecha, L., Rosales, M., 2005. Valor nutricional del follaje de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia* [Hemsl.] Gray), en la producción animal en el trópico. Livestock Research for Rural Development, v. 17, n. 9
- Mertens, D.R., 1993. Importance of the detergent system of feed analyses for improving animal nutrition. Proc. Cornell Nutr. Conf. P. 25-36
- Montagnini, F., 2012. Sistemas silvopastoriles, una alternativa a la ganadería convencional contribuyendo a la mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina.
- Nash D. 1976. Flora de Guatemala EN: Fieldiana: Botany Vol 24, Part XII, p.323-325. Field Museum of N
- Navarro, F., Rodriguez, E. F., 1990. Estudio de algunos aspectos bromatológicos del Mirasol (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray como posible alternativa de alimentación animal. Tesis Universidad del Tolima. Ibagué.
- Pachas, A.N.A., 2011. Leucaena, un arbolito que se las trae. Producir XXI, Bs. As., 19(238):20-24
- Peruchena, C.O. 2012. Los forrajes y la alimentación para intensificar la producción de carne del norte argentino. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/151-norte\\_argentino.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/151-norte_argentino.pdf)
- Pueyo, J. D., Nenning F. R., 2011. Siembras de primavera de Forrajeras Tropicales. Revista Producir N°239. 12 – 19
- Rios, C. 1997. Botón de Oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. En árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. 2da Edición. Colciencias-CIPAV. Cali, Colombia. p 115-126
- Rossner, M.B., Houriet, J.L., Pavetti, D.R. 2008. Descripción de pasturas evaluadas en sistemas silvopastoriles del Centro Sur de la Provincia de Misiones. EEA Cerro Azul, 2008. Miscelánea N°60. ISSN 0327-2052. 32 p.
- Rossner, M.B., Goldfarb, M.C., Lacorte, S.M., Jacobo, E.J. 2010. *Chamaecrista rotundifolia*- an outstanding legume in silvopastoral systems. Proceedings XXVI World Buiatrics Congress. Santiago, Chile. 14 al 18 de Noviembre de 2010.
- Rossner M.B., Arndt G., Kimmich G., Lacorte S. 2012. Radiación, fertilización e inoculación en la implantación de leguminosas forrajeras. Actas 2do Congreso Nacional Silvopastoril, Santiago del Estero, 9 al 11 de Mayo de 2012.
- Santini F.J., 2014. Conceptos básicos de la nutrición de Rumiantes. Nutrición Animal Aplicada. Unidad Integrada Balcarce . pp 4-24
- Ustarroz, E., De León, M., 2006. Utilización de pasturas y suplementación con granos en invernada. Informe Técnico No 7- Proyecto Ganadero regional. INTA EEA Manfredi.
- Van Soest, P. J., 1965. Symposium on factors influencing voluntary intake of herbage by ruminants - voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. Journal of Animal Science 24(3): 834-843
- Van Soest, P. J., 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd edition. Cornell University Press, Ithaca, USA. 342 p

# Conducta reproductiva de vacas lecheras cruzadas pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos del bosque seco tropical colombiano

Sierra-Montoya, E.; Ruiz-Cortés, T\*; Chará, J. \*\*; Barahona-Rosales, R., Suárez J.F.\*\*\*

## Resumen

En las últimas décadas se ha reportado que la eficiencia reproductiva de vacas de alta producción lechera tiende a reducir, lo que obedece, en parte, a los altos requerimientos nutricionales para soportar la producción de leche en la lactancia temprana, la cual es más aguda en condiciones tropicales por un déficit de energía y proteína en la dieta. Para determinar la eficiencia reproductiva y la productividad de vacas lecheras de raza Lucerna pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos compuestos por *Cynodon plectostachyus* y *Leucaena leucocephala*, se evaluó su comportamiento reproductivo (días abiertos, servicios por concepción e intervalo entre partos) y productivo (días en lactancia, producción diaria y total) desde el año 2004 hasta el 2010 en una finca ubicada en el Valle del Cauca. No hubo diferencia del comportamiento reproductivo durante los años evaluados ( $p < 0.05$ ). Con respecto a la producción de leche, no se presentó diferencia significativa en la duración de la lactancia ( $p < 0.05$ ), aunque la producción total de leche por lactancia (litros) fue mayor en el año 2004 (3145) y menor en el año 2009 (2301) ( $p < 0.05$ ). Con relación a la producción de leche (kg por día), se encontró que fue mayor en los años 2004 (9,94), 2005 (9,14) y 2006 (9,01), frente al año 2009 (7,27) que reportó la menor productividad diaria ( $p < 0.05$ ). Aunque no hubo variación en la eficiencia reproductiva de las vacas Lucerna, la producción de leche pudo verse afectada por factores como las condiciones climáticas (humedad, temperatura y pluviosidad), la oferta de biomasa forrajera, el número de animales y la época.

**Palabras clave:** Eficiencia reproductiva, ganado criollo, *Leucaena*, producción de leche, sistemas silvopastoriles intensivos.

## Reproductive behavior of crossbred dairy cows grazing in intensive silvopastoral systems in the Colombian tropical dry forest

## Abstract

In recent decades it has been reported that the reproductive efficiency of high-production dairy cows tends to decrease. This reproductive failure is influenced, in part, by the high nutritional requirements to support milk production in early lactation, a deficit that becomes more acute in tropical conditions due to a deficit in energy and protein in the diet. To determine the reproductive efficiency and productivity of Lucerna breed dairy cows grazing in intensive silvopastoral systems composed by *Cynodon plectostachyus* and *Leucaena leucocephala*, their reproductive (days open, services per conception and calving intervals) and productive (days in milk, daily and total milk production) behavior from 2004 to 2010 on farms in the Valle del Cauca. Comparisons indicate that there was no difference in reproductive behavior during the years evaluated ( $p < 0.05$ ). With regard to milk production, no significant difference occurred in the duration of lactations ( $p < 0.05$ ), although it was found that the total milk production per lactation (liters) was higher in 2004 (3145) and lower in 2009 (2301) ( $p < 0.05$ ). In relation to milk yield (kg per day) greater averages were observed in 2004 (9.94), 2005 (9.14) and 2006 (9.01) compared to 2009 (7.27) which reported lower daily productivity ( $p < 0.05$ ). It is concluded that although there was no variation in the reproductive efficiency of Lucerne cows, milk production could be affected by factors such as weather conditions (humidity, temperature and rainfall), the supply of forage biomass, number of animals and season.

**Keywords:** Creole cattle, intensive silvopastoral system (ISS), *Leucaena*, milk production, reproductive efficiency.

Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Calle 59ª # 63-20, Medellín, Colombia. [elsierramo@unal.edu.co](mailto:elsierramo@unal.edu.co). \* Grupo de Investigación Biogénesis, Universidad de Antioquia. \*\* Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria-CIPAV. \*\*\*Hacienda Lucerna S. A.

## Introducción

Al momento del parto, los requerimientos nutricionales de la vaca incrementan de manera inmediata por la alta producción de leche en la lactancia temprana, demandando una alimentación balanceada que supla todas sus necesidades (McNamara et al., 2003) insulín and insulín-like growth factor-I (IGF-I. Sumado a esta alta exigencia de nutrientes, acontece una disminución de aproximadamente 30% en el consumo de materia seca alrededor de 3 semanas antes del parto (Dann et al., 1999)), la que a medida que se acerca este evento reproductivo disminuye cada vez más por alteraciones del balance hormonal (McNamara et al., 2003). Estas situaciones, sumadas a la baja calidad composicional y oferta de la biomasa forrajera comúnmente encontradas en el trópico, inducen en la vaca a un estado de balance energético negativo (Henao et al., 2010; Galvis et al., 2005), en el que es necesaria la movilización de reservas corporales a partir de tejidos adiposos, con el fin de suplir los nutrientes necesarios para mantener la producción de leche (Henao et al., 2010). Si este estado nutricional persiste, la involución uterina y el retorno a la actividad ovárica se retardan, y como consecuencia, se puede afectar el intervalo parto-primer ovulación, días abiertos y servicios por concepción y por ende disminuir las tasas de concepción (Galvis

et al., 2005) y fertilidad de las vacas.

Con respecto al ganado criollo colombiano, aunque puede presentar una capacidad productiva limitada, exhibe un comportamiento reproductivo que puede superar a las razas bovinas introducidas, debido a su alta adaptación a las condiciones del país. A su vez, vacas cruzadas ubicadas en el trópico (*Bos indicus* x *Bos taurus*), presentan menores requerimientos y partición de nutrientes frente a las vacas de alta producción lechera (Aguilar-Pérez et al., 2014), con lo que se puede suponer que su desempeño reproductivo será superior frente a vacas en las que el mejoramiento genético busca incrementar la producción de leche.

En la búsqueda de rentabilidad y sostenibilidad de la productividad del hato bovino sin atender contra el medio ambiente, los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) han surgido como alternativas muy promisorias de producción ganadera (Barahona et al., 2014; Cuartas et al., 2014; Murgueitio et al., 2014). Con el fin de determinar la productividad de un hato de ganado criollo colombiano, se evaluó el desempeño productivo y la eficiencia reproductiva durante el período comprendido entre los años 2004 y 2010, cuando los animales pastoreaban en un SSPi ubicado en condiciones de bosque seco tropical en Colombia.

## Materiales y Métodos

### Localización

El estudio se realizó en la Hacienda Lucerna, localizada en Bugalagrande, Valle del Cauca, Colombia (3° Latitud Norte, 76° Longitud Oeste), a 960 metros sobre el nivel del mar. La Hacienda se encuentra ubicada en bosque seco tropical (Holdridge, 1978) con condiciones de humedad relativa de 60-80%, una temperatura entre 19-29°C y una pluviosidad media anual de 1200 mm.

### Animales y Alimentación

Las unidades experimentales eran hembras bovinas de raza Lucerna que hubieran registrado sus partos en la Hacienda Lucerna desde el año 2004 hasta el año 2010. Se analizaron todas las lactancias incluidas. Dichas vacas pastoreaban en un SSPi compuesto por la forrajera herbácea *Cynodon plectostachyus* y la leguminosa arbustiva *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham establecida en alta densidad (7000-10000 arbustos por hectárea). El SSPi incluía también especies arbóreas como *Prosopis juliflora*, dispersas en las franjas diarias de pastoreo, cuya área oscilaba entre 2000-2300 m<sup>2</sup> divididas por cerca eléctrica y con presencia de agua potable ofrecida en bebederos móviles. Los períodos de ocupación de las franjas oscilan entre 1 y 2 días y la duración del descanso del mismo era de 37-38 días.

La alimentación de estas vacas estuvo compuesta por los forrajes de la herbácea y arbustiva ofrecidos en las franjas del SSPi y suplementos ofrecidos durante el ordeño como concentrado comercial, residuos ricos en energía de empresas alimenticias y cachaza de caña de azúcar como subproducto de la elaboración de panela en la Hacienda.

### Análisis productivo y reproductivo

Una vez se recopilaron los datos de las vacas desde 2004 hasta 2010, se determinó que las variables reproductivas a ser incluidas en los análisis fueran días abiertos, servicios por concepción e intervalo entre partos. Estos parámetros fueron registrados a través de observación diaria del hato recién parido en el lote de ordeño de alta producción, al momento del ordeño en la mañana y en la tarde. Igualmente, si algún servicio observado del toro en las vacas era presenciado en la movilización del lote desde la franja de SSPi hacia las instalaciones de ordeño, era oportunamente registrado. Con respecto a la producción de leche, se incluyeron en el estudio los días en lactancia de cada animal estudiado, su producción diaria y total durante la lactancia. La medición de la producción de leche se realizó en el ordeño am y pm, con la utilización del vaso medidor del ordeño mecánico que toma muestras de la leche durante todo el proceso de ordeño. Al final del ordeño, se registró el volumen de producción de cada vaca.

### Análisis estadístico

Se realizó un estudio retrospectivo de datos recolectados desde el año 2004 hasta el año 2010 en vacas de producción de leche de la raza Lucerna. A dichos datos se les realizó un análisis descriptivo (Media y SEM). Igualmente, se analizó la variación de la eficiencia reproductiva y la producción de leche de las vacas por año, a través de un ANOVA multivariado (PROC GLM). Las diferencias entre medias se determinaron a través de la prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ).

## Resultados y Discusión

**Tabla 1.** Población analizada (*n*) durante el estudio retrospectivo en la Hacienda Lucerna – 2004 a 2010 para cada parámetro estudiado.

	DA	SC	IEP	DL	PD	PT
2004	163	165	117	185	169	185
2005	177	182	98	173	173	173
2006	99	126	50	97	97	97
2007	73	79	39	69	69	69
2008	31	46	6	28	28	28
2009	7	12	5	5	5	5
2010	5	6	2	4	4	4

DA: días abiertos; SC: servicios por concepción; IEP: intervalo entre partos; DL: días en lactancia; PD: producción diaria de leche y PT: producción total de leche por lactancia.

El número de hembras bovinas incluidas en el presente estudio se muestran en la Tabla 1.

En la Tabla 1, es evidente que en los primeros años de este ejercicio existió un *n* mayor que en los últimos años. Este hecho puede ser afectar las comparaciones realizadas entre años, debido a que los resultados de los últimos dos años fueron obtenidos de una muestra pequeña.

Con relación al comportamiento reproductivo registrado desde 2004 hasta 2010 en vacas en producción de leche en la Hacienda Lucerna (Tabla 2), no se observaron diferencias entre los años evaluados ( $p < 0.05$ ). Los DA oscilaron alrededor de 162.2 días, el número de servicios por concepción en promedio fue de 1.6 y el intervalo entre partos fue de 13.1 meses o 395.5 días.

Valores similares de DA e IEP han sido reportados para otras razas criollas colombianas como Caqueteño (175 y 455 días), Costeño con cuernos (166 y 446 días), Romosinuano (150 y 430 días), que se destacan por presentar una buena fertilidad (Martínez, 1999) y una vida reproductiva mas longeva debido a que alcanzan a tener hasta 12 y 15 terneros (Martínez, 2006). Sin embargo, este comportamiento es superior a lo reportado para el ganado Holstein en Colombia, reconocido por hacer gran contribución a la producción lechera, que presenta en promedio 185 días abiertos, 513 días entre partos y 2.1 servicios por concepción (Fedegan, 2006). Frente al sistema doble propósito ubicado en bosque seco tropical Colombiano, el hato Lucerna presenta mayor eficiencia reproductiva, debido a los reportes mayores de 220.8 días abiertos y 501.8 días entre partos en la costa norte colombiana (Álvarez y Moreno, 2004) y 280

días abiertos y 550 días entre partos a nivel nacional (Fedegan, 2006). Se resalta el comportamiento de este ganado comparado con aquel dedicado a explotaciones bovinas destinadas a la producción de carne que utilizan residuos de cosechas de arroz que tiene 245.6 días abiertos y 525 días entre partos (Sierra-Montoya et al., 2013). Valores semejantes han sido reportados en ganado lechero (Gyr x Holstein) que pastorea SSPi en bosque seco tropical en Colombia, con 138 días abiertos y 422.4 días entre partos (Sierra-Montoya et al., *in press a*)

Con respecto a la producción de leche, no se registró variación entre el número de días en producción de leche en la lactancia ( $p < 0.05$ ), con una media de 300.5 días. La producción diaria de leche difirió entre años siendo mayor en los años 2004, 2005 y 2006, cuya producción fue mayor a la producción del año 2009 ( $p < 0.05$ ). Finalmente, la producción total de leche en la lactancia fue estadísticamente diferente, registrándose la mayor producción en el año 2004 y la menor en el año 2009 ( $p < 0.05$ ). Parámetros productivos inferiores se han reportado para ganados criollos colombianos como Velásquez (1400 lts de leche en 210 días de lactancia), Hartón del Valle (1424 lts de leche en 294 días de lactancia) y Costeño con Cuernos (1153 lts de leche en 264 días de lactancia) (Martínez, 1999). Se ha documentado que la raza Lucerna en condiciones de bosque seco tropical puede superar la producción de leche de la raza Holstein (Durrán y Manrique, 2003).

Para destacar que esta raza criolla colombiana haya tenido este comportamiento reproductivo eficiente se debe mencionar la importancia que tienen los SSPi en la alimentación de las vacas que lo pastoreaban. Esta alternativa de producción ganadera

**Tabla 2.** Comportamiento productivo y reproductivo de vacas lecheras en Hacienda Lucerna.

Año	DA	SC	IEP	DL	PD	PT
2004	165,2 a	2,3 a	402 a	313 a	9,9 a	3145,28 a
2005	170,6 a	1,98 a	402 a	314 a	9,1 a	2834,5 ab
2006	166,1 a	1,8 a	398 a	314 a	9,0 a	2820,8 ab
2007	150,2 a	2,3 a	383 a	299 a	8,8 ab	2690,3 ab
2008	176,5 a	2,7 a	402 a	301 a	8,6 ab	2554,5 ab
2009	147,1 a	1,6 a	436 a	318 a	7,2 b	2301 b
2010	161,2 a	1,5 a	400 a	267 a	8,6 ab	2363,5 ab

DA: días abiertos (días); SC: servicios por concepción (número); IEP: intervalo entre partos (días); DL: días en lactancia (días); PD: producción diaria de leche (litros/d); PT: producción total de leche (litros/lactancia).



incrementa la oferta de biomasa forrajera y los nutrientes contenidos a partir los estratos que presenta: herbácea, arbustiva y arbórea, brindando bienestar y confort a través de la sombra que aporta a los animales. Es necesario resaltar que el aporte

protéico y energético desde los forrajes del SSPi a vacas F1 que pastoreaban dichos sistemas en bosque seco tropical colombiano era del 86% de la proteína y el 91% de la energía metabolizable. (Sierra-Montoya et al., *in press b*)

## Conclusiones

El ganado criollo colombiano de raza Lucerna ubicado en bosque seco tropical de Colombia presenta una eficiencia reproductiva que se sostiene en el tiempo, pudiéndose atribuir al manejo alimenticio que recibe de SSPi en el que se ofrecen forrajeras herbáceas y leguminosas arbustivas. Debido a su

adaptación a esta condición edafoclimática, se destaca su producción de leche superior frente a otras razas criollas y lecheras de Colombia, convirtiéndose en una explotación rentable y competitiva en el sector ganadero.

## Agradecimientos

Los autores expresan agradecimientos a los propietarios de la Hacienda Lucerna que generosamente permitieron el presente estudio, al personal de la Fundación CIPAV por el apoyo logístico que permitió la ejecución de la investigación, y finalmente a COLCIENCIAS, que financió el proyecto “Investigaciones para el incremento de la productividad silvopastoril y los servicios ambientales en el proyecto Ganadería Colombiana Sostenible” (527-2011).

## Referencias

- Aguilar-Pérez, C. F., Ku-Vera, J., Magaña-Monforte, J. G. (2014). The use of dietary fats and concentrates to alleviate the negative energy balance in crossbred cows in early lactation. *Tro & Subtrop Agroecosist.* 17:155-159.
- Álvarez, A., & Moreno, M. (2004). Análisis técnico-económico de una finca manejada bajo el sistema doble propósito en el municipio de San Antonio de Palmito, Sucre. Universidad de Sucre.
- Durán, C. V., Manrique, L. 2003. Raza Lucerna. En: Razas criollas y colombianas puras. Memori Convenio 135-01. Santa Fé de Bogotá. P 126-128.
- Barahona, R., Sánchez, M. S., Murgueitio, E., Chará, J. 2014. Contribución de la *Leucaena leucocephala* Lam (de Wit) a la oferta y digestibilidad de nutrientes y las emisiones de metano entérico en bovinos pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos. En: Premio Nacional de Ganadería José Raimundo Sojo Zambrano, modalidad Investigación Científica. Revista Carta Fedegán No. 140. Enero – Febrero de 2014. Bogotá, Colombia. p. 66-69.
- Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Tarazona, A.M., Murgueitio, E., Chará, J.D., Ku, J. Solorio, F.J., Flores, M.X., Solorio, B., Barahona, R., 2014. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 27(2), 76-94.
- Dann, H. M., Varga, G. A., Putnam, D. E. (1999). Improving energy supply to late gestation and early postpartum dairy cows. *J Dairy Sci.* 82: 1765-1778.
- Fedegan. (2006). La vision de Corpoica para el mejoramiento del hato bovino nacional (p. p.33).
- Galvis, R. D., Múnera, E. A., Marín, A. M. (2005). Relación entre el mérito genético para la producción de leche y el desempeño metabólico y reproductivo en la vaca de alta producción. *Rev Col Cienc Pec.* Vol 18: 3.
- Henao, G., Galviz, R., Cardona, L., & Castro, N. (2010). Relación entre Pérdida de Peso, Perfil Lipídico y Concentraciones Plasmáticas de Leptina en Vacas Cebú Primerizas. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 63(2), 5595–5605.
- Martínez, C.G. 1999. Censo y caracterización de los sistemas de producción del ganado criollo colombiano. Memorias. Santa Fé de Bogotá, D.C. Colombia. P 13-64.
- Martínez, C.G. 2006. Los bovinos criollos y colombianos y su contribución competitiva y sustentable a la producción de carne. Memorias 1ª feria de ganado criollo y colombiano. Necesitamos los criollos. San Martín. 2006.
- McNamara, S., Murphy, J. J., Rath, M., & O'Mara, F. P. (2003). Effects of different transition diets on energy balance, blood metabolites and reproductive performance in dairy cows. *Livestock Production Science*, 84(3), 195–206. doi:10.1016/S0301-6226(03)00093-9
- Murgueitio Restrepo, E., Chará Orozco, J. D., Barahona Rosales, R., Cuartas Cardona, C. A., Naranjo Ramirez, J. F. 2014. Intensive silvopastoral systems (ISPS), mitigation and adaptation tool to climate change. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(3), 501 – 507.
- Sierra-Montoya, E., Barahona-Rosales, R., Ruíz-Cortés, Z, T. 2013. Reproductive trends in Cebu cattle grazing rice crop residues in Colombian tropical dry forest. *Open Journal of Forestry.* Vol 3, No.4B, 7-9.
- Sierra-Montoya, E., Barahona-Rosales, R., Ruíz-Cortés, Z. T. *In press a*. Reproductive behavior of crossbred dairy cows grazing in an intensive silvopastoral system in Colombian tropical dry forest.
- Sierra-Montoya, E., Chará-Orozco, J. D., Barahona-Rosales, R. *In press b*. The nutritional balance of recently calved and early lactation dairy cows grazing in intensive silvopastoral systems under tropical dry forest of Colombia.

# Ecofisiología de sistemas agroforestales: cacaos criollos con árboles maderables

R.E. Jaimez<sup>1</sup>; O. Araque<sup>1</sup>; W. Tezara<sup>2</sup>; F. Ely<sup>3</sup>

## Resumen:

Los sistemas agroforestales son sistemas de producción que pueden contrarrestar algunos efectos adversos de los futuros escenarios climáticos. En el caso venezolano, se propone que una opción en el uso de la sombra para el cacao es establecer la combinación con árboles maderables en una forma ordenada. Desde hace 7 años, se establecieron 16 combinaciones de los árboles maderables: *Cordia thaisiana*, *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla* y *Tabebuia rosea*, con cuatro tipos de cacaos criollos (Porcelana, Guasare, Criollo Merideño y Lobatera) al oeste del país, en la región sur del Lago de Maracaibo. Se han realizado evaluaciones de la dinámica de crecimiento tanto de los árboles como de los cacaos. También se han hecho mediciones de intercambio de gases y relaciones hídricas en diferentes periodos de disponibilidad de agua en el suelo. La tasa de crecimiento de los árboles maderables tuvo una estrecha relación con la susceptibilidad al ataque de insectos y el índice de área foliar. La tasa de sobrevivencia de los cultivares de cacao durante los primeros dos años están relacionadas con la capacidad de ajuste osmótico que presentan las plantas juveniles durante los periodos de sequía. Los cultivares de cacao mostraron diferentes dinámicas de producción y los de mayor rendimiento coincidieron con los de mayor ajuste osmótico. En términos de tasas de crecimiento y producción de frutos de cacao, se concluye que para la región sur del Lago de Maracaibo los cultivares Lobatera y Guasare bajo la sombra de *Cordia thaisiana* o *Cedrela odorata* son una de las mejores combinaciones.

**Palabras Clave:** ajuste osmótico, producción, crecimiento, Venezuela, *Theobroma cacao*

<sup>1</sup> Laboratorio de Ecofisiología de Cultivos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Universidad de Los Andes, Mérida Venezuela. <sup>2</sup> Laboratorio de Ecofisiología de Xerófitas, CBT. Instituto de Biología Experimental. Universidad Central de Venezuela, Caracas Venezuela. <sup>3</sup> Instituto Jardín Botánico. Universidad de Los Andes, Mérida Venezuela.

## Introducción

Los posibles escenarios climáticos para el año 2050 en el territorio venezolano plantean incrementos de temperaturas promedios de 2 a 3 °C y disminuciones de la precipitación (entre 0,6 -0,8 mm día<sup>-1</sup>) (Gornall et al., 2010, Li et al., 2009). Ante un escenario climático como el planteado, se propone establecer sistemas agroforestales amigables con el medio ambiente, que se multipliquen rápidamente y que ayuden a mitigar los efectos del cambio climático. Se conoce que las 1.023 millones de ha de sistemas agroforestales establecidas actualmente representan un secuestro potencial de carbono de 1.9 Pg (10<sup>15</sup> g) en los siguientes 50 años (Nair et al., 2009). La finalidad de estos sistemas es lograr mayor diversidad de producción en el que el productor no sólo dependa de un cultivo, sino que pueda extraer otros beneficios a diferentes plazos en el tiempo. Para ello es indispensable ensayos que permitan evaluar las especies de árboles para cada región y con los productores seleccionar los más adecuados en función de: 1) Fuente de alimento y otros recursos, 2) caja de ahorro para el futuro, 3) mejora en el ciclaje de nutrientes en el sistema, 4) disminución de la erosión, 5) incrementos en el almacenaje de carbono (Tschamtké et al., 2011).

En Venezuela un sistema agroforestal que puede ser implementado en muchas regiones del país, es la producción de cacao bajo la sombra de varios tipos de árboles que pueden ser frutales, maderables u otro tipo de árbol que se conoce como de servicio (por ejemplo, árboles de la familia de las leguminosas por su aporte de nitrógeno). Además de la evaluación de los árboles, es imprescindible la evaluación de los diferentes cultivares de cacaos criollos y trinitarios (híbridos). En Venezuela se desea mejorar especialmente los rendimientos de los cultivares tipos criollos por la alta calidad que poseen. En función de los escenarios climáticos esperados se buscan cul-

tivares tolerantes al déficit hídrico y así ofrecerlos en regiones donde habrá periodos más largos de sequía. Una revisión de trabajos realizados en referencia a relaciones hídricas de cacaos tipo forastero se encuentra en Carr y Lockwood (2010). En Venezuela, Rada et al. (2005) reportaron para el cultivar Guasare, ajustes osmóticos como respuesta a déficit hídrico. Jaimez et al. (2008) publicaron una revisión de los resultados más importantes que se han obtenido en estudios con cultivares de cacaos venezolanos y las respuestas de adaptación a diferentes periodos de disponibilidad hídrica. En síntesis para ese momento se conoce varias tipos de respuestas fisiológicas a las condiciones de exceso o déficit hídrico entre tipos de cacao. Es ahora importante, identificar cultivares con mayor potencial productivo y su relación con algunos parámetros que indiquen mecanismos fisiológicos de tolerancia a la sequía. Estas investigaciones deberían realizarse en las diferentes regiones productoras de cacao y así seleccionar aquellos cultivares con mayor potencial de adaptación.

Con la finalidad de encontrar sistemas más sustentables de producción se proponen sistemas agroforestales que combinan cuatro cultivares de cacao criollo (Criollo Merideño, Guasare, Lobatera y Porcelana) y cuatro especies maderables (*Cordia thaisiana*, *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla* y *Tabebuia rosea*). En estos sistemas, la evaluación ecofisiológica de las especies, el crecimiento diamétrico y altura de los árboles y la producción de cacao son las variables tomadas en consideración para la selección de la combinación árbol-cultivar de cacao más adecuado. En este trabajo se compila los principales resultados obtenidos y publicados durante los siete años de esta investigación y se presentan las principales diferencias en: 1) el crecimiento de los árboles y 2) las características de las variables de producción de los cacaos evaluados.

## Materiales y Métodos

En enero del año 2007 se estableció el ensayo con un diseño de bloques con parcelas al azar y tres repeticiones en la región sur del Lago de Maracaibo, en la Finca Judibana, municipio Alberto Adriani, estado Mérida, Venezuela. Cada bloque posee 16 parcelas que es el resultado de la combinación de los cuatro especies maderables y los cuatro cultivares de cacao. Una descripción más amplia del ensayo es dada en Jaimez et al. (2013). Cada semestre se midió el crecimiento de los ár-

boles (altura y diámetro a la altura del pecho) y sobrevivencia. En los cacaos se midió la sobrevivencia, diámetro basal y la producción a partir del cuarto año. Igualmente se han realizado mediciones de intercambio de gases (tasas fotosintéticas, transpiración y conductancia estomática) en periodos de lluvia y sequía. La información sobre la metodología seguida en los diferentes estudios se describe en Araque et al. (2009), Araque et al. (2012) y Jaimez et al. (2013).

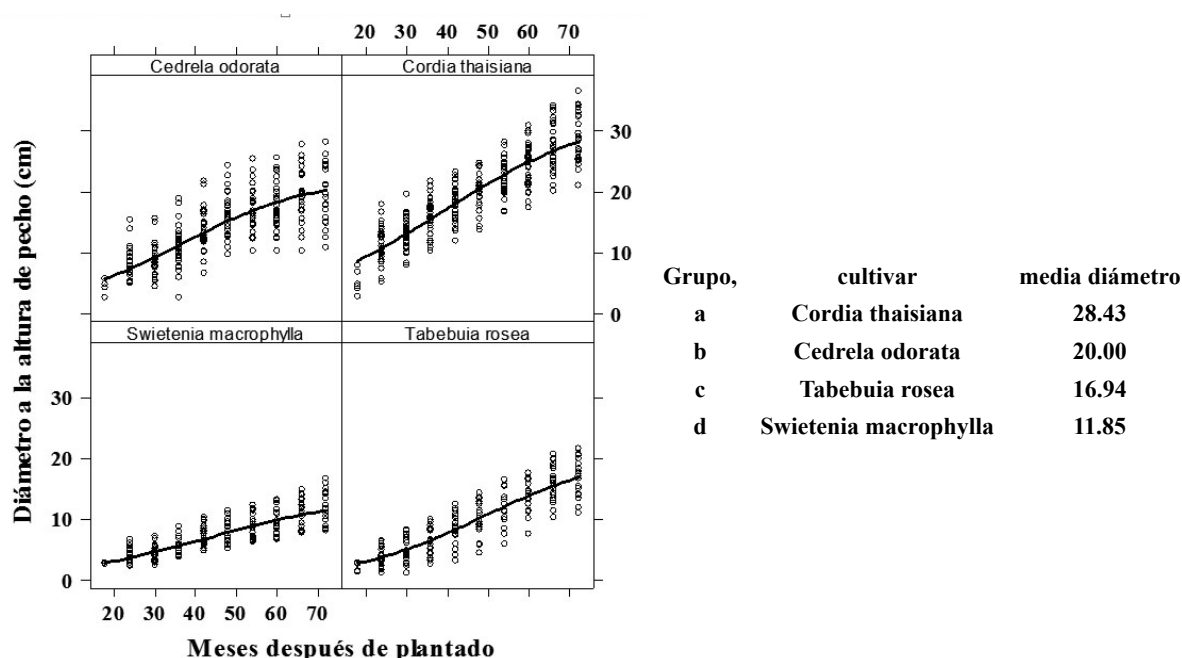


Figura 1 Dinámica del crecimiento en diámetro del fuste de las cuatro especies maderables durante los primeros 72 meses de crecimiento.

## Resultados y Discusión

En las fases iniciales de establecimiento de los árboles, las tasas de crecimiento están asociadas al índice de área foliar que presenta la especie y a la susceptibilidad al ataque de insectos (Jaimez et al., 2013). De las cuatro especies evaluadas, *C. thaisiana* ha mostrado las mayores tasas de crecimiento significativas tanto en altura como en el diámetro a la altura del pecho (Araque, et al., 2009, Jaimez et al., 2013) (Figura 1).

Existieron diferencias en las tasas de mortalidad entre los cultivares de cacao. En los primeros dos años de crecimiento, la tasa de supervivencia y crecimiento está relacionado con la capacidad de ajuste osmótico y el mantenimiento de mayores potenciales hídricos foliares ( $\Psi$ ) (Araque et al., 2012). Esto demuestra la diferencia de respuesta entre cacaos criollos y en el caso de nuestro estudio, los cultivares Lobatera y Guasare fueron lo que presentaron ajustes osmóticos significativos. (Araque et al 2012). A pesar de las menores tasas de fotosíntesis, medidas durante la sequía, en los cuatro cultivares, la cantidad de electrones transportados no fue afectada en

ninguno de ellos, lo que sugiere que existen mecanismos de sumidero para los electrones (Araque et al 2012). El número de frutos por planta fue similar entre los cultivares Criollo Merideño, Lobatera y Guasare. A pesar de esto, Lobatera y Guasare tuvieron los mayores rendimientos (cuadro 1). Uno de los aspectos que influyen en la limitada producción en estos cacaos criollos es que cerca del 60% de las plantas están en producción. En el 6to año (2014) las producciones se vieron limitadas debido a la poca lluvia de la zona (462 mm desde Enero a Julio). Los cacaos que presentaron ajustes osmóticos también fueron los de mayor producción. Se encontraron diferencias en la dinámica de producción de los cacaos. Es de resaltar que en la zona de estudio encontramos sólo un periodo de producción que abarca los meses de abril-julio, lo que difiere de las zonas de pie de monte de esta región, donde existen dos periodos de producción. Los momentos en los que ocurren los máximos de producción también difieren entre los cultivares, encontrando en Lobatera su máxima producción hacia finales de julio, mientras que Guasare mantiene

Cuadro 1. Promedios de variables de producción de cuatro cultivares criollos venezolanos bajo la sombra de árboles maderables. Promedio  $\pm$  error estándar

Cultivar cacao	Núm. semillas por mazorca	Índice almendra (Peso seco semilla) (g)	Rendimiento Kg/ha		No de mazorcas/planta 6 to año
			5to año	6to año	
Criollo Merideño	31,3 $\pm$ 2,3	1,39 $\pm$ 0,12	152 $\pm$ 30	253 $\pm$ 51	8,1 $\pm$ 1,6
Guasare	33,7 $\pm$ 2,1	1,35 $\pm$ 0,16	214 $\pm$ 40	270 $\pm$ 60	9,0 $\pm$ 2,1
Lobatera	33,3 $\pm$ 2,4	1,43 $\pm$ 0,18	302 $\pm$ 45	360 $\pm$ 58	10,2 $\pm$ 1,8
Porcelana	24,3 $\pm$ 1,2	1,33 $\pm$ 0,14	100 $\pm$ 28	210 $\pm$ 25	6,4 $\pm$ 1,4

producciones relativamente estables desde mediados de mayo hasta mediados de julio. Existe la tendencia de un máximo de producción a mediados de Junio en los cultivares Criollo Merideño y Porcelana (Figura 2). En el año seco (2014) disminuyeron los máximos de producción. En el caso de Lobatera, alcanzó 60 kg/ha, mientras que en el año húmedo (2013, 765

mm de Enero a Julio) se obtuvo 98 kg/ha. Estas diferencias en los máximos de producción, pueden indicar, tanto diferencias en las tasas de crecimiento o de maduración de los frutos y además influir en disminuciones de la producción dependiendo de la duración de la sequía y en el periodo que ocurre.

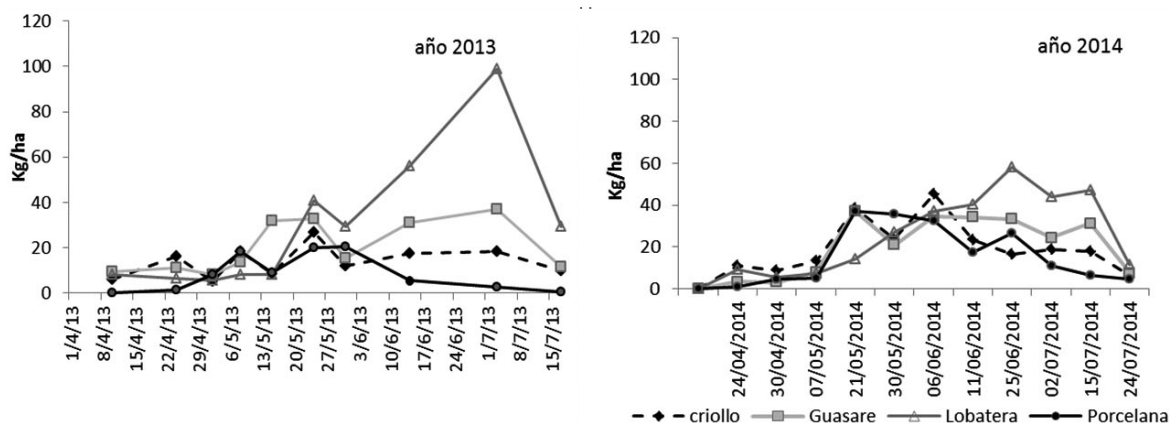


Figura 2. Dinámica de producción de semilla seca de cuatro cultivares de cacao criollos durante el 5to año (2013, seco) y 6to año (2014, húmedo) después de transplantado.

## Conclusiones preliminares

El ensayo establecido ha permitido mostrar como alternativa el uso de árboles maderables como sombra para el cacao coincidiendo con lo encontrado por Somarriba y Beer (2011). Dos especies maderables promisorias para la región sur del Lago de Maracaibo con altas tasas de crecimiento son *C. thaisiana* y *C. odorata*. Lobatera y Guasare son los cultivares con el mayor ajuste osmótico y también los que presentaron

los mayores rendimientos. La propuesta de estos sistemas de combinación agroforestal como alternativa de producción ha sido demostrada en este estudio y es necesario poner en práctica programas para multiplicarlos. Un ensayo similar se estableció en la estación del INIA en Caucagua, estado Miranda, Venezuela.

## Agradecimientos:

En el periodo de siete años este proyecto ha sido financiado por: Sub proyecto No 5 del Proyecto Ruta del Chocolate No 200500898, CDCHT-Universidad de Los Andes proyecto PIC CVI FO-04-09-01, FONACIT-LOCTI N° 2012001369, CDCH-Universidad Central de Venezuela PG 03-00-6874-2007, PG 03-7981-2011 y FONACIT PEI No 2012000649. Queremos agradecer el apoyo logístico de los trabajadores de la Finca Judibana de la Universidad de Los Andes.

## Referencias

- Almeida, A., Valle R., 2007. Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian J. Plant Physiology* 19, 425-448.
- Araque, O., Jaimez, R., Azocar, C., Espinoza, W., Tezara, W., 2009. Relaciones entre anatomía foliar, intercambio de gases y crecimiento de cuatro especies forestales en fase de establecimiento. *Interciencia* 10, 725-729.
- Araque, O., Jaimez, R., Tezara, W., Coronel, I., Urich, R., Espinosa, W., 2012. Comparative photosynthesis, water relations, growth and survival rates in juvenile Criollo cacao cultivars (*Theobroma cacao*) during dry and wet seasons. *Experimental Agriculture*. 48, 513-522.
- Carr, M.k.V., Lockwood, G., 2011. The water relations and irrigations requirements of cacao (*Theobroma cacao* L.): a review. *Experimental Agriculture* 47, 653-676.
- Gornall, J., Betts, R., Brike, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K., Wiltshire, A., 2010. Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. *Philosophical Transactions of Royal Society*. 365, 2973-298
- Li, Y., Ye, W., Wang M., Yan X., 2009. Climate change and drought: a risk assessment of crop yield impact. *Climate Research* 39, 31-46.
- Jaimez, R., Tezara, W., Coronel, I., Urich, R., 2008. Ecofisiología del cacao (*theobroma cacao*): su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*. 53:, 253-258.
- Jaimez, R., Araque, O., Guzman, D., Mora, A., Espinoza, W., Tezara, W., 2013. Agroforestry systems of timber species and cacao: survival and growth during the early stages. *Journal of Agriculture and Rural Development in Tropics and Subtropics*. 114, 1-11
- Nair, P.K.R., Kumar, B.M., Nair, V.D., 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal . Plant Nutrition. And Soil Science*. 172, 10-23.
- Rada, F., Jaimez, R. E., García-Núñez, C., Azocar, A. & Ramírez M., 2005. Water relations in *Theobroma cacao* var. Guasare under periods of water deficits. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* 22 (2), 112-120.
- Somarriba E., Beer J., 2011. Productivity of *Theobroma cacao* agroforestry systems with timber or legume service shade trees. *Agroforestry system* 81, 109-121
- Tscharntke, T., Shonil, Y., Bhagwat, S., Buchori, D., Faust, H., Hertel, Ho, D., Ischer, D., Juhbandt, J., Kessler, M., Perfecto, I., Scherber C., Schroth G., Veldkamp E., Wanger, T.C., 2011. Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes – a review. *Journal of Applied Ecology* 48, 619-629.

# Efecto de la cobertura arbórea sobre la instalación de especies alternativas al Pino ponderosa en sistemas silvopastoriles del NO Patagónico

S. Varela <sup>1</sup>; G. Caballé <sup>1</sup>; J.P. Díez <sup>1</sup>; M. Godoy <sup>2</sup>

## Resumen

En plantaciones de Patagonia los antecedentes indican que niveles de cobertura arbórea entre 30-50% producen sobre el pastizal efectos positivos. El mencionado nivel de cobertura se obtiene aplicando podas y raleos fuertes que reducen el volumen de producción de madera por unidad de superficie. Económicamente, para que no disminuya el nivel de ingresos del sistema, es necesario buscar especies arbóreas que puedan reemplazar al pino ponderosa y maximizar el ingreso por unidad de volumen de madera. En la mencionada región, una primera preselección de especies de interés forestal han encontrado como principal limitante en la instalación y prendimiento inicial el severo estrés hídrico (escasez de precipitaciones y altas temperaturas de verano). Evaluamos la factibilidad de implantación de 5 especies arbóreas latifoliadas (nativas y exóticas) de maderas de mayor valor que *P. ponderosa*. Se testó la influencia de la cobertura arbórea generada por un marco de plantación silvopastoril (30-50% de cobertura) sobre la sobrevivencia, % de rebrote, incremento absoluto en altura y actividad fotosintética de las distintas especies en comparación a la condición de plantación tradicional a cielo abierto. Preliminarmente los resultados alcanzados permiten considerar a tres de estas especies como especies alternativas al pino ponderosa y así conformar sistemas silvopastoriles con especies de mayor valor maderero.

**Palabras clave:** diversificación forestal, *Sorbus torminalis*, *Quercus robur*, *Ulmus pumila*.

## Effect of tree cover on establishment of alternative species to ponderosa pine in silvopastoral systems Patagonian NO

## Abstract

In Patagonian afforestation's previous studies indicate that levels of tree cover between 30-50% produce positive effects on pasture. The aforementioned level of coverage is obtained by applying pruning and strong thinning, reducing the volume of timber production per unit area. Economically, in order to did not reduce the income level of the system, it is necessary to find tree species that can replace ponderosa pine and maximize income per unit volume of wood. In the aforementioned region, a first screening of alternative forest species of interest has as main limitation to the installation the severe water stress (low rainfall and high summer temperatures). We evaluate the feasibility of implementation of 5 broadleaved tree species (native and exotic) with a high intrinsic wood quality than *P. ponderosa*. The influence of tree cover generated by a framework of silvopastoral plantation on survival, regrowth% absolute increase in height and ecophysiological variables of different species were compared to the status of traditional plantation opencast. Preliminary results support the conclusion that three of these species reached as alternatives to ponderosa pine species, thus establishing silvopastoral systems with higher value timber species.

**Key words:** forest diversification, *Sorbus torminalis*, *Quercus robur*, *Ulmus pumila*.

<sup>1</sup> Grupo de Ecología Forestal, INTA EEA Bariloche; Modesta Victoria 4450, C. P. 8400, San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina. varela.santiago@inta.gob.ar; <sup>2</sup> CIEFAP

## Introducción

Los planes de promoción que impulsaron la actividad forestal en la región Patagónica promovieron el cultivo de coníferas exóticas asumiendo su mayor capacidad de adaptación a las condiciones ambientales de la región. Así, el 85% de las 82 mil hectáreas forestadas en la región corresponde a *Pinus ponderosa* (Inventario de Bosque Implantado de la Provincia de Neuquén, 2009). La implementación de sistemas silvopastoriles basados en estas plantaciones implica manejar adecuadamente la cobertura arbórea minimizando la competencia por recursos de crecimiento entre los árboles y las especies del pastizal natural. Los antecedentes indican que niveles de cobertura arbórea cercana a 50% producen sobre el pastizal efectos positivos (mejora del estado hídrico por disminución de la demanda atmosférica y mayor contenido de agua en suelo; Letourneau et al., 2010; Caballé 2013). El mencionado nivel de cobertura se obtiene aplicando podas y especialmente raleos fuertes que reducen el volumen de producción de madera por unidad de superficie (Letourneau et al., 2010). Económicamente, para que no disminuya el

nivel de ingresos del sistema (esto se reduce al sistema forestal, no sabemos del sistema multiestrato en sí), es necesario buscar especies arbóreas que puedan reemplazar al pino ponderosa y maximizar el ingreso por unidad de volumen de madera, siendo necesarios estudios de largo plazo de las tasas de crecimiento de las nuevas especies. En la mencionada región, Godoy y Deffosse (2004) realizaron una primera preselección de especies de interés forestal e instalaron ensayos de introducción, encontrando como principal limitante en la instalación y prendimiento inicial el severo estrés hídrico (escasez de precipitaciones y altas temperaturas de verano). Sin embargo, en todos los casos, los ensayos fueron realizados en condiciones de pleno sol no evaluando el efecto benéfico que especies nodrizas y las actuales plantaciones de *P. ponderosa* podrían generar. Nuestro objetivo fue evaluar la factibilidad de implantación de 5 especies arbóreas latifoliadas (nativas y exóticas) de maderas de mayor valor que el *P. ponderosa* seleccionadas en base a su potencial aptitud para ser cultivadas en el N.O. Patagónico.

## Materiales y Métodos

En base al trabajo de Godoy y Deffosse (2004), basado principalmente en homologías climáticas se seleccionaron las siguientes especies: *Acer pseudoplatanus* (*Ap*), *Quercus robur* (*Qr*), *Ulmus pumila* (*Up*), *Nothofagus obliqua* (*No*) y *Sorbus torminalis* (*St*). Para dicha selección se tuvo en cuenta adicionalmente los valores de densidad de la madera de dichas especies (mayor densidad que *P. ponderosa*). El ensayo se realizó en zona de pre cordillera neuquina en el marco del Proyecto “Área Demostrativa de Silvopastoril Patagonia Andina” (Ea. Los Peucos, 39°38'22"S; 71°10'04"O). En el mes de septiembre de 2013 se realizó la plantación bajo un esquema de bloques al azar, sistemático de 2 x 1,5 m, bajo cobertura de pino ponderosa (BC; 600 árboles por ha; cobertura arbórea del 63%, transmisividad lumínica del 50%, diámetro a la altura del pecho medio de 19,3 cm y un área basal de 18 m<sup>2</sup>/ha) y a cielo abierto (CA). Se establecieron 3 bloques en cada tratamiento. Cada bloque estuvo conformado en CA por 10 hileras (5 plantas por especie/hilera; 250 plantas por bloque) y en BC por 5 hileras (3 plantas por especie/hilera; 75 plantas por bloque). Las especies dentro de las hileras se distribuyeron al azar. Durante la temporada de crecimiento 2013-14 (diciembre de 2013, post plantación y abril de 2014, final de

la 1<sup>ra</sup> temporada de crecimiento) y comienzos de la 2<sup>da</sup> temporada de crecimiento (diciembre de 2014) se registraron los porcentajes de supervivencia y rebrote. Adicionalmente, al finalizar la primera temporada de crecimiento, se registró el incremento relativo en altura (altura inicial-altura final/altura inicial). En función de conocer el estado fisiológico de las distintas especies bajo ambos tratamientos de cobertura, en diciembre de 2014, se realizaron mediciones de intercambio gaseoso (fotosíntesis neta) bajo condiciones de radiación fotosintéticamente activa saturante (RFA saturante; 1200  $\mu\text{mol fotones m}^{-1} \text{s}^{-2}$ : *Asat*), junto a la estimación de la conductancia estomática (gs;  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-1} \text{s}^{-2}$ ) y la eficiencia intrínseca en el uso del agua (EUAi; *Asat*/gs).

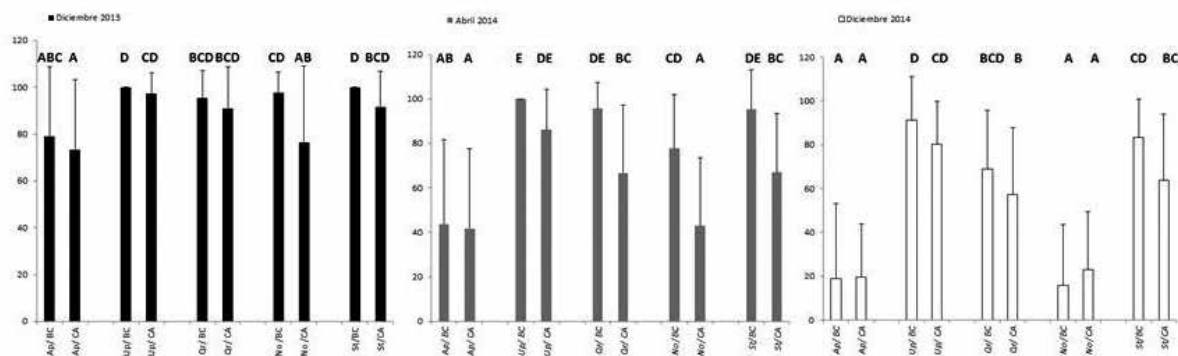
Las diferencias entre las distintas variables consideradas a nivel de especie y tratamiento fueron comparadas mediante ANOVA's a dos vías (considerando como factores a la especie (5 niveles) y el tratamiento de cobertura (dos niveles)) considerándose la interacción entre factores para cada fecha de medición. En aquellos casos en los que las variables no cumplieron con los supuestos del modelo las mismas fueron transformadas o en su defecto se utilizaron test no paramétricos de Kruskal-Wallis.

## Resultados y Discusión

Considerando los registros de supervivencia post plantación (Dic. 2013; Fig.1), pudo verse que solo para *No* las plantas bajo cobertura presentaron mayores valores que plantas bajo la condición de cielo abierto ( $p < 0.0001$ ). Las restantes especies mostraron similares valores de supervivencia bajo ambos tratamientos. Al finalizar la 1<sup>ra</sup> temporada

de crecimiento las plantas de *Qr*, *No* y *St* registraron mayores supervivencias bajo la condición de cobertura en comparación a la condición de cielo abierto, evidenciando un efecto de la cobertura sobre la capacidad de instalación de las mismas. Los menores valores de supervivencia se dieron en plantas de *Ap* (ambas coberturas) y *No* (cielo abierto) mien-





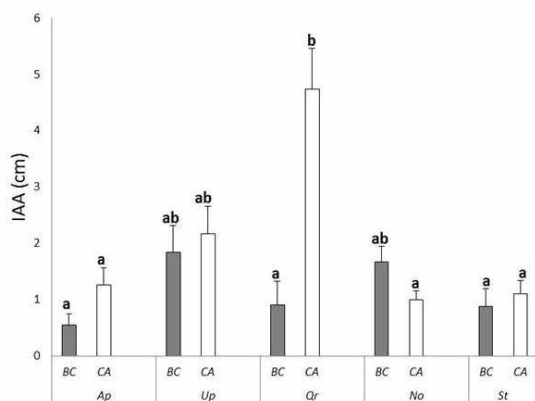
**Figura 1.** Porcentajes de supervivencia inicial post plantación (Diciembre de 2013), luego de la primera temporada de crecimiento (Abril de 2014) y a comienzos de la segunda temporada de crecimiento (Diciembre de 2014) ( $\pm$  d. s.) de las cinco especies forestales plantadas bajo cobertura arbórea de *Pinus ponderosa* (BC) y a cielo abierto (CA). Referencias: A. p = *Acer pseudoplatanus*; U. p = *Ulmus pumila*; Q. r = *Quercus robur*; N. o = *Nothofagus obliqua*; S. t = *Sorbus torminalis*; Letras mayúsculas diferentes muestran diferencias estadísticas significativas entre especies y tratamientos por fecha de muestreo.

tras que los mayores valores se registraron en plantas de *Up* (ambas condiciones), *Qr* (bajo cobertura) y *St* (bajo cobertura) (Abr. 2014). Por último, las mediciones realizadas en diciembre de 2014, luego de pasado el invierno, mostraron un probable efecto de temperaturas invernales (congelamiento) y altas temperaturas a comienzos de la temporada de crecimiento que hicieron aumentar la tasa de mortalidad de plantas para determinadas especies (Fig.1), observándose similares valores de supervivencia de las especies creciendo en ambas condiciones. Independientemente de esta última observación, pudo verse una tendencia a mayores valores de supervivencia para las especies *Up*, *Qr* y *St*, no así en *Ap* y *No*.

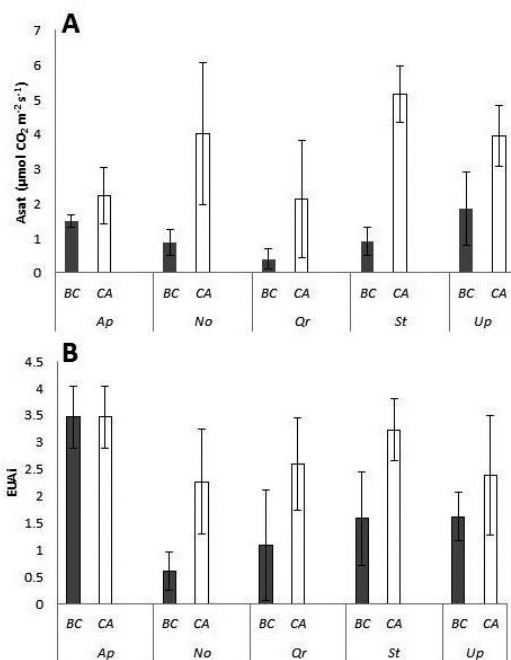
Los porcentajes de rebrote registrados luego de la primer

temporada de muestreo fueron similares entre todas las especies y tratamientos ( $p = 0,1931$ ) presentando un valor medio de 24%.

La única especie en donde se detectaron diferencias significativas en los valores de incremento absoluto en altura fue *Qr*; en dicha especie las plantas bajo la condición de cielo



**Figura 2.** Valores medios ( $\pm$  e. s) del incremento absoluto en altura (IAA, cm) por especie bajo las dos condiciones de plantación evaluadas. Referencias: Ap = *Acer pseudoplatanus*; No = *Nothofagus obliqua*; Qr = *Quercus robur*; St = *Sorbus torminalis* y U. p = *Ulmus pumila*; BC = bajo cobertura y CA = cielo abierto. Las diferencias estadísticas entre especies y tratamientos así como la interacción entre factores se comentan en el texto



**Figura 3.** Valores medios ( $\pm$  d. s) de: A) fotosíntesis neta a radiación fotosintéticamente activa saturante (Asat) y B) Eficiencia intrínseca en el uso del agua (EUAi) por especie bajo las dos condiciones de plantación evaluadas. Referencias: Ap = *Acer pseudoplatanus*; No = *Nothofagus obliqua*; Qr = *Quercus robur*; St = *Sorbus torminalis* y U. p = *Ulmus pumila*; BC = bajo cobertura y CA = cielo abierto. Las diferencias estadísticas entre especies y tratamientos así como la interacción entre factores se comentan en el texto.

abierto presentaron mayores incrementos que plantas bajo la condición de cobertura. Las restantes especies y tratamientos presentaron valores similares entre sí.

En relación a las variables ecofisiológicas consideradas se observó un efecto de la especie y el tratamiento sobre los valores de *Asat* ( $p = 0,004$  y  $p < 0,001$ , respectivamente). Los mayores valores absolutos de esta variable se registraron en plantas de *St* y *Up* creciendo bajo la condición de cielo abierto (Fig. 4 A) seguidas de las plantas de *No* y luego plantas de *Ap* y *Qr* bajo la misma condición. En todos los casos, los mayores valores de esta variable se observaron en plantas creciendo bajo la condición de pleno sol en comparación a plantas bajo cobertura. Bajo cobertura los mayores valores se dieron nuevamente en *Up* seguida de *Ap*, *St* y *No* y luego *Qr*. Si bien se registraron mayores tasas de fijación bajo la condición de pleno sol estas no se reflejaron en un

mayor crecimiento en altura de las plantas, exceptuando a *Qr*. Probablemente en estos primeros estadios de desarrollo las plantas prioricen el crecimiento de biomasa radicular y no biomasa aérea.

Los valores de *gs* de todas las plantas independientemente de la especie y el tratamiento considerado presentaron similares valores (con valores promedio de  $121,1 \pm 60,1 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). La EUAi mostró diferencias estadísticas significativas al considerarse las diferentes especies y tratamientos ( $p < 0,001$ ). Exceptuando las plantas de *Ap* las restantes especies mostraron valores significativamente menores de EUAi bajo cobertura en comparación a plantas a cielo abierto (Fig. 3 B).

No existieron diferencias entre los valores de esta variable para las diferentes especies bajo la condición de cielo abierto. Bajo la condición de cobertura *Ap* presentó los mayores valores de EUAi, diferenciándose de las demás especies.

## Conclusiones

Los resultados alcanzados permiten considerar a *St*, *Up* y *Qr* como especies promisorias como alternativa al pino ponderosa, con el objetivo de conformar sistemas silvopastoriles con especies de mayor valor maderero. Para algunas de las especies evaluadas, en función de las tendencias observadas,

la utilización de la cobertura arbórea de las actuales plantaciones de pino ponderosa podría aumentar el éxito de instalación de estas especies, motivo por el cual, se podría evaluar la implantación acompañando los raleos intensos necesarios para el manejo silvopastoril de estas plantaciones.

## Agradecimientos

Agradecemos a Guillermina Dalla Salda, Mariana Weigandt y a los miembros de la Unidad para el Cambio Rural (UCAR).

## Bibliografía

- Caballé, G., 2013. Efecto interactivo de la defoliación del estrato herbáceo y la cobertura del estrato arbóreo sobre el crecimiento del estrato herbáceo en sistemas silvopastoriles. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, 216 pp.
- Godoy, M. M. & Defossé, G., 2004. Introducción de especies forestales para la diversificación de forestaciones y la rehabilitación de sitios degradados en la Patagonia Argentina. Informe final PIA 05/00 SAGPyA-BIRF. 97 pp.
- Inventario del Bosque Implantado de la Provincia del Neuquén. CFI 2009. 65 pp.
- Letourneau, F.J., Caballé, G., Andenmatten, E. De Agostini, N., 2010. Simulación de manejo silvícola en base a umbrales de cobertura en sistemas silvopastoriles compuestos por *Festuca pallescens* y *Pinus ponderosa*. I Congreso Internacional Agroforestal Patagónico, Coyhaique, Chile. Actas en formato digital.

# Avaliação *in vitro* e *in situ* da forrageira *Tithonia diversifolia* para nutrição de ruminantes

J. P. Sacramento<sup>1</sup>; R. S. Ribeiro<sup>1</sup>; S. R. e Silveira<sup>1</sup>; G. Delarota<sup>1</sup>; D. S. Freitas<sup>1</sup>; K. B. Nascimento;  
D. S. C. Paciullo<sup>2</sup>; W. T. V. Carvalho<sup>3</sup>; L. G. Pereira<sup>2</sup>; A. P. Madureira<sup>1</sup>, R. M. Maurício<sup>1</sup>

## Resumo

A perda gradual da capacidade produtiva das gramíneas tropicais, após alguns anos de sua implantação, é responsável por grande parte das dificuldades encontradas nos sistemas de produção pecuária. Uma das alternativas é a implantação de espécies arbóreo-arbustivas adaptadas às condições edafoclimáticas do Brasil e com bons valores nutricionais. Dentre as espécies, a *Tithonia diversifolia* destaca-se por possuir alta eficiência de absorção de nutrientes do solo, alta produção de biomassa em condições adversas e elevado teor proteico com baixo conteúdo fibroso em comparação às gramíneas tropicais. O objetivo deste estudo foi realizar a avaliação *in vitro* e *in situ* de dietas contendo *Tithonia diversifolia* em três níveis de inclusão (*in vitro*, 0%, 17% e 33% e *in situ* 0%, 6,5% e 15,4% da matéria seca) em dietas para ruminantes. Para o experimento *in vitro* foi determinada a produção acumulada de gases (PAG), o pH e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), para o experimento *in situ* foram determinadas as frações A e B correspondentes aos carboidratos solúveis e insolúveis degradados, respectivamente, a taxa de degradação (k) e a degradação efetiva (DE) da matéria seca. No experimento *in vitro* foi constatado que não houve diferenças significativas na PAG, pH, DIVMS entre os tratamentos avaliados. A inclusão de *Tithonia diversifolia* não alterou ( $P>0.10$ ) as fermentações ruminais proporcionando resultados similares entre as dietas para a DIVMS. Para o experimento *in situ* observou-se que uma menor proporção de matéria seca solúvel (fração A) e digestibilidade efetiva no tratamento com 15,4% de inclusão de *Tithonia diversifolia* comparado com os outros tratamentos, entretanto a fração B e a taxa de degradação não diferiram ( $P>0.10$ ). Os resultados deste estudo sugerem que *Tithonia diversifolia* apresenta potencial como ingrediente forrageiro para composição de dietas para ruminantes em até 6,5% de substituição da MS.

**Palavras-chave:** *Tithonia diversifolia*, *in vitro*, *in situ*, ruminantes, nutrição animal.

## Evaluation *in vitro* and *in situ* of *Tithonia diversifolia* forage for ruminant nutrition

## Abstract

The gradual loss of productive capacity of tropical grasses, after a few years of its implementation, is responsible for most of the difficulties encountered in livestock production systems. One alternative is the implementation of tree and shrub species adapted to soil and climatic conditions in Brazil with high nutritional values. *Tithonia diversifolia* stands out because of its high efficiency of absorption of nutrients from the soil, high biomass production, high protein and low fiber content compared to tropical grasses. The objective of this study was to evaluate *in vitro* and *in situ* diets including *Tithonia diversifolia* in three levels (*in vitro*, 0%, 17% and 33% and *in situ* 0%, 6.5% and 15.4% DM) in ruminant diets. For the *in vitro* experiment the total gas production (PAG), the pH and *in vitro* digestibility of dry matter (IVDMD), was measured and fractions A and B corresponding to the degraded soluble and insoluble degradable fractions, respectively; the degradation rate (k) and effective degradation (DE) of dry matter for *in situ* study.

For the *in vitro* study it was observed lower proportion of soluble dry matter (A) and effective digestibility for treatment with 15.4 of inclusion of *Tithonia diversifolia*. However, the fraction B and rate of degradation (k) were similar ( $P>0.10$ ). The results of this study suggested that *Tithonia diversifolia* has potential to be used for ruminant diets up to 6.5% in the diet dry matter.

**Keywords:** *Tithonia diversifolia*, *in vitro*, *in situ*, ruminant, animal nutrition.

<sup>1</sup> Universidade Federal de São João Del-Rei, Brasil. <sup>2</sup> Embrapa Gado de Leite - Juiz de Fora, Brasil. <sup>3</sup> IFET Barbacena, Brasil. rogeriomauricio@ufsj.edu.br

## Introdução

As principais gramíneas utilizadas nos sistemas de produção a pasto são do gênero *Brachiaria* com destaque para *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* (Sano et al., 2000). Inicialmente, as pastagens são muito produtivas suportando 1-2 unidade animal (UA) por hectare, entretanto, depois de alguns anos as áreas mal manejadas são invadidas por diferentes espécies de plantas invasoras o que ocasiona uma diminuição da cobertura vegetal a qual é atrelada a um processo de redução da fertilidade do solo (Oliveira et al., 2004). Contudo, a perda gradual da capacidade produtiva dessas gramíneas, após alguns anos de sua implantação e a sazonalidade das mesmas, são responsáveis por grande parte das dificuldades encontradas nos sistemas de produção pecuária, pois gera insuficiência quantitativa e qualitativa de forragens. Por outro lado as espécies arbóreo-arbustivas por serem plantas de grande ou médio porte e apresentarem sistema radicular pivotante, possuindo assim alta capacidade de utilização de nutrientes das camadas mais profundas, não são tão suscetíveis aos efeitos das sazonalidades climáticas quanto às gramíneas forrageiras (Barcellos et al., 2008). As espécies mais utilizadas são as pertencentes à família das leguminosas, tais como a *Leucaena leucocephala* entre outras. Estas plantas destacam-se, pelo fato de hospedarem colônias bactéria fixadoras de nitrogênio, contribuindo para melhoria da qualidade do solo e ao mesmo tempo fornecem material forrageiro de elevado teor proteico (Barcellos et al., 2008). Entretanto existem espécies forrageiras não le-

guminosas com grande potencial produtivo e nutricional. Como exemplo, destaca-se a espécie *Tithonia diversifolia* (Murgueitio et al., 2009), a qual ainda não têm sido utilizada de maneira extensiva para alimentação de ruminantes no Brasil. A *T. diversifolia* é uma planta pertencente à Família das Asteráceas, originária da América Central (Souza, 2008). Apresenta crescimento rápido mesmo em condições edafoclimáticas desfavoráveis (solos ácido com baixa saturação de bases), podendo se reproduzir por sementes (sexuada) ou por estacas (assexuada) (Diaz e Murgueitio, 2008). Possui capacidade de produzir até 55 toneladas de MS por hectare por ano, variando em função da densidade de plantas por hectare e do manejo de corte (Olabode et al., 2007). A *T. diversifolia* possui alta eficiência de absorção do fósforo do solo, mesmo que este esteja indisponível para outras espécies de plantas (Kwabiah et al., 2003). Segundo Mauricio et al. (2013), além das características positivas para produção de biomassa em condições adversas de solo e clima, a *T. diversifolia*, apresenta elevado teor proteico e baixo conteúdo fibroso em comparação as gramíneas tropicais. As experiências com *T. diversifolia* para nutrição de ruminantes no Brasil ainda são consideradas incipientes. Desta forma, como as exigências edafoclimáticas desta espécie são similares as condições brasileiras fazem-se necessário experimentos/ensaios que busquem avaliar as características de fermentação ruminal bem como a degradabilidade da MS, sendo estes os objetivos deste trabalho.

## Material e métodos

Os materiais forrageiros foram coletados em mesmo dia, onde a *T. diversifolia*, cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) e capim Napier (*Pennisetum purpureum*) estavam com 120, 300 e 45 dias de idade, respectivamente. O material coletado foi picado a 4 cm, utilizando um triturador forrageiro e imediatamente congelado à -20°C. Parte deste material foi destinada à incubação *in vitro* e outra parte à incubação *in situ*. Amostras dos constituintes do concentrado (milho e soja) foram adquiridos de um única partida e amostrados e armazenados para composição das dietas experimentais. As amostras foram submetidas às análises para quantificação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), segundo a metodologia proposta por AOAC (1980). As determinações da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e da fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), foram realizadas seguindo o protocolo de Van Soest et al. (1991). Para a quantificação do carboidrato não fibroso (CNF) foi utilizada a equação preconizada por Hall et al. (1999),  $CNF = 100 - \%PB - \%FDN - \%EE - \%MM$ .

Para o experimento *in vitro*, foram avaliados dois níveis de inclusão de *T. diversifolia* em substituição na matéria seca total das dietas, (17% e 33%) e o controle 0%. As dietas foram formuladas de forma a serem isoproteicas e isoenergéticas,

segundo NRC (2001) para atender os requerimentos de proteína bruta e energia líquida de vacas em manutenção com peso corporal médio de 500 kg. As dietas foram compostas por *T. diversifolia* (exceto controle), capim Napier (*Pennisetum purpureum*), cana de açúcar (*Saccharum officinarum*), milho em grão e farelo de soja (Tabela 1).

Foram realizadas duas (2) incubações *in vitro*, onde a fermentação ruminal foi simulada em frascos (50 ml) alocados em estufas à 39°C, e mesa agitadora (90 osc. min). Em cada frasco foram incubados 0,5 g de amostra pré-seca (acondicionadas em sacos ANKOM®), moídas a um milímetro, oriunda das dietas, respeitando as proporções de cada ingrediente dentro de cada tratamento (5 repetições por tratamento). Os frascos foram pré-aquecidos e gaseificados com N gas antes da adição de 25 mL de solução de (2:1, saliva artificial: líquido ruminal) e 0,5 mL de solução redutora. O inóculo utilizado foi obtido de duas vacas fistuladas no rumem, alimentadas com 79% de pastagem de *Braquiaria*, 21% de concentrado (% da matéria seca, 16% proteína e 44,3% FDN) e 15 kg de *T. diversifolia* (material fresco e picado a 4 cm). A coleta de líquido ruminal foi realizada duas horas após o fornecimento da dieta. Nos tempos de fermentação de 8, 20, 28 e 48 horas todos os frascos foram removidos da estufa para mensuração dos volumes

**Tabela 1** - Proporção dos ingredientes utilizados para balanceamento das dietas contendo três níveis de inclusão de *Tithonia diversifolia* (0-controle, 17 e 33%)

	Controle	17% TD	33% TD
<i>T. diversifolia</i>	0	17	33
Cana de açúcar	20	20	20
Capim Napier	40	27	14
Milho grão	23	23	23
Soja farelo	17	13	10

de gases segundo Fedorak e Hrudey (1983). A produção acumulada de gases (PAG) foi obtida pelo somatório dos volumes produzidos em todas as mensurações (8, 20, 28 e 48h). No tempo final de incubação (48 h), os frascos foram transferidos para recipientes contendo gelo, com a finalidade de cessar os processos fermentativos. Os frascos foram abertos e os sacos ANKOM® contendo os resíduos de degradação foram retirados, lavados e secos a 105°C e pesados para quantificação da degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). No líquido presente nos frascos foi medido o pH.

Para o experimento *in situ*, foram avaliadas três dietas experimentais com diferentes níveis de inclusão de *T. diversifolia* em substituição na matéria seca total (0% controle, 6,5% e 15,4%). As dietas foram isoproteicas e isofibrosas, balanceadas segundo NRC (2001) para atender os requerimentos de PB e energia líquida de vacas em lactação com produção média diária de 20 kg de leite e peso corporal médio de 500 kg. As dietas foram compostas por *T. diversifolia* (exceto controle), cana de açúcar, milho em grão e farelo de soja. Os ingredientes utilizados para realização do ensaio *in situ* foram os mesmos para execução do experimento *in vitro*. O material correspondente aos volumosos das dietas (*T. diversifolia* e cana de açúcar), congelados à -20°C, foram moídos em um triturador de carne industrial com peneira de 12 mm (Barrell et al., 2000) e incubados em sacos de náilon (50 µm). Em cada saco foi colocado o correspondente a 5,0 g de MS do material, respeitando as proporções de cada ingrediente nas três dietas experimentais. Duas novilhas fistuladas não lactantes foram alimentadas com dieta a bases de *T. diversifolia*, cana, milho e soja. Os tempos de incubação utilizados para descrição da cinética de degradação ruminal foram de 0, 3, 6, 12, 24, 48 e 72 horas, sendo que para cada um desses tempos foi incubado o mesmo número de repetições (três sacos) para cada tratamento. Os sacos referentes a cada tempo de degradação foram colocados dentro de *lingerie bags* (15 × 9), juntamente com peças de metal de 300 g, as quais mantiveram as *lingerie bags* submersas no líquido ruminal.

Todas as *lingerie bags* foram colocadas no rumem ao mesmo tempo, e retiradas uma a uma, respeitando cada tempo de degradação. Após a retirada, as *lingerie bags* foram submetidas à lavagem rápida em água corrente, identificadas e imediatamente foram congeladas à -20°C. O procedimento foi realizado da mesma forma nos dois animais fistulados. Os sacos referentes ao tempo de incubação zero, não foram colocados nos rumens dos animais, foram apenas congelados e posteriormente lavados, juntamente com os demais sacos referentes aos tempos de incubação subsequentes. Após a lavagem os sacos foram secos a 55°C e pesados a quente. Desta forma, foi possível quantificar a fração solúvel (tempo zero) das dietas e o desaparecimento de MS ao longo dos tempos avaliados. Para os cálculos da taxa de degradação (*k*) e degradabilidade potencial (DP) foi utilizando a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979): onde, *A* = fração solúvel (g/kg MS no *t*=0), *B* = fração insolúvel degradável e *t* = tempo em horas. A partir dos parâmetros de cinética obtidos (*A*, *B* e *k*) foi calculada a degradabilidade efetiva (DE), por ajustes exponenciais, assumindo a taxa fracional de passagem (*kp*) de 0,06 h<sup>-1</sup>, de acordo com:  $DE = A + B (K/K + Kp)$ .

O modelo estatístico para o experimento *in vitro* incluiu os efeitos fixos dos tratamentos, com média das 5 repetições (frascos individuais) e efeitos aleatórios das incubações (2 incubações). As médias dos tratamentos foram comparadas por meio do LSMEANS do SAS. Médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste dos quadrados mínimos sendo os tratamentos incluídos como efeito fixo. Os dados obtidos na incubação *in situ* foram processados utilizando modelo não-linear (PROC NLIN) de quadrados mínimos (SAS) para fornecer estimativas para as frações *A*, *B* e *k* calculados a partir dos dados da MS degradada (resíduo). Os dados foram analisados como um delineamento experimental inteiramente casualizado usando PROC MIXED (SAS) com o tratamento no modelo como efeito fixo e animal × interação tratamento como efeitos aleatórios.

## Resultados e discussão

Para o experimento *in vitro* (Tabela 2), não houve diferença ( $P>0,10$ ) na PAG, pH, DIVMS entre os tratamentos avaliados, evidenciando que a inclusão de TD não alterou as fermentações ruminas.

O aumento da inclusão da *T. diversifolia* nos tratamentos de 17 e 33% em comparação com o controle não interferiu ( $P=0,99$ ) na produção acumulada de gases durante a fermentação ruminal (PAG48h), o que respalda a possibilidade de inclusão dessa forrageira em detrimento do uso do farelo de soja, componente da dieta que mais onera a nutrição animal. Salienta-se que a *T. diversifolia* também é uma alternativa para estações de baixa disponibilidade de forragem

(estação seca) devido a característica de estacionalidade das gramíneas tropicais, sendo uma alternativa viável para suplementação de ruminantes nesses períodos (Murgueitio et al., 2009).

Foi observado pelo ensaio *in situ* que a fração A, fração rapidamente degradável, do tratamento com 15,4% TD foi inferior ( $P<0,01$ ) ao controle e o 6,4% TD (Tabela 2). Entretanto, para a fração B, insolúvel degradável, e a taxa de degradação ( $k \cdot h^{-1}$ ) não houve diferenças ( $P\geq 0,38$ ) entre os tratamentos e dieta controle (Tabela 5). Como a fração A influencia a degradação efetiva (DE  $k_p=0,06$ ), esta (15,3% TD) foi inferior ao controle e tratamento 6,4%TD (Tabela 3).

Tabela 2 - Produção acumulada de gases (PAG mL/g MSD<sup>a</sup>), pH ruminal e degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS<sup>b</sup> g/Kg MS) todos com 48 horas de incubação

	Tratamentos			EPM	P-valor
	Controle	17% TD	33% TD		
PAG48h, mL/g MSD <sup>a</sup>	130,6	129,8	129,4	5,4	0,99
pH 48h	6,21	6,23	6,18	0,1	0,80
DIVMS <sup>b</sup> 48h, g/kg MS	611,4	599,6	599,7	1,1	0,67

Medias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente ao nível de significância de 0,05%, MSD – matéria seca degradada, DIVMS – degradabilidade *in vitro* da matéria seca.

Tabela 3 Características de degradação dos tratamentos com base na matéria seca, divididas em fração solúvel (A), fração insolúvel degradável (B), taxa de degradação ( $k$ , %  $h^{-1}$ ) e degradação efetiva (DE) da matéria seca

	Tratamentos			EPM	P-valor
	Controle	6,4% TD	15,3% TD		
A, % MS	35,1a	35,5a	27,1b	1,8	<0,01
B, % MS	52,6	54,7	55,9	3,7	0,80
Taxa de degrad., $k \cdot h^{-1}$	0,034	0,029	0,035	0,004	0,38
DE [ $k_p=0,06$ ], %	53,5a	52,3a	46,2b	1,4	<0,01

Medias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente ao nível de significância de 0,05%

## Conclusão

A *Tithonia diversifolia* apresenta potencial como ingrediente forrageiro para composição de dietas para ruminantes em até 6,4 de substituição da MS.

## Agradecimientos

FAPEMIG-PPM, CAPES-PVE, CNPq, EMBRAPA-Rumem Gases, CAPES-EMBRAPA, DEPEB, UFSJ

## Referências bibliográficas

- AOAC (1980) Official Methods of Analyses. Association of Analytical Chemists. Washington DC, p. 376-384.
- BARCELLOS, A. O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; JUNIOR, G. B. M. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2008. v.37, p.51-67.
- BARREL, L. G.; BURKE, J. L.; WAGHORN, G. C.; ATTWOOD, G. T.; BROOKES, I. M. Preparation of fresh forages for incubation and prediction of nutritive value. *Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production*. 2000. 60: 5-8.
- DÍAZ, Z. C. e MURGUEITIO, E. R. El Botón de Ouro: arbusto de gran utilidad para sistemas ganaderos de tierra caliente y de Montaña. *Reseña de um livro: ganadería del Futuro: Investigación para el desarrollo. Centro para la investigación en sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV)*. 2008.
- FEDORAK, P. M. and HRUDEY S. E. A simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultures in serum bottles. *Environ. Technol. Lett.*, 1983. 4:425-432.
- Hall, M.B.; Hoover, W.H.; Jennings, J.P. et al. A method for partitioning neutral detergent soluble carbohydrates. *Journal Science Food Agriculture*, v.79, p.2079-2086, 1999.
- KWABIAH, A. B.; PALM, C.A.; STOSKOPF, N. C.; Voroney, R. P. Response of soil microbial biomass dynamics to quality of plant materials with emphasis on P availability. *Soil Biology & Biochemistry*. 2003, v. 35, p. 207-216.
- MAURICIO, R. M. ; RIBEIRO, R. S. ; SILVEIRA, S. R.; SILVA, P. L.; CALSAVARA, L.; PEREIRA, L. G. R.; PACIULLO, D. S. *Tithonia diversifolia* for ruminant nutrition. In: 22nd International Grassland Congress, 2013, Sydney. Grassland Congress, 2013.
- MURGUEITIO, E. et al. Estado actual y tendencias de los sistemas agroforestales ganaderos en los trópicos. *Memorias. VIII Taller Internacional Silvopastoril “Los árboles y arbustos en la ganadería”, 2009. [CD-ROM]. EEPF “Indio Hatuey”*. Matanzas, Cuba. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 2001 – NRC 2001*
- OLABODE, O.S; SOLA, O.; AKANBI, W. B.; ADESINA, G. O.; BABAJIDE, P. A. Evaluation of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray for soil improvement. *World Journal of Agricultural Sciences*. 2007. 3 (4):503.
- OLIVEIRA, O. C.; OLIVEIRA, I. P.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Chemical and biological indicator of decline/degradation of *Brachiaria* pasture in Brazilian Cerrado. *Agriculture, Ecosystems e Environment*, 2004. v. 102, p. 289-300.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, P. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.*, v.92, p.499-503, 1979.
- SANO, E. E.; BARCELLOS, A. O.; BEZERRA, H. S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian Savanna. *Pasture Tropicales*, 2000. v. 22, p. 2-15.
- SOUZA, V. C. *Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II/ Vinicius Castro Souza, Harri. 2ª Ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum 2008.*
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B; LEWIS, B.A Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.10 . p.3583-3597, 1994.

# Revisión del conocimiento de selección de especies forestales para proveer de sombra a vacas lecheras

Laclau P.<sup>1</sup>, Domínguez Daguer D.<sup>2</sup> y G. Caballé<sup>3</sup>

## Resumen

La provisión de sombra al ganado vacuno reviste singular importancia bajo climas en los cuales se manifiesta estrés térmico por alta temperatura. Particularmente en el ganado lechero, cuando la temperatura ambiental supera el umbral térmico de confort, se afecta sensiblemente la producción láctea. Si bien es común la utilización de estructuras artificiales para proveer de sombra es también factible el empleo de especies arbóreas conformando cortinas forestales. Sin embargo, la información referida a especies útiles para tal fin en la región pampeana -principal cuenca lechera de Argentina-, es escasa. Basado en un análisis de la información disponible, en el presente trabajo se enumera una lista de especies potencialmente útiles indicando sus características y principales ventajas o inconvenientes para el arbolado para la provisión de sombra.

**Palabras clave:** llanura pampeana, bienestar animal, especies arbóreas, adaptabilidad

## A Review of current knowledge for selecting tree species to provide shade for dairy cows

### Abstract

The provision of shade to livestock is of particular importance in hot climate, where animal wellbeing is affected by high temperatures. Particularly in dairy cattle, when the ambient temperature exceeds the termic comfort threshold, significantly impacts on milk production. While it is common to use artificial structures to provide shade is also feasible to use shelterbelts. However, there is little information regarding useful species for this purpose in the pampa's plain, the main dairy area of Argentina. In this paper a list of potentially useful species is listed indicating their features and benefits.

**Key words:** pampa's plains, animal welfare, tree species, adaptability

<sup>1</sup> INTA EEA Balcarce, Rodríguez 370, (7000) Tandil, Arg., laclau.pablo@inta.gob.ar <sup>2</sup>Dirección de Producción Forestal (MAGyP); <sup>3</sup>INTA EEA Bariloche



## Introducción

La provisión de sombra al ganado vacuno reviste singular importancia bajo climas en los cuales se manifiesta estrés térmico por alta temperatura (Blackshaw y Blackshaw, 1994). En climas templado cálidos aumenta el gasto metabólico, con efectos en la sanidad y productividad animal. Particularmente en el ganado lechero, cuando la temperatura ambiental supera el umbral térmico de confort, se afecta sensiblemente la producción láctea (Ghiano et al., 2011, 2014; Román et al., 2014). El tendido de cortinas forestales constituye una posibilidad de brindar iguales beneficios que las estructuras artificiales comúnmente utilizadas (Ghiano et al., 2011), a bajo costo y con poca necesidad de mantenimiento.

Las cortinas forestales pueden brindar múltiples servicios a través de la regulación microclimática, disminuyendo la evapotranspiración de pasturas o cultivos adyacentes, atenuando la radiación directa bajo el área de proyección de copas y amortiguando las temperaturas extremas (Bentrup, 2008). En contraposición a la forestación en macizo o en cortinas con fines industriales (adonde los objetivos de manejo se enfocan

en lograr árboles de porte erguido, con alta tasa de crecimiento y concentrado en el fuste), las especies apropiadas para proveer de sombra a los animales podrían tener otras características de forma y crecimiento. Por otra parte, las especies deben tener tolerancia a la presión animal, soportando la salinidad y toxicidad de las deyecciones -particularmente en etapas de desarrollo temprano, cuando las raíces son aún escasas o superficiales-, y ser resilientes al consumo de corteza, al rascado y al pisoteo de raíces. La conjugación de estas características con el desarrollo y forma de copas deseado para la provisión de sombra, hacen necesario identificar aquellas especies que serían más apropiadas a estos fines. En este trabajo hemos hecho una revisión de especies forestales templadas y subtropicales comunes adaptadas a las condiciones de clima y suelos pampeanos. A partir de la discusión de las características mencionadas en bibliografía y nuestro conocimiento empírico, elaboramos una lista preliminar de especies para la provisión de sombra en tambos y algunos atributos de forma o adaptación útiles para su selección.

## Materiales y Métodos

Se consultó bibliografía nacional (Cozzo, 1967; Celulosa Argentina, 1974, 1975, 1977; Tortorelli, 2009) e internacional (USDA, 1949; Westveld et al., 1951; Williams et al., 1997) descriptiva de distintas especies forestales templadas y subtropicales más difundidas en la llanura pampeana, dentro de los cientos de especies exitosamente cultivadas allí (Tortorelli, 2009). Se consideró tanto su forma y crecimiento como su ecología. A través de búsquedas en páginas web<sup>1</sup>, se realizaron consultas complementarias descriptivas y de comportamiento. Se adjudicaron atributos a distintas espe-

cies que pueden obrar como criterios para su selección en distintos ambientes, entre ellos el *desarrollo de copas*, la *caducidad foliar*, la *tolerancia a salinidad* o *alcalinidad*, la *sequía* o *anegamiento*, la *resistencia a vientos*, el *carácter invasor* y la *toxicidad* de frutos u hojas para el ganado. Con toda esta información elaborada se confeccionó una tabla de especies viables para la provisión de sombra. Finalmente, se discutieron estos criterios de selección y las necesidades de una revisión más exhaustiva a partir de trabajos de campo específicamente diseñados.

## Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestra un listado de especies adaptadas a distintos suelos de la región pampeana, que se proponen como potencialmente viables para la instalación de cortinas de sombreado en tambos con sus respuestas a los atributos considerados.

Debido a la concentración de deyecciones o el derrame de granos o concentrados en los sitios de consumo de alimento próximos a las cortinas, las especies arbóreas utilizadas deberían tener mecanismos para tolerar o evadir salinidad (Taleisnik E. y López Lauenstein, 2011) o toxicidad (Tabla 1). Las especies poco tolerantes o con raíces superficiales requerirán un período de exclusión ganadera mientras profundizan sus raíces y se vuelven menos dependientes de los cambios en el horizonte superior del suelo. No obstante,

aquellos árboles con raíces superficiales como sauces, álamos o aromos (Tabla 1), pueden ser afectadas también por el pisoteo animal. Además, las especies con este tipo de raíces tienden a producir fustes inclinados en áreas ventosas, lo que puede ampliar el área sombreada a barlovento "alejando" los fustes del ganado. Si tienen raíces gemíferas, como en el caso del álamo plateado y otras salicáceas, las laceraciones provocadas por el pisoteo animal estimulan la producción de retoños, aumentando el riesgo de invasión.

En climas frescos, donde en invierno se requiere una mayor insolación, deberían utilizarse especies caducifolias. No obstante, en el otoño las hojas pueden caer en los comederos o acumularse e impedir el secado del suelo. Por ello, también las especies elegidas deben tener hojas fácilmente

<sup>1</sup> <http://www.monografias.com/trabajos100/arboles-y-arbustos-lima/arboles-y-arbustos-lima.shtml> ; <http://nutricionforestal.blogspot.com.ar/2011/pp09/suelos-salinos-y-plantaciones.html> ; [https://es.wikipedia.org/wiki/Intoxicaci%C3%B3n\\_por\\_plantas](https://es.wikipedia.org/wiki/Intoxicaci%C3%B3n_por_plantas) ; <http://www.florachilena.cl> ; [http://www.botanical-online.com/pimienta\\_schinus\\_mulle\\_toxicidad.htm](http://www.botanical-online.com/pimienta_schinus_mulle_toxicidad.htm) ; [http://es.swewe.net/word\\_show.htm?1292256\\_7&Tamarisco](http://es.swewe.net/word_show.htm?1292256_7&Tamarisco) ; <http://www.arbolesornamentales.es/enlaces.htm> ;

## Area 1: Producción agropecuaria y forestal en los sistemas silvopastoriles y agroforestales

Tabla 1. Caracterización de especies forestales adaptadas a la llanura pampeana, con potencial para el establecimiento de cortinas de sombreado en tambos. Se indican altura (m), desarrollo de copa, tolerancia a situaciones de sequía, salinidad/ alcalinidad, anegamiento, viento, plasticidad (A= alta, M= media, B= baja), toxicidad de frutos u hojas y carácter invasor (SI/NO)

NOMBRE	ALTURA	COPA	TOLERANCIA A SEQUÍA	TOLERANCIA A SALINIDAD/ ALCALINIDAD	TOLERANCIA A ANEGAMIENTO	TOLERANCIA A VIENTO	PLASTICIDAD (SUELOS, CLIMA)	TOXICIDAD DE FRUTOS / HOJAS <sup>1</sup>	CARÁCTER INVASOR
CADUCIFOLIAS									
Abedul ( <i>Betula pendula</i> )	12-16	Abierta y amplia	B	B	M	M	A	NO	NO
Acacia blanca ( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	12-18	Globosa y poco densa	A	B	B	A	A	SI	SI
Acacia de Constantinopla ( <i>Albizia julibrissin</i> )	5-8	Plana aparasolada	M	M	B	M	M	NO	NO
Acacia negra ( <i>Gleditsia triacanthos</i> )	15-25	Globosa y poco densa	A	A	A	A	A	NO	SI
Arce ( <i>Acer negundo</i> )	15-25	Globosa	M	B	B	A	M	NO	NO
Aguaribay ( <i>Schinus molle</i> var. <i>Areira</i> )	15-20	Grande, globosa y muy densa	A	M	¿?	A	A	NO	NO
Alamo carolino ( <i>Populus deltoides</i> )	15-30	Abierta y amplia	B	B	M	B	M	NO	NO
Alamo plateado ( <i>Populus alba</i> )	20-25	Columnar	M	M	M	B	A	NO	SI
Aliso ( <i>Alnus glutinosa</i> )	15-20	Amplia, abierta	B	B	M	B	M	NO	NO
Algarrobo blanco ( <i>Prosopis chilensis</i> )	h. 12	Globosa (hasta 10 m)	A	M	B	M	B	NO	NO
Algarrobo negro ( <i>Prosopis flexuosa</i> )	h. 12	Globosa (hasta 10 m)	A	A	B	M	M/B	NO	NO
Algarrobo negro ( <i>Prosopis nigra</i> )	h. 12	Globosa aparasolada	A	B	B	M	M/B	NO	NO
Arbol del cielo ( <i>Ailanthus altissima</i> )	15-20	Irregular, 10-12 mdiam.	M	A	B	M	A	SI <sup>2</sup>	SI
Cina cina ( <i>Parkinsonia aculeata</i> )	2-8	Aparasolada y ramas péndulas	A	M	B	M	A	NO	NO
Fresno americano ( <i>Fraxinus pennsylvanica</i> )	15-20	Amplia y globosa	M	M	M	A	A	NO	SI
Ibirá Pita ( <i>Peltophorum dubium</i> )	18-20	Aparasolada y densa.	B	B	B	B	M	NO	NO
Jacaranda ( <i>Jacaranda mimosifolia</i> )	10-12	Forma variable, poco densa. Diám 4-6 m	B	B	B	B	M	NO	NO
Mistol ( <i>Zizyphus mistol</i> )	4-10	Redonda y tupida	A	A	B	M	A	NO	NO
Mora ( <i>Morus alba</i> )	8-15	Redonda y tupida	A	A	B	M	M	NO	NO
Olmo europeo ( <i>Ulmus pumila</i> ), americano ( <i>U. americana</i> )	15-20	Amplia, ovoide, follaje denso	A	M	B	A	A	NO	NO
Paraíso ( <i>Melia azedarach</i> )	10-12	Froncosa y aparasolada.	A	B	B	B	A	SI	NO
Roble europeo ( <i>Quercus robur</i> ), americano ( <i>Q. americana</i> )	20-30	Copa amplia, ovoide, follaje denso	A	M	M	M-A	A	NO	NO
Sauces (varios clones de <i>Salix</i> spp)	20-30	Ovoide, follaje abierto	B	B	A	M	M	NO	SI
Sófora ( <i>Styphnolobium japonicum</i> )	10-15	Globosa y amplia	A	A	B	M	M	SI	NO
Tala ( <i>Celtis tala</i> )	4-12	Amplia y extendida	A	M	B	A	B	NO	NO
Tamarisco ( <i>Tamarix gallica</i> )	h. 8	Globosa	A	A	A	A	A	NO	SI
Tilo europeo ( <i>Tilia x moltkei</i> ), americano ( <i>Tilia americana</i> )	20	Globosa piramidal en la adultez	B	B	B	A	M	NO	NO

PERENNIFOLIAS									
Aromo australiano ( <i>Acacia melanoxylon</i> )	15-20	Densa, amplia, globoso-cónica	M	B	B	M	A	NO	SI
Casuarina ( <i>Casuarina cunninghamiana</i> )	10-24	Piramidal	M	M	A	A	A	NO	NO
Cipres piramidal ( <i>Cupressus sempervirens</i> )	18-25	Columnar	M	B	B	A	A	NO	NO
Eucaliptos colorados ( <i>Eucalyptus camandulensis</i> , <i>E. tereticornis</i> )	25-30	Extendida, ramas pendulares, amplia	A	A	M	A	A	SI	NO
Eucalipto blanco ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	25-30	Piramidal y amplia, follaje denso	B	B	B	A	M	SI	NO
Eucalipto viminalis ( <i>Eucalyptus viminalis</i> )	25-30	Extendida, ramas pendulares, amplia	A	B	B	A	A	SI	NO
Eucalipto sideroxylon ( <i>Eucalyptus syderoxylon</i> )	15-20	Extendida, amplia, follaje denso	A	M	B	A	A	SI	NO
Eucalipto cinerea ( <i>Eucalyptus cinerea</i> )	12-15	Globosa, extendida, follaje denso	B	B	B	M	B	SI	NO
Ligustro ( <i>Ligustrum lucidum</i> )	8-15	Globosa y compacta	A	B	A	B	A	NO	SI
Pino de Alepo ( <i>Pinus halepensis</i> )	14-18	Piramidal	A	A	B	A	A	NO	NO
Pino elliotti ( <i>Pinus elliotti</i> )	18-25	Piramidal, extendida	B	M	M	M	A	NO	NO
Pino marítimo ( <i>Pinus pinaster</i> )	25-30	Piramidal al principio y globosa con los años	M	A	B	B	M	NO	NO

<sup>1</sup> Según estado vegetativo, varias plantas de la lista pueden ser no palatables o tóxicas para el ganado, aunque no se encuentran citadas por literatura corriente. La presencia de signos de enfermedades en hojas puede afectar su toxicidad.

<sup>2</sup> No es palatable, tiene abundantes saponinas

descomponibles, con bajo tenor de estructuras celulósicas o taninos. Como contrapartida, las especies perennifolias (que también eliminan hojas pero reciclan el follaje completo en varios años) mantienen un sombreado intenso en los meses de invierno pero tienen una mayor intercepción de precipitaciones y proveen de sombreado intenso (menor porosidad). Eventualmente podrían combinarse en la misma cortina ambos tipos de especies, aumentando la permeabilidad a la luz y a la vez protegiendo de vientos fríos invernales. Otro factor a tener en cuenta es la producción y caída de frutos ya que no deberían ingresar en los comederos en caso de ser tóxicos o provocar digestibilidad. Muchas bayas arbóreas, como las del paraíso o la de *Pyra-cantha* spp o el ligustro entran en este grupo, aunque en estadios de senescencia de hojas o frutos sus cambios bioquímicos (por ejemplo la reabsorción de nitrógeno previo a la caída que experimentan muchos árboles) o el desarrollo de enfermedades criptogámicas puede afectar su palatabilidad y grado de toxicidad.

En cuanto al crecimiento de los árboles, debería mantenerse una tasa moderada a través de la elección de la especie y de las podas, con objetivos de lograr ramas relativamente finas o erguidas que no expongan la hacienda a riesgos de

caída ni producir grandes modificaciones en el tiempo a los conos de sombra, minimizando las operaciones de poda. La porosidad de la copa debería ser suficiente para facilitar la convección del aire y volatilización del amonio y otros compuestos tóxicos, permitiendo a la vez una circulación de aire permanente, de modo de incrementar la disipación de calor animal y contribuir a mantener un piso más seco. Las copas deberían ser preferentemente globosas o aparasoladas para generar sombra en el contorno del tronco sin proyectarse a distancia sobre el pasto. Tampoco deberían ser de gran porte si la orientación es este-oeste, ya que solamente habrá mayor superposición de sombra en la línea, pero no más extensión lateral de la misma (Laclau et al. 2015).

Entre algunas de las especies nativas e introducidas que satisfacen varios de los criterios mencionados se encontrarían los espinillos, el aguaribay (el consumo significativo de sus frutos puede aparejar toxicidad), los algarrobos, el pino de Alepo, algunos sauces, los tamariscos (aunque su ingesta puede aparejar toxicidad leve), el fresno americano, el olivo de Bohemia o los eucaliptos colorados, o la Acacia de Constantinopla. No obstante, sería deseable ensayar estas especies a campo probando distintos distanciamientos entre plantas, números de filas y distancias a los comederos.

## Conclusiones

En la región pampeana existen numerosas opciones de selección de especies adaptadas para la implementación de cortinas de provisión de sombra en tambos, apropiadas para distintas situaciones edafoclimáticas.

El listado preliminar, basado en bibliografía, experiencia propia y análisis de las características de distintos árboles cultivados en la región, permite disponer de algunos atributos básicos de comportamiento de especies comúnmen-

te plantadas. En ese sentido, constituye una herramienta suplementaria del buen criterio técnico necesario y debe tomarse como una referencia para la elección de especies de sombra aplicados a la ganadería lechera. No obstante, la implementación de ensayos específicos y su monitoreo, es una acción indispensable para profundizar en el conocimiento del comportamiento y bienestar del ganado en función de la implementación de cortinas protectoras.

## Agradecimientos

Este artículo se realizó en el marco del Proyecto sobre *Tecnologías y Capacidades para el Manejo de Sistemas Agroforestales y Silvopastoriles con Bosques Implantados* (INTA PNFOR 1104075) con apoyo de la Delegación Técnica Regional Buenos Aires Sur de la Dirección de Producción Forestal (MAGyP).

## Bibliografía

- Bentrup, G., 2008. Zonas de amortiguamiento para conservación: lineamientos para diseño de zonas de amortiguamiento, corredores y vías verdes. Informe Técnico Gral. SRS-109. Asheville, NC: Departamento de Agricultura, Servicio Forestal, Estación de Investigación Sur. 128 pgs, [http://nac.unl.edu/buffers/docs/GTR-SRS-109\\_Spanish.pdf](http://nac.unl.edu/buffers/docs/GTR-SRS-109_Spanish.pdf)
- Blackshaw, J.K., y A.W. Blackshaw, 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34(2): 285-295
- Celulosa Argentina, 1974. Libro del Árbol. Ed. Celulosa Argentina SA., T.I, pgs s/n
- Celulosa Argentina, 1975. Libro del Árbol. Ed. Celulosa Argentina SA., T.II, pgs s/n
- Celulosa Argentina, 1977. Libro del Árbol. Ed. Celulosa Argentina SA., T.III, pgs s/n
- Cozzo, D., 1967. La Argentina Forestal, EUDEBA, Bs As, 248 pgs
- Ghiano, J.; García, K.; Gastaldi, L.; Domínguez, J.; Sosa, N.; Massoni, F.; Ferreira, M.; Walter, E., y M. Taverna 2011. Manejo del estrés calórico en el tambo. Alternativas de sombras. Ficha técnica n°17, nov. 2011. Resultados de Investigación Lechera; <http://inta.gov.ar/lecheria>
- Ghiano, J.; Taverna, M.; Gastaldi, L., y E. Walter, 2014. Manejo del estrés calórico. INTA Lechero en <http://inta.gob.ar>
- Laclau, P.; Domínguez Daguer, D., y G. Caballé, 2015. Sombreado forestal aplicado a tambos. Simulaciones de cortinas forestales. Actas VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales / III Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Iguazú, Misiones, Argentina, 7.8 y 9 de Mayo, 2015. 6 pgs
- Nutrición forestal, 2011. Suelos Salinos y Plantaciones Forestales. En: <http://nutricionforestal.blogspot.com.ar/2011/pp09/suelos-salinos-y-plantaciones.html>
- Román, L.; Saravia, C.; Astigarraga, L.; Bentancur, O.; Acosta, Y.; Pla, M.; Mendoza, A.; Morales, T., y A. La Manna 2014. El Acceso a Sombra Asociado o no con Aspersión y Ventilación Mejora las Variables Fisiológicas y el Desempeño Productivo de Vacas Holando en el Suroeste de Uruguay. En: Día de Campo "Manejo de Estrés Térmico en Ganado Lechero". La Estanzuela, Colonia, INIA (Serie Actividades de Difusión n°728). ISSN 1688-9258, 31 pgs
- Taleisnik, E., y López Lauenstein, 2011. Leñosas perennes para ambientes afectados por salinidad. Una sinopsis de la contribución argentina a este tema. *Ecología Austral* 21:3-14.
- USDA, 1949. Trees. The Yearbook of Agriculture. US Government Printing Office, Wash.DC, 944 pgs.
- Westveld, R.H., y R.H. Peck, 1951. Forestry in Farm Management. Ed. John Wiley and Sons Inc., NY, 340 pgs
- Williams, P.A.; Gordon, A.M.; Garrett, H.E., y L. Buck, 1997. Agroforestry in North America and its Role in Farming Systems. En: Gordon, A.M., y S.M.Newman, (Eds). Temperate Agroforestry Ecosystems. CAB International. ISBN 0851991475. Cap 2:9-84

# Alternativas de modelos silvopastoriles en forestaciones de *Populus* spp en zonas bajo riego en el oasis sur en Mendoza

Ochoa, M. A (\*); Tondi, M. (\*); Calderón A. D (x), Ayala, O. (\*)

## Resumen

El cultivo de forestales, principalmente de *Populus* spp. en áreas bajo riego, es común en los departamentos del sur mendocino (San Rafael, Gral. Alvear y Malargüe). Debido a que el turno de corta de los forestales supera los 10 años, es conveniente ocupar la tierra para producir otros cultivos que generen un ingreso económico para el productor durante ese tiempo. La incorporación de especies forrajeras (polifíticas) y otras monofíticas como la alfalfa, sería una alternativa interesante para generar un ingreso durante el periodo de crecimiento de los forestales. El objetivo de este proyecto es valorar el aporte forrajero de distintas especies y la interacción que pueda tener con el cultivo principal (forestales) en cuanto a la competencia por el agua y nutrientes. En una plantación de álamos de la EEA Rama Caída (INTA), instalada en la primavera del año 2013, se diseñó un ensayo de producción forrajera. El diseño estadístico es bloques al azar con 3 repeticiones y se comparan 3 tratamientos. 1) Testigo (T) manejo tradicional manteniendo el suelo limpio de malezas mediante labranza mecánica, 2) parcelas con una mezcla polifítica (PP) de alfalfa, trébol rojo y gramíneas (*Festuca arundinacea* “Festuca”, *Dactylis glomerata* “Pasto ovillo” y *Lolium perenne* “Raigrás”), 3) el último tratamiento es alfalfa sola (Var. Monarca INTA). La siembra de las pasturas se realizó el 15 de Abril del 2014 y se han realizado 3 cortes durante el ciclo vegetativo 2014-2015. Los rendimientos expresados en Kg MS/ha fueron, para la PP 3033 Kg/ha, 4050Kg/ha y 3383 Kg/ha, para el primer, segundo y tercer corte respectivamente. En alfalfa (Monarca INTA) los rendimientos obtenidos fueron: 2000Kg/ha, 3083 Kg/ha y 3916 Kg/ha, para el 1°, 2° y 3° corte respectivamente. En cuanto a producción forestal, no se observan diferencias en los crecimientos para cada uno de los tratamientos. Este ensayo permitirá extraer conclusiones luego del año de sembradas las pasturas y deberá a partir de allí incorporar el componente ganadero y de esa forma analizar los rendimientos de cada uno de los componentes y la correspondiente interacción entre ellos.

**Palabras Clave:** *Sistemas silvopastoriles – Populus – pasturas - zonas bajo riego - Mendoza*

## Silvopastoril model alternatives of *Populus* spp forestry in irrigation areas of Mendoza south, Argentina

### Abstract

The cultivation of forestry, principally *Populus* spp. in irrigation areas, is common in the south of Mendoza province (San Rafael, Gral. Alvear y Malargüe). The time necessary for cutting de trees is more than 10 years, so is convenient to produce other cultivation during that time, for improving grower's income. The incorporation of forage species, like alfalfa, Tall Fescue, Orchardgrass, Ryegrass, would be an interesting alternative for generating an income during the growing period of forestry. The objective of this project is to determine the forage yield of different species and the interaction that could be between the forage and forestry, principally for the competition for water and nutrients. In a forestation of *Populus*, in the EEA Rama Caída (INTA), established in the spring of 2013, was designed an experiment of forage production. The statistical design was randomized complete blocks with 3 repetitions, where we are going to compare 3 treatments, 1) Control: (C), traditional management with mechanical control of weeds, 2) A mixture of species (MS) composed with Alfalfa (*Medicago sativa*), Red clover (*Trifolium pratense*), Tall Fescue (*Festuca arundinacea*), Orchardgrass (*Dactylis glomerata*) and Ryegrass perennial (*Lolium perenne*), 3) Alfalfa alone (AA) (Var. Monarca INTA). The forage species were seeded in April 15, 2014, and we have cut 3 times during the growing period of 2014 – 2015. The forage production, measured in Kilograms of dry matter/hectare, were de following: For the mixture of species (MS) 3033 Kg/ha, 5050 Kg/ha y 3383 Kg/ha, for the first, second and third cut respectively; with alfalfa alone (AA) the forage production was 2000 Kg/ha, 3083 Kg/ha and 3916 Kg/ha (first, second and third cut respectively). Respect to the growing of trees (*Populus* spp.), there was not observed differences in each one of the treatment. More time of experience is needed to allow us to take some conclusions, as well as the incorporation of cattle to the experience.

**Keywords:** *Silvopastoral systems – Populus – forage – irrigated areas - Mendoza*

(\*) E.E.A. Rama Caída, (INTA). (x) Fac. C. Agrarias, U.N. Cuyo. Mendoza, Argentina. e-mail: [ochoa.miguel@inta.gob.ar](mailto:ochoa.miguel@inta.gob.ar).

# Efecto de dos diseños silvopastoriles sobre el desarrollo de ramas en *Pinus ponderosa*. Dougl. ex. Laws.

Diez, J.P.<sup>1</sup>; Caballé G.<sup>1</sup>

## Resumen

El componente arbóreo en sistemas silvopastoriles puede generar fuertes efectos negativos sobre el componente forrajero. Aplicando podas y fuertes raleos o separando físicamente el componente arbóreo y forrajero mediante la implementación de un diseño en fajas se pueden controlar los efectos negativos. Sin embargo, la condición de crecimiento libre en que se encuentran los árboles una vez efectuado los raleos puede presentar efectos negativos sobre su calidad de madera. El objetivo del presente trabajo fue evaluar como evolucionaron las ramas remanentes a la poda en dos diseños de sistema silvopastoril: diseño en fajas y árboles uniformemente distribuidos. La experiencia se llevó a cabo en el norte neuquino, en una plantación de *Pinus ponderosa* con una densidad inicial de 1100 pl/ha. En el año 2008 fue raleada llevando la densidad a 400 árb ha<sup>-1</sup> (30% cobertura arbórea). Se conformaron tres réplicas (1,5 a 2 ha) con diseño en fajas y distribución uniforme de los árboles. En el año 2009 se podaron todos los árboles hasta la mitad de la copa viva. En 2014 se midieron diez árboles en las siguientes condiciones de crecimiento: libre (árboles uniformemente distribuidos), borde e interior de faja (testigo). Se midió: DAP, diámetro basal de ramas de los tres verticilos inferiores y se tomaron muestras de la rama mayor en el verticilo inferior para analizar crecimiento. Los resultados muestran que el incremento medio anual (IMA) de anillos de ramas en el periodo 2009-2014 es mayor en el diseño uniforme, hay un mayor desarrollo de área basal en los primeros 2 verticilos como así también del número de ramas. Por lo tanto, en un sistema silvopastoril con una distribución uniforme se sugiere realizar sucesivas podas en un lapso menor a los 5 años para evitar daños tecnológicos en la madera causado por ramas grandes y la proliferación de brotes epicórmicos.

**Palabras Clave:** Poda, raleo, calidad de madera.

# Effect of two silvopastoral designs on the development of branches in *Pinus ponderosa*. Dougl. ex. Laws.

## Abstract

The high tree canopy cover in silvopastoral systems can generate strong negative effects on forage component. Applying pruning and thinning or by implementing a shelterbelts design can be controlled the negative effects. However, the condition of free growing of the trees after carrying out the thinning may have negative effects on their wood quality. The aim of this study was to evaluate the evolution of remnant branches after pruning in two silvopastoral system designs: shelterbelts design and homogeneously distributed trees. The experiment was conducted in the northern Neuquén, in a *Pinus ponderosa* plantation with an initial density of 1100 trees ha<sup>-1</sup>. In 2008 was thinned leading final density at 400 trees ha<sup>-1</sup> and 30% of canopy cover. Three replicates (1.5 to 2 ha) of shelterbelts and homogeneously design was conformed. In 2009 all the trees were pruned to half of the live crown. In 2014 were measured ten trees of the following growing condition: free (homogeneously distributed trees), edge and inner shelterbelts. In each tree were performed the following measurements: DBH, basal diameter of branches of the three lower whorls and the samples of branch at the lower whorl were taken to analyse growth. The results show that the mean annual increment (MAI) in the period 2009-2014 was higher in the branches of the free growing trees. At the same time, there was an increase of the basal area and the number of branches in the two lower whorls of these trees. Therefore, in silvopastoral system with homogeneously distributed trees it is suggested applying successive pruning in period of time less than 5 years to avoid technological damage to the timber caused by large branches and epicormics shoots proliferation.

**Key words:** Pruning, thinning and wood quality

<sup>1</sup>EEA Bariloche, Modesta Victoria 4450, C.P.: 8400, CC 277. San Carlos de Bariloche, Argentina, correo electrónico: diez.juan@inta.gob.ar

## Introducción

La viabilidad biológica de los sistemas silvopastoriles depende del correcto manejo de las interacciones (positivas y negativas) que se producen entre sus componentes. El componente arbóreo, por efecto del sombreado y la competencia por agua y nutrientes puede generar fuertes efectos negativos sobre el componente forrajero (Rao et al. 1998). El control de estos efectos negativos se puede viabilizar mediante un estricto manejo de la cobertura arbórea o separando físicamente en el terreno el componente arbóreo y forrajero mediante la implementación de un diseño en fajas.

En sistemas silvopastoriles con pino ponderosa en el NO de Patagonia el nivel de cobertura arbórea, cuando los árboles se distribuyen uniformemente, se debe mantener próximo al 50% evitando que predominen los efectos negativos sobre las especies del pastizal natural (Caballé 2013). Mediante la aplicación de fuertes raleos y un manejo intenso de las po-

das es posible alcanzar y mantener el mencionado nivel de cobertura. Sin embargo, la condición de crecimiento libre en que se encuentran los árboles una vez efectuado el raleo y por un periodo que puede alcanzar 5-10 años dependiendo de la calidad de sitio, puede presentar efectos negativos sobre su calidad de madera. Maclaren (1993) encuentra en pino radiata que al disminuir la densidad, aumenta el tamaño de ramas y consecuentemente el tamaño de los nudos. Para mantener el nivel de competencia entre los árboles y evitar el crecimiento desmedido de las ramas se recomienda distribuir en fajas el componente arbóreo. Esta última opción, no se ha implementado hasta el momento en sistemas silvopastoriles del NO de Patagonia. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar como evolucionaron las ramas remanentes a la poda en respuesta dos diseños de sistemas silvopastoriles, con distribución en fajas y uniforme de los árboles.

## Materiales y Métodos

El trabajo se llevó a cabo en el Campo Forestal Mallín Verde, Las Ovejas, Neuquén (S 36° 56' 24" O 70° 48' 00"). El rodal en donde se realizó la experiencia fue plantado en el año 1998 a una densidad inicial de 1100 árb ha<sup>-1</sup>. En el año 2008 se realizaron tres réplicas de 1,5 a 2ha con dos tratamientos de raleo, uno con distanciamiento uniforme de los árboles remanentes y el segundo con un arreglo de fajas de 5 hileras continuas dejando un distanciamiento de 15 metros hasta la faja siguientes. En ambos casos, la densidad final pos-raleo fue de 400 árb ha<sup>-1</sup>. Al año siguiente, se realizó en todos los árboles el primer levante de poda hasta la mitad de la copa viva.

En abril de 2014 se realizaron mediciones de diámetro a la altura del pecho (DAP, 1,3 m) utilizando forcípula forestal y se cuantificó y midió el diámetro de las ramas en la inserción al fuste (medidos con calibre digital) de los 3 verticilos de la base de la copa viva en 10 árboles al azar en condición de crecimiento libre del tratamiento de raleo uniforme, en 10 árboles del borde de las fajas y en 10 árboles de las filas internas de las fajas que fueron considerados como testigo sin ralear. Además, en todos los árboles se extrajo la rama de mayor diá-

metro presente en el verticilo más cercano al suelo. Las muestras de ramas fueron pulidas y se midió el ancho de los anillos de crecimiento con el software Windendro (Guay et al. 1992). Se analizó el crecimiento previo y posterior al raleo y la poda utilizando la medida del ancho del anillo correspondiente. También fue analizado el número de ramas por verticilo y su área basal asociada, para determinar diferencias entre tratamientos. Los datos fueron analizados con la opción ANOVA de una vía usando como covariable el DAP mediante el programa Infostat (Di Rienzo et al, 2008)

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta X_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad \text{con } i=1, \dots, a; j=1, \dots, n$$

donde  $\mu$  corresponde a la media general,  $\tau_i$  el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento;  $\beta$  es el parámetro desconocido que representa las tasa de cambio en  $Y$  frente al cambio unitario de  $X$ ;  $X_{ij}$  es la variable regresora o covariable y  $\varepsilon_{ij}$  es el error aleatorio asociado con la unidad experimental. Cuando hubo diferencias significativas entre tratamientos se realizó un test de LSD Fisher para evidenciar las mismas.

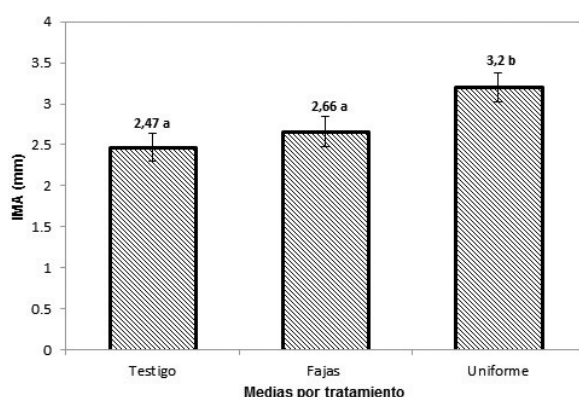
## Resultados y discusión

Como punto de partida de este trabajo, se analizó el crecimiento de las ramas hasta el año en que se hizo el raleo (2008) para determinar si se partía de una población homogénea. De dicho análisis se desprende que no hay diferencias significativas ( $p=0,2289$ ) en el crecimiento acumulado de las ramas al momento del raleo, lo que marca que se parte de una población con tamaño de ramas similares.

El incremento medio anual de las ramas entre el año 2009 y 2014, fue significativamente mayor en individuos en situación de crecimiento libre del tratamiento de raleo uniforme. El crecimiento de las ramas del borde de las fajas

y las testigo no presentaron diferencias entre ellas. Adicionalmente, del análisis se deduce que el tamaño de los árboles no influyó de forma significativa ( $p=0,3326$ ) en el crecimiento de las ramas.

Cuando se analizó el área basal total de las ramas del primer verticilo (más cercano al suelo) se observaron diferencias altamente significativas ( $p=0,0010$ ) siendo menor en los árboles del borde e interior de las fajas respecto a los árboles de crecimiento libre del tratamiento de raleo uniforme. Las ramas del segundo verticilo, mostraron un patrón similar al primer verticilo, siendo altamente significa-



**Figura 1.** Incremento Medio Anual (IMA, mm) Anillos 2009-2014. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

tivas ( $p=0,0081$ ) las diferencias entre los tratamientos. En el tercer verticilo las ramas de los distintos tratamientos no muestran diferencias ( $p=0,1596$ ) en cuanto al área basal de ramas, o sea que el efecto encontrado en los verticilos anteriores, se diluye hacia arriba en los verticilos remanentes. En lo referente al número de ramas, los tratamientos mostraron ser distintos estadísticamente ( $p=0,0402$ ) diferenciándose el número de ramas de los árboles con crecimiento libre respecto a los árboles del borde e interior de las fajas. Las diferencias se evidencian también en el segundo verticilo ( $p=0,0495$ ) pero solo hay distinción del tratamiento uniforme, contrastado con el interno de la faja. Ya en el tercer verticilo, no se observan diferencias ( $p=0,8359$ ).

No se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tres verticilos estudiados cuando se evaluó el área basal media por rama ( $p=0,0561$ ;  $0,4453$  y  $0,3009$ ). Por lo

tanto, en las diferencias encontradas en el área basal total de ramas en el verticilo inferior sería explicada por el mayor número de ramas y mayor incremento ocurrido en los árboles de crecimiento libre. Por lo tanto, el mayor número de ramas presente por verticilo en el tratamiento de distribución uniforme repercute negativamente sobre la calidad tecnológica de la madera ya que aumenta el número de nudos e inclusive algunos son de tamaño mayor.

Se piensa que las ramas epicórmicas en estos verticilos, estarían representadas en un mayor número lo que haría que disminuyera el tamaño promedio de la rama, debido a que las mismas son de diámetro menor. La mayor cantidad de ramas en el primer verticilo en el tratamiento uniforme se puede explicar por una entrada más homogénea de luz que promueve el brote de yemas epicórmicas en toda la circunferencia del árbol.

Según Hevia (2012) en estudios realizados en *P. radiata*, se observa que esta especie produce mayor cantidad de brotes epicórmicos cuanto más severa es la operación de poda, y los mismos proliferan en la zona de mayor exposición a la luz. Coincidiendo, Barrio et al. (2009) y Maclaren (1993) proponen que los cambios de las condiciones en las forestaciones producto de tratamientos silvícolas (podas severas y raleos), sumado a la mortalidad natural, plagas o daño mecánico producirían que llemas inhibidas desarrollen produciendo brotes epicórmicos.

Millar Ortíz (2003) haciendo referencia a Rodríguez (1986), expone que el ancho de anillos de las ramas reacciona positivamente (aumenta) frente a la operación de raleo, como así también la copa. Por el contrario Gyenge et al. (2009) no encontraron aumento de diámetro en ramas remanentes a un ensayo de poda a distintas alturas y edades en rodales con baja densidad de plantación en *P. ponderosa*.

**Tabla 1.** Área basal total de ramas y N° de ramas.

Tratamientos	Área Basal Total de Ramas (cm <sup>2</sup> )			N° Ramas		
	V 1	V 2	V 3	V 1	V 2	V 3
Testigo	89,73 a	92,78 a	82,65 a	4,99 a	5,69 a	6,29 a
Fajas	121,78 a	109,97 a	103,70 a	5,36 a	6,05 a b	6,58 a
Uniforme	157,77 b	138,72 b	98,96 a	6,75 b	7,46 b	6,33 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Conclusiones

En el caso de manejar un sistema silvopastoril con *P. ponderosa* teniendo una distribución uniforme de los individuos se sugiere realizar intervenciones de poda en lapsos menores a

los 5 años, para tratar de evitar el crecimiento desmedido de ramas y la proliferación de brotes epicórmicos.

## Agradecimientos

Jorge Bozzi, Oscar Muñoz, Ann-Sophie Sergent, Mariana Weigandt, Santiago Varela.



## Bibliografía

- Barrio M, F Castedo, J Majada, A Hevia 2009. Manual básico de la poda y formación de los árboles forestales. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa. 255 p. ISBN: 978-84-8476286-7.
- Caballé, G., 2013. Efecto interactivo de la defoliación del estrato herbáceo y la cobertura del estrato arbóreo sobre el crecimiento del estrato herbáceo en sistemas silvopastoriles. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, 216 pp.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2008). InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Guay R, Gagnon R, Morin H (1992) A new automatic and interactive tree-ring measurement system based on a line scan camera. *For Chron* 68:138–141
- Gyenge, J. E.; Fernández, M.E.; Schlichter, T.M. (2009) Effect of pruning on branch production and water relations in widely spaced ponderosa pines. *Agroforest Syst* (2009) 77:223–235. DOI 10.1007/s10457-008-9183-9
- Hevia, A. 2012 Influencia de la poda en el desarrollo de masas de *Pinus radiata* D. Don y *Pinus pinaster* Aiton en Asturias. Tesis doctoral. UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
- Maclaren, J. P. 1993. *Radiata pine grower's Manual*. FRI Bulletin No184. Rotorua New Zealand Forest Research Institute. 139 p.
- Millar Ortiz, J.A. 2003. Análisis del crecimiento diametral de ramas de *Pinus radiata* D. Don en distintos sitios, entre las regiones VII y IX. Trabajo de Titulación presentado como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniero Forestal. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia 2003.
- Rao, M.R., Nair, P.K.R., Ong, C.K. 1998. Biophysical interaction in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 38: 3-50.
- Rodríguez, C. 1986. Prácticas silvícolas en plantaciones de *Pinus radiata*. Valdivia. Seminario SILV 315. Escuela de Graduados. Universidad Austral de Chile. Magíster en Ciencias. 26p.

# Comparación del consumo de forraje y agua y sus correlaciones en un sistema silvopastoril intensivo y uno convencional en tres regiones de Colombia

S. Montoya Uribe; G. Villegas Sánchez; I.C Molina; G Doneys Lenos<sup>§</sup>; J. D. Chará Orozco, R Barahona-Rosales<sup>§</sup>

## Resumen

Ante cambios climáticos severos que amenazan la productividad de las ganaderías del trópico, los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) son una alternativa para aumentar la oferta y mejorar calidad nutricional de la dieta bajo diferentes condiciones de producción. Con el propósito de evaluar el consumo de agua (H<sub>2</sub>O) de animales pastoreando en un SSPi y en un sistema convencional de producción, se evaluó la dieta ofertada en ambos sistemas. Para ello, se evaluaron tres sistemas de producción ganaderos ubicados en diferentes zonas de vida, en los que se tomaron cuatro animales representativos al promedio de la población de cada hato, los cuales fueron divididos en dos grupos homogéneos, siguiendo un diseño de muestreo doble. Cada animal tuvo 15 días de acostumbramiento a la dieta y nueve días de evaluación. El consumo promedio de materia seca del forraje (kg día<sup>-1</sup>) fue de 10,9 para el SSPi en la Finca Cien Años de Soledad, de 7,5 en La Hacienda Lucerna y de 4,23 en La Finca Sinai; los dos primeros superiores en 17% al consumo observado en su respectivo sistema tradicional ( $P < 0,05$ ). Igual tendencia tuvo el consumo de proteína cruda (PC;  $P < 0,05$ ) en todos los experimentos. El consumo total de agua por Kg de peso metabólico para la zona húmeda, semi-húmeda y seca de Colombia en el SSPi fue 0,69; 0,54 y 0,41 L H<sub>2</sub>O, respectivamente y fue similar al del sistema tradicional ( $P > 0,05$ ). El consumo total de agua estuvo correlacionado medianamente con el consumo materia seca y de nutrientes como PC, FDA y FDN ( $r = 0,58$ ;  $P < 0,001$ ). Los animales no aumentaron el consumo de agua en ningún horario a pesar de los cambios de temperatura y humedad relativa en el ambiente ( $r=0.02$  promedio;  $P > 0.05$ ).

**Palabras clave:** Agua ingerida bebida, agua ingerida del alimento, consumo de materia seca, humedad relativa, temperatura ambiental

## Comparison of forage and water consumption and its correlations in an intensive silvopastoral and a conventional system in three regions of Colombia

## Abstract

In the face of severe climate changes that threaten the productivity of farms in the tropics, intensive silvopastoral systems (ISS) are an alternative to increase the availability and improve the nutritional quality of the diet under different production conditions. In order to evaluate the intake of water (H<sub>2</sub>O) by animals grazing on a ISS and a conventional production system, the diet offered in both systems was evaluated. To achieve this, three livestock production systems located in different life zones, in which four representative animals were selected from each herd, which were divided into two homogeneous groups, following a crossover design. Each animal had 15 days to get used to the diet and nine days of evaluation. The average forage dry matter intake (kg day<sup>-1</sup>) was 10.9 for the SSPi at Finca Cien Años de Soledad, 7.5 in Hacienda Lucerna and 4.23 in Finca Sinai; the first two being 17% greater than the intake observed in their respective traditional system ( $P < 0.05$ ). The same trend was observed for crude protein (CP;  $P < 0.05$ ) in all experiments. The total water intake per kg of metabolic weight was 0.69; 0.54 and 0.41 L H<sub>2</sub>O for the ISS in humid, semi-humid and dry zones, respectively, and was similar to that of the traditional system ( $P > 0.05$ ). The total water intake was moderately correlated with dry matter and CP, ADF and NDF intakes ( $r = 0.58$ ;  $P < 0.001$ ). The animals did not increase water intake at any time despite changes in environmental temperature and relative humidity (average  $r = 0.02$ ;  $P > 0.05$ ).

**Key words:** Ambient temperature, drink water intake, dry matter intake, feed water intake, relative humidity.

· Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV. Carrera 25 No 6-62 Cali, Colombia. smontoyau@gmail.com. § Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

## Introducción

La impredecibilidad de las dinámicas climáticas actualmente existente y la necesidad de abastecer las demandas crecientes de alimento para responder al crecimiento demográfico progresivo de la humanidad, hacen claro que hay una fuerte necesidad de adoptar sistemas de producción ganadera sostenibles que aprovechen las ventajas de la gestión integrada en el contexto biofísico neotropical (Cuartas *et al.*, 2014). El cambio climático afecta el ciclo productivo de los animales (Yousef, 1985), pues tiene acción directa en la disponibilidad de nutrientes y oferta de agua en sistemas principalmente de pastoreo, que son la forma más común entre los sistemas ganaderos de los países latinoamericanos (FAO, 2009).

La adaptación de los sistemas ganaderos al cambio climático requiere proteger, almacenar y usar en forma eficiente el agua (Murgueitio *et al.*, 2014), entendiéndose que el agua es el nutrimento más importante para la ganadería (Meyer *et al.*,

2004) y que una insuficiencia de agua limpia trae efectos negativos sobre la productividad, la inocuidad y el bienestar de los animales (Murphy, 1992). Estos problemas se acentúan en aquellos sistemas ganaderos donde exista baja protección del suelo y con ello, baja capacidad de resiliencia ante cambios climáticos severos.

Los sistemas de producción ganadera basados en SSPi, poseen mayor cobertura vegetal que garantiza mejores reservorios de agua en el suelo y en la biomasa ofertada, que podrían permitir mayores consumos de agua en tiempos de escases. Sin embargo, en pocos estudios se ha cuantificado el consumo de agua en SSPi y su contraste con sistemas tradicionales. El presente trabajo tuvo como propósito determinar el consumo de materia seca (MS) y de agua de los sistemas ganaderos tradicionales o basados en SSPi localizados en tres regiones diferentes en Colombia.

## Materiales y métodos

La medición de consumo de materia seca (MS) y de agua de los sistemas ganaderos tradicionales o basados en SSPi se realizó en tres sitios diferentes de Colombia. Las condiciones de ambos experimentos se muestran en la tabla 1.

En cada evaluación se seleccionaron 4 individuos lo más homogéneamente posible para ser estabulados durante dos periodos de acostumbramiento de 15 días y 9 días de mediciones, en el primer periodo se les asignó la dieta “a” a un grupo de 2 animales y al otro grupo la dieta “b”, para el siguiente periodo se intercambiaron las dietas. Las dietas del SSPi se componen leguminosa más gramíneas, mientras que la del sistema tradicional es a base de una fuente forrajera de primer orden, representativa de cada zona de vida evaluada. La disponibilidad de forraje promedio fue calculada mediante aforos de acuerdo al método de doble muestreo para las gramíneas (Haydock y Shaw, 1975) y para cuantificar la biomasa de los arbustos se utilizó una modificación del mismo método.

Tanto las cantidades como las proporciones de forraje en la dieta fueron escogidas a partir de aforos, simulaciones en la herramienta virtual CNCPS (Fox *et al.*, 2000) y la literatura reportada (Cuartas, 2013; Molina *et al.*, 2013; Gaviria *et al.*, 2015).

Los forrajes y materias primas fueron analizados en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. El contenido de MS fue determinado por el método gravimétrico usando una estufa de aire forzado, el contenido de proteína cruda (PC) se determinó por el método de Kjeldahl según NTC 4657 (1999) y la fibra en detergente ácido (FDA) y la fibra en detergente neutro (FDN) según la técnica secuencial descrita por Van Soest *et al.* (1991). El contenido de cenizas (Cen) se determinó por incineración directa en una mufla a 500 °C según AOAC 942.05 (2005); el extracto etéreo (EE) por extracción Soxhlet por inmersión (NTC 668, 1973) y el calcio (Ca) y el fósforo (P) por espec-

**Tabla 1.** Descripción de los experimentos y su ubicación

Nombre del Predio	Finca Cien Años de Soledad	Hacienda Lucerna	Finca Sinaí
<b>Descripción de los animales</b> (Tipo, raza, edad, peso vivo, condición corporal, producción de leche, lactancias)	Vacas Holstein, 47 meses; 540 Kg; 11,4 Kg; 3.25; 4	Novillas Lucerna, 18 meses; 294 Kg; 3.25; --	Terneros Brahman, 15 meses; 160 Kg, 3.25; --
Ubicación	Rionegro, Antioquia, Colombia	Bugalagrande, Valle del Cauca	Pailitas, Cesar, Colombia
Zona de Vida	Bmh-MB	BsT	Bms-T
Altura sobre el nivel del mar (m)	2060	941	77
Temperatura (°C)	24	26,3	30,7
Humedad Relativa (%)	80	66,5	68,1
Sistema SSPi	Botón de Oro (> 5000 arbustos ha <sup>-1</sup> ) con Kikuyo	Leucaena (> 8000 arbustos ha <sup>-1</sup> ), con Estrella y Guinea	Botón de Oro (4000 arbustos ha <sup>-1</sup> ), con Brachiaria y Guinea

**Abreviaturas:** bmh-MB: Bosque muy húmedo montano bajo; Bs-T: Bosque seco tropical; Bms-T: Bosque muy seco tropical. Botón de oro (*Tithonia diversifolia*); Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*); Leucaena. (*Leucaena leucocephala*); estrella (*Cynodon plectostachyus*); Guinea (*Megathyrus maximus*); Brachiaria (*Brachiaria decumbens*)

**Tabla 2.** Composición nutricional de las fuentes ofertadas durante el estudio.

Alimento	MS (%)	FDN (%)	FDA (%)	PC (%)	Grasa (%)	Ca (%)	P (%)	Cen (%)
<b>Cien Años de Soledad</b>								
<b>Kikuyo</b>	14,1	58,0	31,2	18,2	1,79	0,28	0,28	11,03
<b>Botón de oro</b>	19,2	48,5	46,3	20,7	1,04	2,00	0,30	12,45
<b>Hacienda Lucerna</b>								
<b>Leucaena</b>	26,7	35,2	28,4	27,9	1,82	0,85	0,24	6,76
<b>Estrella</b>	23,1	72,8	42,2	10,5	1,23	0,24	0,21	9,80
<b>Guinea</b>	21,2	69,4	39,1	12,1	1,83	0,28	0,29	12,61
<b>Finca Sinaí</b>								
<b>Botón de oro</b>	17,7	35,2	34,8	22,5	3,02	2,29	0,44	15,46
<b>B. Decumbens</b>	21,3	71,8	46,2	6,1	1,62	0,24	0,13	9,06

**Abreviaturas:** MS: Materia seca; FDN: Fibra en detergente neutro; FDA: Fibra en detergente ácida; PC: Proteína cruda; Ca: Calcio; P: Fósforo; Cen: Cenizas

trofometría AA y U.V- VIS basado en NTC 5151 (2003) y 4981 (2001), respectivamente.

El consumo de forrajes se calculó como la diferencia entre la oferta y el rechazo de cada materia prima, teniendo en cuenta la proporción de gramíneas y leguminosas suministradas de forma independiente, posibilitando tanto la selectividad como el cálculo del consumo individual de cada componente de la dieta. La oferta de sal y concentrado fue constante durante todo el experimento.

El consumo de agua fue a voluntad y para calcular el *agua ingerida bebida* (AIB) durante el confinamiento se contó con bebederos automáticos individuales con capacidad de lectura del cambio diario de agua. Después de determinar el consumo de forraje verde y el contenido de humedad de cada una de las dietas, fue posible calcular el consumo de agua ingerida del alimento (AIA). Por último, el agua total ingerida (ATI) es la sumatoria de la AIB y AIA.

La temperatura y la humedad relativa fueron monitoreadas durante toda la fase experimental, con la ayuda de termohigrómetros ubicados en cada uno de los corrales, generando registros ambientales a las 6 am, 12 pm y 6 pm. Los valores obtenidos fueron relacionados con la ecuación de Kibler

(1964), teniendo en cuenta la clasificación de riesgo descrita por Wiersama (2005), lo que permitió calcular el nivel de estrés de los animales y la relación existente entre las variables ambientales y la ingestión de agua.

$ITH = 1.8 * T (^{\circ}C) - (1 - (HR (\%) / 100)) * (T (^{\circ}C) - 14.3) + 32$

**Donde:** ITH denota el índice de temperatura y humedad relativa, T es la temperatura en  $^{\circ}C$  y HR en %.

El volumen de leche solo fue registrado en la Finca Cien años de Soledad durante nueve días de evaluación en cada periodo, por medio de un pesaje individual.

Los datos obtenidos se analizaron con diseño *crossover*. Para determinar el efecto de los tratamientos sobre el consumo de MS y de agua, se utilizó el PROC MIXED de SAS®. Cada tratamiento contó con dos periodos de análisis cada uno de 9 días y dos tiempos de acostumbramiento de 15 días entre dietas. El diseño utilizado se muestra a continuación:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + P_j + T_k + C_l + E_{ijkl}$$

Donde:  $Y_{ijkl}$  es la variable dependiente;  $\mu$  es la media general de la población;  $B_i$  es efecto del lote;  $P_j$  es el efecto del periodo;  $T_k$  es el efecto del tratamiento;  $C_l$  es el efecto del *cross over* y  $E_{ijkl}$  es el error experimental.

## Resultados y discusión

En Cien Años de Soledad el consumo diario de MS fue 10,88 kg para SSPi y de 7,92 kg para el sistema tradicional ( $P < 0.05$ ; Tabla 3), valores inferiores a los reportados para vacas de leche por Mahecha *et al.* (2000) (15,5 Kg de MS total). Para el segundo experimento, las novillas consumieron 1.1 kg MS  $\text{día}^{-1}$  más en el SSPi que en el tradicional (7.45 vs 6.35 kg  $\text{día}^{-1}$ , respectivamente,  $P < 0.05$ ), en praderas de igual arreglo de siembra de leguminosas y gramíneas, Cuartas (2013) y Molina *et al.* (2013) encontraron consumos de 5,99 y 5,61 kg  $\text{animal}^{-1} \text{día}^{-1}$  respectivamente. Por el contrario, el consumo de MS promedio fue de 4,23 para el SSPi y de 3,95 kg para el

sistema convencional, inferiores a los hallados en novillos de ceiba por Gaviria *et al.* (2015) (9,42 Kg de MS  $\text{animal}^{-1} \text{día}^{-1}$ ). El consumo de proteína cruda fue mayor en los sistemas SPPI (1,71 kg PC) que en el sistema convencional (1,09 kg PC;  $P < 0.05$ ) en la finca Cien Años de Soledad. Similar tendencia se encontró en la Hacienda Lucerna (1,157 vs 0,739 Kg PC kg para SPPi y el sistema tradicional) y Sinaí (0,45 y 0,25, respectivamente;  $P < 0,05$ ). Solo existió diferencia en el consumo de FDA para el primer experimento, mientras en los SPPi fue de 3,12 kg, en el convencional fue 1,74 kg ( $P < 0.05$ ). En general, el consumo de nutrientes tubo una correlación positiva

**Tabla 3.** Promedio y correlación entre el agua total ingerida (ATI), agua bebida ingerida (ABI), agua del alimento ingerida (AAI) y consumo de materia seca, nutrientes e índice de Temperatura y Humedad Relativa (ITH).

	Sistema Convencional	Sistema Silvopastoril Intensivo	D.E	p-valor	Correlación (r)		
	Promedio				ATI	ABI	AAI
<b>Cien años de soledad<sup>1</sup></b>							
MS (kg* día)	7,92 b	10,9a	1,79	0,033	0,54**	0,17	0,98***
PC (kg* día)	1,09 b	1,71 a	0,35	0,017	0,54**	0,17	0,97***
FDN (kg* día)	3,37 a	4,78 a	1,16	0,065	0,58**	0,24	0,95***
FDA (kg* día)	1,74 b	3,12 a	0,67	0,010	0,53**	0,17	0,93***
ATI (kg* día)	66,9 a	76,3 a	26,1	0,466	0,92***	0,22	0,57
ABI (kg* día)	38,3 a	35,9 a	23,5	0,769			
AAI (kg* día)	28,6 a	40,4 a	9,95	0,064			
ATI * PM (Kg* Kg <sup>-1</sup> )	0,60 a	0,67 a	0,25	0,467	0,97***	0,89	0,57
ATI * MS (Kg* Kg <sup>-1</sup> )	8,49 a	6,96 a	2,53	0,111	0,72**	0,91***	-0,06
ATI * L (Kg* Kg <sup>-1</sup> )	7,67 a	7,34 a	4,11	0,836	0,42	0,41	0,19
ITH 6 am (%)	56,5		2,13	0,951	0,19	0,21	0,02
ITH 12 pm (%)	67,8		2,56	NS	0,17	0,05	0,31
ITH 6 pm (%)	60,8		1,85	NS	-0,05	-0,14	0,17
<b>Hacienda Lucerna<sup>2</sup></b>							
MS (kg* día)	6,35 b	7,45 a	1,19	0,014	0,64***	0,14	0,98***
PC (kg* día)	0,74 b	1,16 a	0,18	0,0003	0,65***	0,29	0,77***
FDN (kg* día)	4,44 a	4,51 a	0,76	0,717	0,51**	-0,01	0,96***
FDA (kg* día)	2,60 a	2,85 a	0,47	0,080	0,58**	0,06	0,99***
ATI (kg* día)	28,9 a	36,4 a	6,22	0,055	0,84***	0,11	0,63**
ABI (kg* día)	7,20 b	12,4 a	5,08	0,008			
AAI (kg* día)	21,7 a	24,0 a	3,81	0,057			
ATI * PM <sup>-1</sup> (Kg* Kg <sup>-1</sup> )	0,42 b	0,53 a	0,09	0,005	0,99***	0,84**	0,63**
ATI * MS (Kg* Kg <sup>-1</sup> )	4,59 a	4,93 a	0,82	0,115	0,58**	0,90***	-0,22
ITH 6 am (%)	70,6		1,38	0,068	0,04	-0,09	0,21
ITH 12 pm (%)	76,8		3,19	0,163	-0,10	-0,07	-0,09
ITH 6 pm (%)	74,5		1,93	0,435	-0,19	-0,21	-0,05
<b>Sinai<sup>3</sup></b>							
MS (kg* día)	3,95 a	4,23 a	0,84	0,4583	0,63***	-0,05	0,82***
PC (kg* día)	0,25 b	0,45 a	0,07	0,0009	0,53**	-0,07	0,72***
FDN (kg* día)	2,71 a	2,55 a	0,50	0,504	0,56**	-0,07	0,75***
FDA (kg* día)	1,64 a	1,71 a	0,29	0,621	0,65***	-0,15	0,93***
ATI (kg* día)	17,9 a	19,3 a	2,91	0,239	0,61***	-0,23	0,58**
ABI (kg* día)	4,96 a	4,32 a	2,35	0,103			
AAI (kg* día)	12,9 a	14,9 a	2,21	0,952			
ATI * PM-1 (Kg* Kg <sup>-1</sup> )	0,38 a	0,41 a	0,06	0,103	0,96***	-0,084	0,58**
ATI * MS (Kg* Kg <sup>-1</sup> )	4,62 a	4,65 a	0,76	0,952	0,22	-0,076	-0,39
ITH 6 am (%)	78,1		1,79	NS	0,15	0,03	0,16
ITH 12 pm (%)	84,0		1,82	NS	-0,07	-0,002	-0,01
ITH 6 pm (%)	83,6		1,27	NS	0,02	0,006	0,16

**Abreviaturas:** 1 Cien Años de Soledad: Dieta Sistema convencional: Kikuyo + Concentrado, SSPi: Kikuyo + Botón de oro + Concentrado; 2 Hacienda Lucerna: Sistema convencional: Estrella+Guinea, Dieta SSPi: Estrella+Guinea +Leucahena; 3 Finca Sinai: Sistema convencional: B. decumbens, Dieta SSPi: B. decumbens + Botón de oro. DE: Desviación estándar. MS: Materia Seca; PC: Proteína cruda; FDN: Fibra en Detergente Neutro; FDA: Fibra en Detergente Acido; ATI: Agua total ingerida; ABI: Agua bebida ingerida; AAI: agua del alimento ingerida; ITH: Índice de Temperatura y Humedad relativa

a,b Medias seguidas por letras iguales en la misma fila no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ). Significancia de correlación (r; \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ )

de media a alta con el consumo de agua total ( $P < 0.01$ ).

En Cien Años de Soledad, el consumo diario de *agua ingerida bebida* (ABI) por los animales fue 37,1 kg en ambos sistemas, 47% más bajo que a los reportados por Kume *et al.*, 2010 para vacas lactantes de la raza Holstein. En la Hacienda Lucerna, existió diferencia entre sistemas (12,39 vs 7,20 kg día<sup>-1</sup> para el SPPi y tradicional, respectivamente;  $P < 0,05$ ); Sin embargo, los valores son inferiores a los hallados por Kume *et al.*, (2010) para vacas secas de la raza Holstein (16 kg día<sup>-1</sup>). En la tercera finca, los terneros obtuvieron un consumo diario de ABI en promedio 4,64 kg día<sup>-1</sup> en los dos sistemas.

El consumo de ATI en vacas lecheras fue de 76,35 Kg en los SSPi y de 66,92 kg para el sistema convencional, valores similares a 81,5 Kg reportado en vacas lactante de la misma raza (Meyer *et al.*, 2004). En la Hacienda Lucerna, este mismo parámetro fue de 36,42 Kg en los SSPi y de 28,86 kg para el sistema convencional, datos inferiores a los encontrados por Brew, (2011) en novillos Brangus – Romosinuano (24.1

Kg H<sub>2</sub>O día<sup>-1</sup>). En el tercer sistema de producción, fue 19,26 Kg en los SSPi y de 17,88 kg de ATI para el sistema convencional, 40% más bajo que lo reportado en Brew, 2011 en novillos Brangus.

Para la zona de vida en la que se encuentra ubicada la finca Cien Años de Soledad, los valores ITH registrados en los tres horarios son inferiores al punto crítico de confort térmico para ganados de leche (72%; Wiersama, 2005). Igual conclusión se obtiene en la Hacienda Lucerna donde el ITH promedio fue 74%. Los mayores valores de este parámetro fueron encontrados en la Finca Sinai, que oscilaron entre 78 y 84% en el transcurso del día. Sin embargo, los animales no aumentaron el consumo de agua en ningún horario a pesar el incremento de temperatura y humedad relativa ( $r=0.02$  promedio;  $P > 0.05$ ), lo que hace pensar que a través del tiempo los animales han desarrollado las condiciones genéticas y fenotípicas para disipar del calor y adaptarse a su ecosistema (Ledger, 1959).

## Conclusiones

El consumo de materia seca y proteína cruda en las tres zonas de Colombia fue mayor cuando los bovinos consumían dietas típicas de un SPPi que uno tradicional.

El consumo total de agua por Kg de peso metabólico es similar en ambos sistemas de producción para la zona húmeda, semi- húmeda y seca de Colombia y está correlacionado di-

rectamente con el consumo materia seca y de nutrientes como proteína, FDA y FDN.

Los animales no sufrieron estrés calórico a ninguna hora del día. Sin embargo, se requieren más estudios para las razas tropicales, ya que los valores registrados en literatura no pueden ser aplicados completamente a cada una de las razas bovinas.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a la Finca Cien Años de Soledad, a la Hacienda Lucerna, a la Finca Sinai, a los propietarios y los trabajadores por haber participado en el desarrollo de esta evaluación.

## Bibliografía

- Association Of Official Analytical Chemists (AOAC)., 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Association Of Official Analytical Chemists (AOAC)., 2005. Official Method 942.05. Determination of Ash in Animal Feed. En Official Methods of Analysis of AOAC International (18 ed.). Gaithersburg, MD, USA.
- Cuartas, C. A., 2013. Tesis Doctoral: Evaluación de la utilización de los nutrientes y comportamiento productivo de bovinos pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia. 172 pp.
- Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Tarazona, A.M., Murgueitio, E., Chará, J.D., Ku. J. Solorio, F.J., Flores, M.X., Solorio, B., Barahona, R., 2014. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 27(2), 76-94.
- Eigenberg, R.A.; Brown-Brandl, T.M.; Nienaber, J.A.; Hahn, G.L. 2005. Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Non-shaded Feedlot Cattle, Part 2: Predictive Relationships. Biosystems Engineering 9, 111-118.
- FAO 2009b. *The State of Food and Agriculture - Livestock in the Balance*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e.pdf>. (Accessed 13 August 2013.)
- Food and Agriculture Organization (FAO)., 2015. Perspectivas regionales. Oficina regional de la FAO para América latina y el Caribe.

- Fox, D.G., Tylutki, T.P., Tedeschi, L.O., Van Amburgh, M.E., Chase, L.E., Pell, A.N., Overton, T.R. & Russell, J.B. (2000). The Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Herd Nutrition and Nutrient Excretion: Model Documentation. Mimeo No. 213. Animal Science Department, Cornell University, Ithaca, NY.
- Gaviria, X., Naranjo, J. F., Bolívar, D. M., Barahona, R. 2015. Consumo y digestibilidad de nutrientes en novillos cebuínos pastoreando en un sistema silvopastoril intensivo. Arch. Zoot., (En prensa).
- Haydock, K. P., Shaw, N. H., 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 15, 663-670.
- Holdridge, L.R., 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Centre, San Jose, California, USA.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (1973). NTC 668. Alimentos y materias primas. Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (1999). NTC 4657. Alimento para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl. Bogotá, Colombia
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2001). NTC 4981. Alimentos para animales. Determinación del contenido de fósforo. Método espectrofotométrico. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2003). NTC 5151. Alimento para animales. Determinación de los contenidos de Calcio, Cobre, Hierro, Magnesio, Manganeso, Potasio, Sodio y Zinc. Método usando espectrometría de absorción atómica. Bogotá, Colombia.
- Kibler, H.H., 1964. Thermal effects of various temperature– humidity combinations on Holstein cattle as measured by eight physiological responses. Univ. Missouri Agric. Exp. Stat. Res. Bull. No. 862.
- Kume, S., Nonaka, K., Oshita, T., Kozakai, T., Kojima, H., 2010. Evaluation of drinking water intake, feed water intake and total water intake in dry and lactating cows fed silages. Livestock Science 128, 46–51
- Ledger, H.P., 1959. A possible explanation for part of the heat tolerance exhibited by *Bos taurus* and *Bos indicus* beef cattle. Nature (Lond.) 184, 405.
- M.N. Brew a , R.O. Myer a, M.J. Hersom b , J.N. Carter a , M.A. Elzo b , G.R. Hansen c , D.G. Riley., 2011. Water intake and factors affecting water intake of growing beef cattle. Livestock Science 140, 297–300.
- Mahecha, L., Duran, C. V., Rosales, M., Molina, C. H., Molina, E., 2000. Intake of African stargrass (*Cynodon plectostachyus*) and leucaena (*Leucaena leucocephala*) in a silvopastoral system. Pasturas Tropicales, 22 (1): 26-30.
- Meyer, U., Everinghoff, M., Gädeken, D., Flachowsky, G., 2004. Investigation on the water intake of lactating dairy cows. Livest. Prod. Sci. 90, 117–121.
- Brew, M.N., Myer, R.O., Hersom, M.J. , Carter, J.N., Elzo, M.A., Hansen, G.R., Riley, D.G., 2011. Water intake and factors affecting water intake of growing beef cattle. Livestock Science. 140, 297–300.
- Molina J., Ceballos A., Murgueitio E., Campos R., Rosero R., Molina E., Molina C., Suarez J., 2013 Suplementación energética clave para vacas en sistemas silvopastoriles intensivos. Revista Carta Fedegan 138 pp 20 a 26.
- Murgueitio Restrepo, E., Chará Orozco, J. D., Barahona Rosales, R., Cuartas Cardona, C. A., Naranjo Ramirez, J. F. 2014. Intensive silvopastoral systems (ISPS), mitigation and adaptation tool to climate change. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 17(3), 501 – 507.
- Murphy, M.R., 1992. Water metabolism of dairy cattle. J. Dairy Sci. 75, 326–333. National Research Council, 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th. rev. ed. Natl. Acad. Sci, Washington, D.C.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci., 74, 3583–3597
- Wiersama F. 2005. Appendix 1: Temperature Humidity Index. In: Tropical dairy farming: feeding management for the small holder dairy farmers in the humid tropics. Ed. John Moran. Landlinks Press. p275.
- Yousef, M.K., 1985. In: Basic Principles. Stress Physiology in Livestock, Vol. 1. CRC Press, Boca Raton, FL.

# Efecto del marco de plantación en la sustentabilidad de sistemas silvopastoriles en la región este de Uruguay

Boscana M.; Bussoni A.; Picasso \*

## Resumen

Un sistema silvopastoril constituye una modalidad productiva que integra en una misma área árboles, pasturas y animales. Según como se integren estos componentes el beneficio que pueden brindar responde al aumento de la producción y a la conveniencia económica, ambiental y social en el mediano y largo plazo. Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto del marco de plantación en la sustentabilidad de sistemas silvopastoriles en la región Este del Uruguay. En términos específicos se pretende evaluar la producción de madera y pasturas, estimar la conveniencia económica, el balance de gases de efecto invernadero y la eficiencia energética de los sistemas silvopastoriles bajo estudio. El trabajo se realiza en plantaciones comerciales establecidas con *Eucalyptus globulus* de tres años de edad con ganado en pastoreo, ubicadas al Este del Uruguay. A los efectos de la investigación se definen dos tratamientos según marco de plantación y densidad inicial: Sistema silvopastoril convencional (SSC) y Sistema silvopastoril con filas dobles y callejones (SSFC). El SSC presenta un marco de plantación con distancia entre filas y de los árboles dentro de la fila de 3,5 m y 2,27 m respectivamente, lo que equivale a una densidad inicial de 1.258 árb/ha. Mientras que el SSFC, corresponde a filas dobles separadas por callejones de 8 m, cuyo marco es de 2 x 2 m, lo que se traduce a una densidad inicial de 1.000 árb/ha. Para determinar el rendimiento del componente arbóreo se establecen parcelas rectangulares de monitoreo con superficie variable (entre 216 m<sup>2</sup> y 400 m<sup>2</sup>) según sistema. En las mismas se cuantifican las siguientes variables dasométricas: diámetro a la altura del pecho (DAP), Altura total (Ht) y sobrevivencia, las cuales serán utilizadas para estimar variables poblacionales: Altura media de los árboles dominantes, DAP, Área Basal (AB) y volumen total por hectárea. Para la evaluación de la productividad de pasturas se realizan mediciones cada 45 días de producción de forraje (kg MS/ha) mediante jaulas móviles de 1 m<sup>2</sup> de superficie y 0,4 m<sup>2</sup> de superficie de corte. A su vez, se complementa con la estimación del porcentaje de cobertura por especie. Resultados preliminares para producción de madera según análisis de varianza, señalan que el marco de plantación no tiene efecto significativo sobre el crecimiento en DAP y Ht ( $p > 0.126$  y  $p > 0.792$ ). Se detecta un efecto significativo de los tratamientos sobre el volumen total ( $p > 0.0248$ ), posiblemente atribuibles a los efectos de la densidad inicial ( $SSC = 43 \text{ m}^3/\text{ha}$  y  $SSFC = 31 \text{ m}^3/\text{ha}$ ). Con la investigación se espera avanzar en resultados sobre producción de pasturas bajo dosel y madera, para contar con información que permita proyectar resultados productivos, económicos y ambientales para diferentes combinaciones de los sistemas evaluados.

**Palabras claves:** Sistema silvopastoril, Marco de plantación, Densidad inicial.

\* Facultad de Agronomía, UdelaR, Montevideo, Uruguay. Av. E. Garzón 780, mboscana@fagro.edu.uy



# Ensayos de una vacuna a base de antígenos poliproteicos y una suspensión de hongos acaropatógenos sobre el número de garrapatas *Rhipicephalus microplus* en bovinos en pastoreo

A. C. Moncada<sup>1,2</sup>; C. Giraldo<sup>2</sup>; D. Villar<sup>3</sup>; J. J. Chaparro<sup>3</sup>; J. Angulo<sup>1</sup>; S. Sánchez<sup>4</sup>; J. F. Suárez<sup>5</sup>; R. Barahona<sup>6</sup> y L. Mahecha<sup>1</sup>.

## Resumen

La resistencia generada por las garrapatas a los acaricidas es un problema que limita el control de las infestaciones de manera efectiva, aumenta los costos de producción en ganadería, y que tiene implicaciones negativas por el deterioro que ocasionan los agroquímicos sobre el medioambiente y la salud de operarios y consumidores. Los programas de manejo integrado de parásitos (MIP), promueven el uso de estrategias que reduzcan al mínimo la dependencia de acaricidas químicos, entre algunas, se pueden mencionar el uso de vacunas antigarrapata y hongos acaropatógenos. En este estudio se buscó evaluar el posible efecto combinado de la vacuna comercial TickVac® con una suspensión comercial (Bioplag®) a base de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* de uso tópico, sobre el control de *Rhipicephalus microplus* en bovinos. Para tal fin, se seleccionaron 27 bovinos de la raza criolla colombiana Lucerna, manejados en sistemas silvopastoriles, que se dividieron en tres grupos de 9 animales cada uno, a los que se aplicó la vacuna (días 0, 20 y 60), hongos (días 0, 20, 40 y 60), o ambos productos combinados. Cada dos semanas durante 6 meses se contaron el número total de garrapatas mayores a 5mm en cada animal. Se observó una gran fluctuación de las cargas parasitarias en todos los grupos durante el periodo de estudio; sin embargo, los valores promedio ( $\pm$ E.S) a lo largo de este fueron de tan solo 10.2 $\pm$ 2.4, 11.9 $\pm$ 2.4, y 11.6 $\pm$ 2.4 para los grupos de vacuna, hongos y combinación, respectivamente. Las bajas cargas parasitarias durante todo el muestreo fueron una limitación para detectar posibles efectos de los tratamientos sobre el nivel de infestación. No obstante, el hecho de que se presentara una fluctuación similar en todos los grupos sugiere que las cargas parasitarias estaban reflejando una dinámica natural de infestación que no se afectó con ninguno de los tratamientos empleados.

**Palabras clave:** *Beauveria bassiana*, Manejo integrado de garrapatas-MIG, *Metarhizium anisopliae*, resistencia a acaricidas, vacunas antigarrapata.

## Trials with a polyproteic vaccine and an acaropathogenic fungal suspension in cattle naturally infested by *Rhipicephalus microplus*.

## Abstract

Resistance developed by ticks to acaricides limits an effective infestation control, increasing losses to livestock producers and having negative implications on the environment and human health due to increased use of pesticides. In the framework of an integrated parasite management, the use of strategies like anti-tick vaccines and acaropathogenic fungi is promoted to reduce dependence on chemical acaricides. The present study evaluated the potential additive effect of both strategies when applied combined to reduce tick numbers in cattle. To this end, 27 cows of the creole breed Lucerna, under silvopastoral conditions were selected and divided in three groups as follows: vaccine (days 0, 20 and 60), fungi (days 0, 20, 40 and 60) and the combination of both. Every two weeks, for a period of six months the total number of ticks over 5mm was counted on each animal. A great fluctuation in tick numbers was observed throughout the study in all groups; the means ( $\pm$ S.E.) were 10.2 $\pm$ 2.4, 11.9 $\pm$ 2.4, and 11.6 $\pm$ 2.4 for the vaccine, fungi and their combination, respectively. The low counts of ticks throughout the study were a mayor limitation to detect any potential effect of treatment. However, a similar fluctuation of tick counts in all groups suggests that the pattern of natural infestation was not influenced by any of the treatments.

**Keywords:** *Acaricide resistance, antitick vaccines, Beauveria bassiana, integrated tick management, Metarhizium anisopliae.*

<sup>1</sup> Grupo GRICA, Escuela de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia acarolina.moncada@udea.edu.co. <sup>2</sup>Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de producción Agropecuaria – CIPAV, Áreas de Restauración Ecológica y Ganadería Sostenible, Cali - Colombia. <sup>3</sup>Grupo Vericel, Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín - Colombia. <sup>4</sup>Compañía Nacional de Chocolates, Grupo NUTRESA, Rionegro, Antioquia. <sup>5</sup> Hacienda Lucerna S.A. <sup>6</sup>Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

## Introducción

Los costos anuales asociados al control de la garrapata *Rhipicephalus microplus*, ascienden los miles de millones de dólares y este panorama tiende a empeorar debido a la capacidad de ésta para desarrollar resistencia frente a diferentes acaricidas como los organofosforados, carbamatos, piretroides sintéticos, ivermectinas (Pérez-Cogollo et al., 2010; Mendes et al., 2011; Cutullé et al., 2013; Diaz, 2012; Fernández-Salas et al., 2012; Pohl et al., 2012; Lovis et al., 2013), y al fipronil (Castro-Janer et al., 2010a; Castro-Janer et al., 2010b; Miller et al., 2013).

Como respuesta, profesionales y productores del sector han unido esfuerzos en la búsqueda de nuevas estrategias para el control de garrapatas que minimicen el uso de acaricidas químicos, conocidas como Manejo Integrado de Parásitos (MIP), el cual realiza un abordaje integral del problema con base en la ecología y la epidemiología de las parasi-

tosis (Benavides, 2009), manteniendo a las garrapatas por debajo de un umbral de daño económico (Benavides, 2009; Nari, 2011). Los hongos acaropatógenos y las vacunas antigarrapatas son algunas de las estrategias que se proponen en estos programas, y en general, cualquier práctica que reduzca la dependencia en acaricidas químicos y que demuestre ser efectiva (Benavidez, 2009; Murgueitio y Giraldo, 2009; Nari, 2011; Mondal et al., 2012).

La presente investigación, tiene como objetivo valorar el efecto combinado de la vacuna antigarrapatas comercializada en Colombia como Tickvac® (Tecnoquímicas S.A) y un producto comercial a base de los hongos acaropatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, comercializado con el nombre de Bioplág WP® (Bioprotección S.A.), para el control de los niveles de infestación por garrapatas en ganado criollo bajo condiciones de silvopastoreo.

## Materiales y métodos

Para este estudio, se seleccionaron 27 bovinos de raza criolla colombiana Lucerna, dentro de un sistema de lechería tropical en el municipio de Bugalagrande, Valle del Cauca – Colombia. En este sistema están establecidas alrededor de 45 hectáreas en sistemas silvopastoriles multiestrato y se realiza un manejo de las pasturas por medio de rotación en franjas con períodos de descanso entre 45-50 días, con una capacidad de carga aproximada de 3.5 animales por hectárea. Para efectos del estudio, se formaron tres grupos de 9 animales cada uno a los que se aplicó respectivamente: 1) vacuna TickVac®, siguiendo el protocolo recomendado por el fabricante (2 mL por animal subcutáneos los días 0, 20 y 60); 2) Bioplág WP® a una concentración de 5 gramos/L de agua según el protocolo recomendado por el fabricante (1 L/100 kg de peso vivo aplicado uniformemente a contra pelo los días 0, 20, 40 y 60), y 3) combinación de TickVac® y Bioplág WP®. Ambos productos se

consiguen comercialmente en el país, son de venta libre y tienen su respectivo registro emitido por la autoridad sanitaria (Registro ICA 6814 para la vacuna y 8280 para los hongos acaropatógenos).

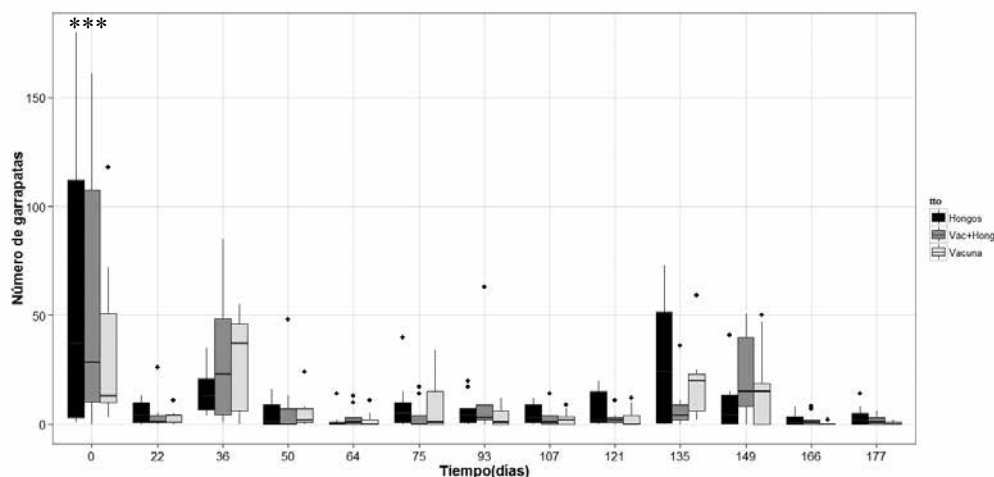
Se registró el número de garrapatas mayores a 5 mm sobre la superficie total del animal, entre las 5:00 y las 7:00 horas (Wharton y Utech, 1970), el día previo a la aplicación de los productos (día 0) y luego cada dos semanas en el periodo comprendido entre junio y diciembre de 2013.

Para el análisis de la información se aplicó un modelo mixto de medidas repetidas en el tiempo, tomando a la vaca como efecto aleatorio (R Development Core Team, 2008). La variable número de garrapatas fue transformada usando el método de raíz cuadrada. Se aplicó un análisis de covarianza (ANCOVA), con test de múltiples comparaciones (librería *multcomp*), como prueba *post hoc* ( $\alpha < 0.05$ ). Los resultados son presentados como la media  $\pm$  error estándar.

## Resultados y discusión

El análisis de covarianza de los resultados mostró un efecto estadísticamente significativo del tiempo sobre el número de garrapatas en los bovinos ( $p < 0.01$ ). La prueba de comparaciones múltiples arrojó diferencias significativas del número de garrapatas en el día cero, respecto a las demás mediciones (Figura 1). Sin embargo, se evidenció una oscilación similar entre los grupos, lo que, apoyado en la ausencia de efecto estadístico del factor tratamiento ( $p = 0.979$ ) sugiere que dichas fluctuaciones obedecen a la dinámica poblacional natural de las garrapatas al interior del sistema silvopastoril (Figura 1). Los valores promedio ( $\pm$ E.S) del número de garrapatas para cada grupo a lo largo del estudio fueron de  $10.2 \pm 2.4$ ,  $11.9 \pm 2.4$ , y  $11.6 \pm 2.4$  para los grupos de vacuna, hongos y combinación, respectivamente (Figura 2), mostrando que el nivel general de infestación de

los animales se mantuvo muy por debajo del umbral de daño económico que se estableció para la finca de 50 garrapatas por animal (Giraldo y Uribe, 2007). Además, dicho número está por debajo del valor mínimo de 40 garrapatas por animal recomendado para la evaluación de productos acaricidas según la Asociación Mundial para el Avance de la Parasitología (Holdsworth et al., 2006) lo que se considera fue un factor limitante a la hora de poder detectar cualquier efecto de los productos empleados. Los bajos niveles de infestación observados durante el periodo de estudio, podrían asociarse con dinámicas propias dentro de los sistemas silvopastoriles como la regulación del microclima y la recuperación de poblaciones de varias especies de aves que se alimentan de garrapatas (Murgueitio y Giraldo, 2009).

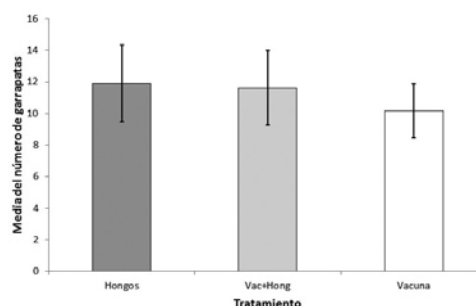


**Figura 1.** Media ( $\pm$ S.E) de garrapatas en cada grupo de animales tratados con la vacuna TickVac®, producto a base de hongos entomopatógenos (Bioplag®) y combinación de ambos en el transcurso de 6 meses ( $n=9$  animales/grupo, 341 observaciones en total). Se observa como los niveles más altos de infestación fueron registrados en la medición previa a la aplicación de los productos para todos los grupos ( $p<.0001$  “\*\*\*”). Los puntos que se observan en la gráfica corresponden a los valores atípicos dentro de cada conjunto de datos.

Por otro lado, no se observó ningún efecto como el reportado para otras vacunas comerciales (Cunha et al., 2013; Andreotti et al., 2012; Canales et al., 2009), y para los hongos acaropatógenos (Alonso-Díaz et al., 2007; Camargo et al., 2014). No obstante, y aunque existen vacunas multi-antigénicas que han mostrado eficacias entre el 35-60% por más de 3 meses (Parizi et al., 2012), se basan en combinaciones de proteínas recombinantes para las que se ha demostrado existe una respuesta humoral específica. Para la vacuna empleada en este estudio no existen estudios similares, y la única información que está descrita por Betancourt et al., (2005) sobre los resultados obtenidos en las pruebas de establo evaluando la eficacia de TickVac® no ha podido ser corroborada por otros autores (Guerrero et al., 2012).

En lo que respecta a los hongos acaropatógenos, aunque existen numerosos estudios *in vitro* que demuestran la patogenicidad de *M. anisopliae* frente a garrapatas (Ojeda-Chi et al., 2011; Fernandes y Bittencourt, 2008; Frazzon et al., 2000), los estudios *in vivo* no han sido tan consistentes y por lo general han mostrado una gran variación. Esto ha llevado a que en las últimas investigaciones haya habido un mayor enfoque en adecuar las formulaciones de los productos con el objetivo de promover la adhesión de las conidias a la superficie del artrópodo y proteger su viabilidad en la piel del animal (Camargo et al., 2014). Otro

aspecto esencial en la eficacia de los hongos se sabe que radica en alcanzar concentraciones cercanas a  $1 \times 10^8$  conidias/mL en la suspensión con alguna cepa patógena del hongo; hecho demostrado tanto en estudios *in vitro* (Ojeda-Chi et al., 2010) como *in vivo* (Alonso-Díaz et al., 2007; Camargo et al., 2014). En varias pruebas de laboratorio en que se prepararon suspensiones del producto aquí empleado según las recomendaciones del fabricante, tan solo se lograron alcanzar concentraciones de  $1 \times 10^6$  conidias/mL (Villar, comunicación personal). Se ha visto que dichas concentraciones son incapaces de alterar la supervivencia y capacidad reproductiva de garrapatas ingurgitadas, y que se necesitan concentraciones de al menos  $1 \times 10^7$  y  $1 \times 10^8$  conidias/mL para conseguir reducciones de hasta el 55% en la oviposición (Ojeda-Chi et al., 2010). De forma similar y enfocándose en la variable número de garrapatas, Alonso-Díaz et al. (2007) observaron una reducción significativa de ésta al aplicar una suspensión de *M. anisopliae* cepa Ma34, a una concentración de  $1 \times 10^8$  conidias/mL. Ante la falta de estudios sobre el producto Bioplag WP® aquí empleado, estos resultados sugieren que debería reevaluarse su formulación y/o su protocolo de preparación en granja, y hacer ensayos de eficacia, a ser posible en animales en estabulación y con infestaciones controladas, ya que dicha información no se encuentra disponible para este producto.



**Figura 2.** Promedio ( $\pm$ E.S) del número de garrapatas en bovinos tratados con vacuna TickVac®, suspensión de hongos entomopatógenos (Bioplag WP®), y combinación de ambos ( $n=9$  animales/grupo, para un total de 341 observaciones).  $P=0.979$

## Conclusiones

El estudio de medidas alternativas para el control de las garrapatas ofrece grandes oportunidades frente a la problemática de resistencia a los acaricidas tradicionales desarrollada por *Rhipicephalus microplus*. En este estudio no se logró demostrar eficacia por ninguno de los dos productos evaluados; esto pudo deberse a: 1) las bajas cargas parasitarias durante el período de

investigación y 2) la falta de efectividad de ninguno de los dos productos ensayados.. Sería necesario revisar la efectividad de ambos productos con pruebas de establo e infestaciones controladas, con vistas a mejorar las formulaciones en caso de que estas no ejerzan ningún control.

## Agradecimientos

Los autores quieren agradecer al Proyecto Colciencias 627 “Dinámica de las poblaciones de garrapatas en sistemas ganaderos tradicionales y silvopastoriles” por proporcionar el apoyo económico para la investigación que da origen a este documento; también quieren agradecer a todo el equipo administrativo y operativo de Hacienda Lucerna por darles la oportunidad de realizar este estudio, y por el apoyo proporcionado durante el periodo de recolección de datos; y por último, a los profesores Elkin Arboleda, Luis Galeano y Guillermo Correa por sus aportes para el análisis estadístico de la información.

## Bibliografía

- Alonso-Díaz M.A., García L., Galindo-Velasco E., Lezama-Gutierrez R., Angel-Sahagún C., Rodríguez-Vivas R.I., et al., 2007. Evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Hyphomycetes) for the control of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) on naturally infested cattle in the Mexican tropics. *Vet Parasitol.* Jul 20; 147(3-4):336–40.
- Andreotti R., Cunha R., Soares M., Guerrero F.D., Leite F.P., Perez de León A.A., 2012. Protective immunity against tick infestation in cattle vaccinated with recombinant trypsin inhibitor of *Rhipicephalus microplus*. *Vaccine* 30:6678-6685.
- Benavides E., 2009. Manejo integrado de los parásitos externos del ganado (I). *Cart Fedegan.* ;(I):1–3.
- Betancourt A., Patiño F., Torres O., Eugenio B (2005) Prueba de establo para evaluar la efectividad de la vacuna TickVac MK contra la garrapata *Boophilus microplus*. *Revista ACOVEZ* 34(3):18-25.
- Camargo M.G., Marciano A.F., Sá F., Perinotto W.M.S., Quinelato S., Gólo P.S., et al., 2014. Commercial formulation of *Metarhizium anisopliae* for the control of *Rhipicephalus microplus* in a pen study. *Vet Parasitol.* Elsevier B.V.; Sep 15;205(1-2):271–6.
- Canales M., Almazan C., Naranjo V., Jongejan F., de la Fuente J., 2009. Vaccination with recombinant *Boophilus annulatus* Bm86 ortholog protein, Ba86, protects cattle against *B. annulatus* and *B. microplus* infestations. *BMC Biotechnology* 9:29.
- Castro-Janer E., Martins J.R., Mendes M.C., Namindome A., Klafke G.M., Schumaker T.T.S., 2010. Diagnoses of fipronil resistance in Brazilian cattle ticks (*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*) using *in vitro* larval bioassays. *Vet Parasitol.* Elsevier B.V.; Oct 29 ;173(3-4):300–6.
- Castro-Janer E., Rifran L., González P., Piaggio J., Gil A., Schumaker T.T.S., 2010. *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) resistance to fipronil in Uruguay evaluated by *in vitro* bioassays. *Vet Parasitol.* 2010 Apr 19;169(1-2):172–7.
- Cunha R., Andreotti R., Garcia M., Aguirre A., Leitao A., 2013. Calculation of the efficacy of vaccines against tick infestations on cattle. *Rev. Bras Parasitol Vet.* Jaboticabal 22(4):571-578.
- Cutullé C., Lovis L., D’Agostino B.I., Balbiani G.G., Morici G., Citroni D., et al., 2013. In vitro diagnosis of the first case of amitraz resistance in *Rhipicephalus microplus* in Santo Tomé (Corrientes), Argentina. *Vet Parasitol.* Elsevier B.V.; Feb 18;192(1-3):296–300.
- Fernandes E.D. y Bittencourt E.V.R.P., 2008 Entomopathogenic fungi against South American tick species. *Exp. Appl. Acarol.* 46:71-93.
- Fernández-Salas A., Rodríguez-Vivas R.I., Alonso-Díaz M.A., 2012. First report of a *Rhipicephalus microplus* tick population multi-resistant to acaricides and ivermectin in the Mexican tropics. *Vet Parasitol.* Elsevier B.V.; 2012 Feb 10;183(3-4):338–42.
- Frazzon G.A.P., Vaz Jr. S.I., Masuda A., Schrank A., Vainstein H.M., 2000. In vitro assessment of *Metarhizium anisopliae* to control the cattle tick *Boophilus microplus*. *Veterinary Parasitology* 94:117-125.
- Guerrero F.D., Miller R.J., Perez de León A.A., 2012. Cattle tick vaccines: many candidate antigens, but will a commercially viable product emerge? *International Journal for Parasitology* 42:421-427.

- Holdsworth P.A., Kemp D., Green P., Peter R.J., DeBruin C., Jonsson N.N., Letonja T., Rehbein S., Vercruysse J., 2006. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) guidelines for evaluating the efficacy of acaricides against ticks on ruminants. *Veterinary Parasitology* 136:29-43.
- Lovis L., Mendes M.C., Perret J.L., Martins J.R., Bouvier J., Betschart B., et al., 2013. Use of the Larval Tarsal Test to determine acaricide resistance in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* Brazilian field populations. *Vet Parasitol. Elsevier B.V.*; Jan 31;191(3-4):323-31.
- Mendes M.C., Lima C.K.P., Nogueira A.H.C., Yoshihara E., Chiebao D.P., Gabriel F.H.L., et al., 2011. Resistance to cypermethrin, deltamethrin and chlorpyrifos in populations of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) from small farms of the State of São Paulo, Brazil. *Vet Parasitol. Elsevier B.V.*; Jun 10;178(3-4):383-8.
- Miller R.J., Almazán C., Ortiz-Estrada M., Davey R.B., George J.E., Pérez de León A., 2013. First report of fipronil resistance in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* of Mexico. *Vet Parasitol. Elsevier B.V.*; Jan 16;191(1-2):97-101
- Mondal D.B., Sarma K., Saravanan M., 2013. Upcoming of the integrated tick control program of ruminants with special emphasis on livestock farming system in India. *Ticks Tick Borne Dis.* Feb;4(1-2):1-10.
- Murgueitio E., Giraldo C., 2009. Sistemas silvopastoriles y el control de parásitos. *Carta FEDEGAN* ;1-3.
- Nari A., 2011. Towards sustainable parasite control practices in livestock production with emphasis in Latin America. *Vet Parasitol.* Aug 4;180(1-2):2-11.
- Ojeda-Chi M.M., Rodríguez-Vivas R.I., Galindo-Velasco E., Lezama-Gutiérrez R., 2010. Laboratory and field evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) for the control of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) in the Mexican tropics. *Veterinary Parasitology* 170:348-354
- Parizi L.F., Reck J., Oldiges D.P., Guizzo M.G., Seixas A., Logullo C., et al., 2012. Multi-antigenic vaccine against the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: a field evaluation. *Vaccine*; Nov 6;30(48):6912-7.
- Pérez-Cogollo L.C., Rodríguez-Vivas R.I., Ramírez-Cruz G.T., Rosado-Aguilar J.A., 2010. Survey of *Rhipicephalus microplus* resistance to ivermectin at cattle farms with history of macrocyclic lactones use in Yucatan, Mexico. *Vet Parasitol. Elsevier B.V.*; Aug 27;172(1-2):109-13
- Pohl P.C., Klafke G.M., Júnior J.R., Martins J.R., da Silva Vaz I., Masuda A., 2012. ABC transporters as a multidrug detoxification mechanism in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Parasitol Res.* Dec;111(6):2345-51.
- R Development Core Team, 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0
- Warthon R.H. and Utech B.W., 1970. The relation between engorging and dropping of *Boophilus microplus* (Canestrini) (Ixodidae) to the assessment of tick numbers on cattle. *J. Aust. Ent. Soc.* 9:171-182.

# Parámetros reproductivos de garrapatas *Rhipicephalus microplus* obtenidas de bovinos tratados con una vacuna a base de antígenos poliproteicos y una suspensión de hongos acaropatógenos

A. C. Moncada<sup>1,2</sup>; C. Giraldo<sup>2</sup>; D. Villar<sup>3</sup>; J. J. Chaparro<sup>3</sup>; J. Angulo<sup>1</sup>; S. Sánchez<sup>4</sup>; R. Barahona<sup>5</sup>; J. F. Suárez<sup>6</sup> y L. Mahecha<sup>1</sup>

## Resumen

El control de garrapatas en sistemas ganaderos a través de sustancias acaricidas convencionales es cada vez menos efectivo debido a la capacidad de estos individuos para desarrollar resistencia. El uso de vacunas y hongos acaropatógenos articulados a programas de manejo integrado de parásitos – MIP, surgen como una alternativa para realizar un control eficaz de las garrapatas. En este trabajo, se evaluó la aplicación conjunta y por separado de un antígeno poliproteico de *R. microplus* y una mezcla de hongos acaropatógenos en ganado en pastoreo. Se crearon 3 grupos de animales (n=9/grupo), a los cuales se les aplicó la vacuna y los hongos acaropatógenos de forma aislada y combinada; posteriormente se recolectaron las garrapatas ingurgitadas (>8mm) y se registraron sus parámetros reproductivos mensualmente por un periodo de 6 meses. Los resultados muestran que el peso ( $\pm$ E.S) de las garrapatas obtenidas de los animales expuestos a la vacuna+hongos, fue significativamente mayor ( $P<0.05$ ) que el de las expuestas a la vacuna solamente ( $151\pm 10.5$  mg *versus*  $139.64\pm 10$  mg), pero no difirió del grupo tratado con los hongos ( $148.91\pm 10.5$ ). Dicha diferencia entre grupos también se observó para la masa de huevos, mas no se observaron diferencias con respecto al porcentaje de eclosión. De las vacas primíparas se obtuvieron garrapatas más pesadas en comparación con las de segundo y tercer parto ( $P<0.05$ ). También se observó un ligero descenso ( $P<0.05$ ) en los porcentajes de eclosión, cuanto mayores eran las temperaturas ambientales al momento de recolección. En conclusión, a pesar de que los resultados estadísticos muestran diferencias mínimas entre grupos, desde el punto de vista biológico serían irrelevantes ya que todos los parámetros evaluados se encontraron dentro de los valores normales para la especie.

**Palabras clave:** *Beauveria bassiana*, Manejo integrado de parásitos, Resistencia a acaricidas, *Metarhizium anisopliae*, Vacunas antigarrapata.

## Reproductive performance of *Rhipicephalus microplus* from cattle treated with a polyproteic vaccine and an acaropathogenic fungal suspension

### Abstract

Tick control in livestock systems turns in a less effective activity because of ticks capability to develop resistance to acaricides. The use of vaccines and acaropathogenic fungi articulated to integrated parasite management programs appears as an alternative for the effective control of tick populations. In this work, the combined and separated application of a poliproteic antigen of *R. microplus*, and a suspension of acaropathogenic fungi over naturally infested cattle was assessed. Three groups of animals were established (n=9 *per* group) and the products were applied separately and combined according to the group; later, ticks bigger than 8 mm were collected and their reproductive parameters registered monthly for a six month period. Results shown that the weight of ticks obtained from animals exposed to the vaccine+fungi combination was significantly higher ( $p<0.05$ ) than ticks exposed only to the vaccine ( $151\pm 10.5$  mg *vs.*  $139.64\pm 10$  mg), and have no differences with the fungi group ( $148.91\pm 10.5$ ). Results were similar for the egg mass weight, and shown no treatment effect over the hatching percentage ( $p=0.7222$ ). The cows of first parturition had the heaviest ticks compared with those of second and third parturition ( $p<0.05$ ). A slight decrease of the hatching percentage was also observed with the increase of the environmental temperature at the collection time. Nevertheless, statistics shown minimal differences between groups, they are considered biologically irrelevant, because all the parameters assessed in this study fit in the normal values for the specie.

**Keywords:** Antitick vaccines, *Beauveria bassiana*, Acaricide resistance, Integrated Parasite Management, *Metarhizium anisopliae*.

<sup>1</sup> Grupo GRICA, Escuela de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia acarolina.moncada@udea.edu.co. <sup>2</sup> Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de producción Agropecuaria – CIPAV, Áreas de Restauración ecológica y Ganadería sostenible, Cali - Colombia. <sup>3</sup> Grupo Vericel, Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín - Colombia. <sup>4</sup> Compañía Nacional de Chocolates, Grupo NUTRESA, Rionegro, Antioquia. <sup>5</sup> Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. <sup>6</sup> Hacienda Lucerna S. A.

## Introducción

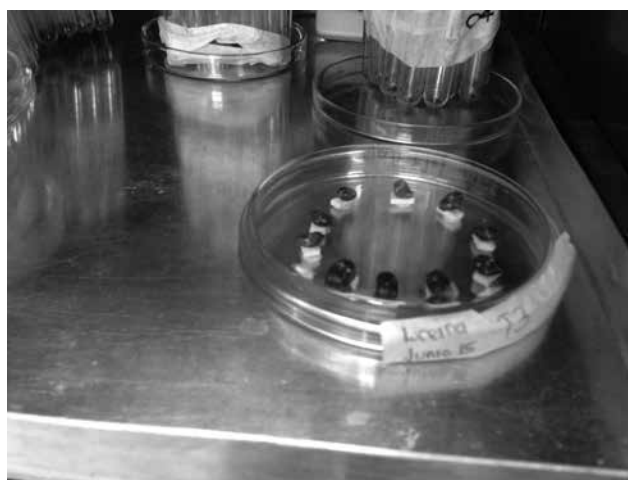
El uso de acaricidas de síntesis química como la principal estrategia para el control de garrapatas ha tenido como consecuencia el desarrollo de resistencia en poblaciones de garrapatas a escala mundial, por lo que en la actualidad la efectividad de estas sustancias puede considerarse mínima (Guerrero et al., 2012a). Como alternativa, surgen los programas de manejo integrado de parásitos-MIP, que buscan abordar las parasitosis desde un enfoque integral que contemple tanto su epidemiología como su ecología (Benavides, 2009). Para tal fin, el MIP se vale de estrategias, entre las que cabe destacar el uso de vacunas y hongos acaropatógenos. A pesar de la efectividad demostrada de estas alternativas por varios estudios (Willadsen, 2004; Cunha et al., 2013), en muchos otros esta ha sido variable, quizás, debido a la falta de una mejor comprensión sobre los antígenos más efectivos para el caso de las vacunas, y de las cepas de hongos más patógenas y resistentes a las condiciones medioambientales (Fernandes et al., 2012; Guerrero et al., 2012b). Ambos productos tienen mecanismos de acción diferentes; por un lado la mayoría de vacunas afec-

tan la capacidad de las garrapatas para alimentarse, gracias a la reacción antígeno-anticuerpo-complemento generada por el consumo de antígenos ocultos y de exposición natural presentes en la sangre de animales tratados (Rodríguez-Valle, 2000; Willadsen, 2004); para el caso de los hongos acaropatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, su acción se da al penetrar la cutícula de la garrapata hasta llegar a la hemolinfa, y diseminarse por todos sus tejidos, consumiéndola hasta aniquilarla (Schrack y Vainstein, 2010; Ojeda-Chi et al., 2011). Es de esperarse que dichos mecanismos de acción se complementen, y su aplicación conjunta genere mejores resultados en programas de control. El presente estudio tuvo como objetivo, evaluar el posible efecto aditivo que tiene la aplicación simultánea de la vacuna TickVac® (Tecniquímicas S.A., Colombia) y la mezcla de hongos acaropatógenos Bioplág WP® (Bioprotección S.A.S., Colombia) sobre el desempeño reproductivo de garrapatas obtenidas de bovinos criollos naturalmente infestados, bajo condiciones de manejo silvopastoril.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en una lechería tropical ubicada en el municipio de Bugalagrande, Valle del Cauca – Colombia. Allí se seleccionaron 27 animales de la raza criolla colombiana Lucerna, mantenidas en sistemas silvopastoriles multiestrato con un manejo de pasturas por medio de rotación en franjas con períodos de descanso entre 45-50 días y una capacidad de carga aproximada de 3.5 bovinos por hectárea. Se formaron tres grupos de nueve animales cada uno, y se asignó la aplicación de los siguientes productos: 1) aplicación de la vacuna Tickvac®, siguiendo el protocolo recomendado por el fabricante (2 mL por animal subcutáneos los días 0, 20 y 60); 2) aplicación de una suspensión de hongos acaropatógenos de las especies *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* Bioplág WP® a una concentración nominal de 5 gramos/L,

a razón de 1L/100 Kg de peso vivo, según el protocolo recomendado por el fabricante (aspersión total, procurando que el producto entrara en contacto con la piel del animal los días 0, 20, 40 y 60), y 3) combinación de Tickvac® y Bioplág WP®. Mensualmente se recolectaron las garrapatas ingurgitadas (mayores a 8mm) y se llevaron al laboratorio de Parasitología Veterinaria de la Universidad de Antioquia, donde fueron lavadas y pesadas, y por último, fijadas en cajas de Petri (Figura 1). Todos estos procedimientos se realizaron siguiendo los métodos para la evaluación de resistencia a acaricidas a partir de garrapatas adultas (FAO, 2004). Las cajas de Petri fueron mantenidas en incubadora (SANYO Electric Biomedical Co., Ltd.) con una temperatura constante de 28°C y humedad del 85%. Se registró el peso de la masa de huevos



**Figura 1.** Garrapatas fijadas en un plato de Petri para seguimiento de los parámetros reproductivos

y el porcentaje de eclosión de los mismos a los 21 y 42 días de iniciada la incubación, respectivamente. Al final del estudio, los parámetros reproductivos obtenidos fueron: peso de hembras ingurgitadas (PHI), peso de la masa de huevos (PMH) y porcentaje de eclosión (PE).

Los datos se analizaron por medio de un modelo lineal simple (R Development Core Team, 2008). A la variable PE se le aplicó una transformación arcoseno; los parámetros arrojados

por el modelo fueron sometidos a análisis de covarianza (ANCOVA), con test de Tukey (*librería agricolae*) como prueba *post hoc*. Se hicieron correlaciones entre los parámetros reproductivos, y entre estos y la temperatura ambiental registrada para cada momento de recolección, usando el test de correlación de Pearson con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . Los resultados obtenidos son presentados como la media  $\pm$  error estándar.

## Resultados y discusión

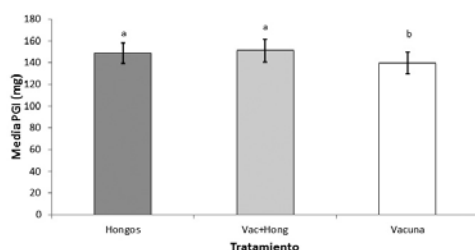
Para la variable PHI, se obtuvo un efecto significativo del tratamiento ( $p=0.0165$ ) y del número de partos ( $p=0.0009$ ). Como se logra apreciar en la figura 2, las garrapatas del grupo vacuna+hongos fueron significativamente más pesadas que las del grupo vacuna ( $151 \pm 10.5$  mg y  $139.64 \pm 10$  mg respectivamente) y no difirieron del grupo tratado con hongos ( $148.91 \pm 10.5$ ). En la figura 3, se ilustra la diferencia entre los promedios del PHI según el número de partos de las vacas, donde se observa que las garrapatas obtenidas de vacas primíparas, fueron significativamente más pesadas ( $155.58 \pm 11.82$ ) que las obtenidas de vacas de segundo y tercer parto ( $140.74 \pm 9.71$  mg y  $145.99 \pm 8.93$  mg respectivamente). A pesar de las diferencias señaladas por la estadística tanto para el factor tratamiento como número de partos, desde el punto de vista biológico, éstas podrían considerarse irrelevantes ya que los valores del PHI se encuentran dentro de los valores normales reportados para *R. microplus* según un estudio de Wharton y Utech (1970), donde el peso de las garrapatas que se desprendían naturalmente de los bovinos, estuvo en un rango entre 40 y 305 mg.

\*Barras con letras iguales no presentan diferencia estadística (Tukey test  $p < 0.05$ ).

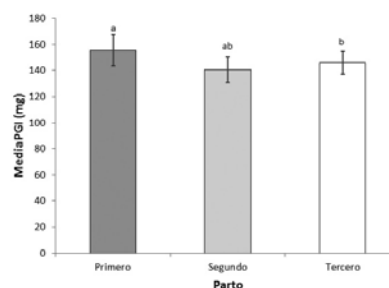
Se observó un efecto significativo del tratamiento sobre el PMH ( $p=0.0039$ ), donde los garrapatas expuestas a la vacuna presentaron un valor promedio ( $70.81 \pm 2.39$  mg) inferior a los grupos hongos ( $76.49 \pm 2.68$ ) y vacuna+hongos ( $75.88 \pm 2.49$ ), efecto que se podría atribuir a la relación directamente proporcional entre ésta variable y el PHI (Pearson  $r=0.83$ ,  $p < 0.001$ ). No obstante, los porcentajes de postura respecto al PHI estuvieron muy cercanos al 50% (49.09%, 48.8% y 49.53% para hongos, vacuna y hongos+vacuna, respectivamente), que co-

responde al valor normal de oviposición para garrapatas de alrededor de 150 mg de peso (FAO, 2004; López et al, 2015). Éstos resultados pueden explicarse en parte, por la concentración de la solución de hongos usada. Se ha demostrado, que para lograr la eficacia de los hongos es necesario alcanzar concentraciones cercanas a las  $1 \times 10^8$  conidias/mL en la suspensión (Ojeda-Chi et al., 2011). Sin embargo, en soluciones preparadas con el producto empleado en este estudio según las indicaciones del fabricante, solo se obtuvieron concentraciones de  $1 \times 10^6$  conidias/mL (Villar, comunicación personal) y no se observó crecimiento de ningún tipo de hongo sobre las garrapatas expuestas a dicha suspensión. Los resultados aquí obtenidos, indican que es necesario realizar nuevos estudios sobre el producto Bioplag WP® que permitan reevaluar su formulación y hacer posteriores ensayos de eficacia, a ser posible en animales en estabulación y con infestaciones controladas.

Aunque no se observó efecto del tratamiento sobre el PE ( $p=0.7222$ ), si se encontró una correlación negativa entre el porcentaje de eclosión y la temperatura ambiental ( $r=-0.45$ ,  $p < 0.01$ ) al momento de la recolección, lo que sugiere una influencia del medio sobre el desempeño reproductivo de las garrapatas. Los resultados obtenidos por De la Vega et al. (2010), a partir de la exposición artificial de garrapatas adultas a diferentes temperaturas, indicaron que temperaturas por encima de  $30^\circ\text{C}$  afectan el desempeño reproductivo de *R. microplus*, lo que soporta nuestros hallazgos; de forma similar, Lysyk (2008) describe la existencia de una relación lineal entre el aumento de la temperatura ambiental y la de la piel de los bovinos, y observa cómo esta última altera el proceso de ingurgitación en garrapatas de la especie *Dermacentor an-*



**Figura 2.** Promedio ( $\pm$ EE) para la variable Peso (mg) de la hembra ingurgitada (PHI) de *R. microplus* obtenidas de bovinos tratados con hongos, vacuna y la combinación de ambos ( $n=251$ ,  $n=193$  y  $n=206$  respectivamente).

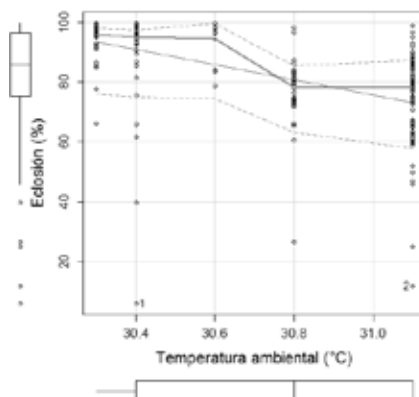


**Figura 3.** Promedio ( $\pm$ EE) para la variable Peso (mg) de la hembra ingurgitada (PHI) de *R. microplus* obtenidas de bovinos de primero, segundo y tercer parto ( $n=173$ ,  $n=210$  y  $n=267$  respectivamente).



*deroni*, afectando su desempeño reproductivo posterior. No obstante, debido a que en el presente estudio se tuvo un rango muy estrecho de variación en la temperatura (30.3 – 31.1°C), sería conveniente plantear nuevos estudios donde se manejen

rangos más amplios que permitan dilucidar mejor dicha asociación y su aplicabilidad dentro de los programas de manejo integrado de garrapatas.



**Figura 4.** Distribución de los porcentajes de eclosión de acuerdo a la temperatura ambiental (°C) registrada al momento de recolección de las garrapatas. Se logra apreciar como las observaciones por debajo del 80% se agrupan entre las mayores temperaturas registradas.  $R = -0.45$ ,  $p < .0001$  ( $n = 209$ ).

## Conclusiones

El estudio de medidas alternativas para el control de *R. microplus* como las vacunas y los hongos acaropatógenos ofrece grandes oportunidades para hacer frente a la problemática de resistencia a los acaricidas tradicionales y eliminar otros efectos indeseados asociados a estos. Tomando como base los resultados reportados en la literatura, se esperaría que la aplicación conjunta de vacunas y hongos generara una reducción de los parámetros reproductivos, en comparación con su aplicación

por separado; sin embargo, los valores obtenidos en el presente estudio se encontraron dentro de los parámetros reproductivos normales para la especie, lo que sugiere que los productos no afectaron la reproducción. Sería conveniente realizar nuevos estudios de los productos aquí usados, con pruebas de establo e infestaciones controladas, buscando mejorar sus formulaciones y así poder ofrecer productos que sean realmente útiles para el ganadero dentro de los programas de control de garrapatas.

## Agradecimientos

Los autores quieren agradecer al Proyecto Colciencias 627 “Dinámica de las poblaciones de garrapatas en sistemas ganaderos tradicionales y silvopastoriles” por proporcionar el apoyo económico para la investigación que da origen a este documento; también quieren agradecer a todo el equipo administrativo y operativo de Hacienda Lucerna por darles la oportunidad de realizar este estudio, y por el apoyo proporcionado durante el periodo de recolección de datos; y por último, a los profesores Elkin Arboleda, Luis Galeano y Guillermo Correa por sus aportes para el análisis estadístico de la información.

## Bibliografía

- Alonso-Díaz M.A., García L., Galindo-Velasco E., Lezama-Gutierrez R., Angel-Sahagún C., Rodríguez-Vivas R.I., et al., 2007. Evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Hyphomycetes) for the control of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) on naturally infested cattle in the Mexican tropics. *Vet Parasitol.* Jul 20; 147(3-4):336–40.
- Andreotti R., Cunha R., Soares M., Guerrero F.D., Leite F.P., Perez de León A.A., 2012. Protective immunity against tick infestation in cattle vaccinated with recombinant trypsin inhibitor of *Rhipicephalus microplus*. *Vaccine* 30:6678–6685.

- Benavides E., 2009. Manejo integrado de los parásitos externos del ganado (I). Cart Fedegan. ;(I):1–3.
- Canales M., Almazan C., Naranjo V., Jongejan F., de la Fuente J., 2009. Vaccination with recombinant *Boophilus annulatus* Bm86 ortholog protein, Ba86, protects cattle against *B. annulatus* and *B. microplus* infestations. BMC Biotechnology 9:29.
- Cunha R., Andreotti R., Garcia M., Aguirre A., Leitao A., 2013. Calculation of the efficacy of vaccines against tick infestations on cattle. Rev. Bras Parasitol Vet. Jaboticabal 22(4):571-578.
- De la Vega R., Diaz G., Fonseca A.H., 2010. A multivariate analysis of *Boophilus microplus* (Acari:Ixodidae): non parasitic phase. Rev. Salud Anim. Vol. 32 No. 2: 89-96
- FAO, 2004. Resistance management and integrated parasite control in ruminants: Guidelines. Module1. Ticks: Acaricide resistance: diagnosis, management and prevention. pp. 25–77.
- Fernandes E.D. y Bittencourt E.V.R.P., 2008. Entomopathogenic fungi against South American tick species. Exp. Appl. Acarol. 46:71-93.
- Frazzon G.A.P., Vaz Jr. S.I., Masuda A., Schrank A., Vainstein H.M., 2000. In vitro assessment of *Metarhizium anisopliae* to control the cattle tick *Boophilus microplus*. Veterinary Parasitology 94:117-125.
- Guerrero F.D., Lovis L., Martins J.R., 2012a. Acaricide resistance mechanisms in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Rev Bras Parasitol veterinária = Brazilian J Vet Parasitol. 21(1):1–6.
- Guerrero F.D., Miller R.J., Pérez de León A., 2012b. Cattle tick vaccines: many candidate antigens, but will a commercially viable product emerge? Int J Parasitol. May 1;42(5):421–7
- López A., Villar D., Chaparro J., Miller R., Perez de León A.A., 2015. Reduced efficacy of commercial acaricides against populations of resistant cattle tick *Rhipicephalus microplus* from two municipalities of Antioquia, Colombia. Environmental Health Insights (in press)
- Lysyk T.J., 2008. Effects of Ambient Temperature and Cattle Skin Temperature on Engorgement of *Dermacentor andersoni*. J. Med. Entomol. 45(6): 1000-1006
- Ojeda-Chi M.M., Rodríguez-Vivas R.I., Galindo-Velasco E., Lezama-Gutiérrez R., 2010. Laboratory and field evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) for the control of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) in the Mexican tropics. Veterinary Parasitology 170:348–354
- Ojeda-chi M.M., Rodríguez-vivas R.I., Galindo-Velasco E., 2011. Control de *Rhipicephalus microplus* ( Acari : Ixodidae ) mediante el uso del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* ( Hypocreales : Clavicipitaceae). Revisión. Rev Mex Cienc Pecu; 2(2):177–92.
- R Development Core Team, 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0
- Rodríguez-Valle M., 2000. Respuesta inmunológica contra garrapatas. Biotecnol Apl. [acceso: Junio 17de 2013]; URL:<https://tspace.library.utoronto.ca/html/1807/21814/ba00068.html>
- Schrank A., Vainstein M.H., 2010. *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins. Toxicon; Dec 15;56(7):1267–74
- Willadsen P., 2004. Anti-tick vaccines. Parasitology. Oct;129 (7):S367–S387.

# Calidad de carne de chivitos criollos neuquinos en sistemas silvopastoriles con pino ponderosa

G. Caballé<sup>1</sup>, M. Zimmerman<sup>2</sup>, L. Borrelli<sup>1</sup>, Pighin, D.<sup>3</sup>, Cunzolo, S.<sup>3</sup>

## Resumen

La ganadería transhumante, basada principalmente en la cabra criolla neuquina, es la principal actividad productiva del norte de provincia de Neuquén (Argentina).

Los estudios de dieta de las cabras criollas en sistemas silvopastoriles con pino ponderosa que no recibieron la primera poda, y en consecuencia presentan ramas hasta el nivel del suelo, indican una baja preferencia por la acícula del pino pero una participación promedio en la dieta del 12%, con picos de hasta el 21%, debido a la alta disponibilidad de este forraje. Independientemente de la baja preferencia que muestran las cabras por la acícula de pino, la participación en la dieta es considerable y la presencia de taninos junto a otros compuestos secundarios podría tener efectos negativos sobre la calidad de carne, afectando el principal producto de este tradicional sistema productivo, el “chivito criollo”. El objetivo del presente trabajo fue estudiar la composición química de la carne de Chivitos Criollos producidos bajo un sistema silvopastoril con pino ponderosa. Se trabajó con 9 “chivitos criollos” de 6 meses de edad en el momento de su faena. Los mismos se encontraban pastoreando en un sistema silvopastoril con pino ponderosa (12 años de edad sin poda). A las 24 hs post-faena se tomaron muestras del músculo Longissimus dorsi (LD). Las mismas fueron maduradas en refrigeración durante 2 días (3 en total post-faena) y se estudió la composición química de la carne: contenido de grasa intramuscular (GI) y perfil de ácidos grasos (AG). La participación en la dieta de acículas de pino no produjo modificaciones en el tenor graso de las carnes generadas (músculo LD), pero sí impactó sobre su perfil de AG, en comparación con los animales mamones o de veranada convencional. Este diferente perfil de AG se vio especialmente reflejado sobre la relación AGPI/AGS, alejándola ligeramente de los valores nutricionalmente recomendados.

**Palabras clave:** ácidos grasos, grasa intramuscular, dieta

## Meat quality of goat “criollo neuquino” kids in silvopastoral systems with ponderosa pine

## Abstract

The transhumance livestock, mainly based on the goat “criollo neuquino”, is the main productive activity of northern Neuquén province (Argentina). Diet studies of “criollo” goats in silvopastoral systems with ponderosa pine, indicate a low preference for pine needle but an average 12 % of participation in the diet, with peaks up to 21% due to the high availability of this forage. Regardless of the low preference shown for the goats by pine needle, the needle participation in the diet is important and the presence of tannins together with other secondary compounds could have negative effects on meat quality, affecting the main product of this traditional production system, the goat “criollo neuquino” kids. The aim of this work was to study the chemical composition of goat “criollo neuquino” kids meat produced under a silvopastoral system with ponderosa pine. We worked with 9 “criollo” kids 6 months old at the time of slaughter. They were grazing on a ponderosa pine silvopastoral system (12 years old without pruning). At 24 hours post-slaughter samples of *Longissimus dorsi* (LD) muscle were taken. They were ripened refrigerated for 2 days (3 total days post-slaughter) and chemical composition of meat was studied: content of intramuscular fat (IF) and fatty acids (FA). The pine needle participation in the diet produced no changes in the fat content of the meat (muscle LD), but impacted on the FA profile, compared with animals from conventional grazing in open grasslands. This different profile of FA was particularly reflected on the PUFA/SFA ratio, away slightly from the nutritionally recommended values.

**Key words:** fatty acids, intramuscular fat content, diet

<sup>1</sup>INTA EEA Bariloche, Modesta Victoria 4450, C.P.: 8400, CC 277. San Carlos de Bariloche, Argentina, email: caballé.gonzalo@inta.gob.ar <sup>2</sup> Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido, Leales, Tucumán. <sup>3</sup> Instituto de Tecnología de Alimentos, INTA Castelar.

## Introducción

La ganadería transhumante, basada principalmente en la cabra criolla neuquina, es la principal actividad productiva del norte de provincia de Neuquén (Argentina), contando con aproximadamente 1700 productores crianceros y 185 mil cabras (CNA 2020). La implementación de sistemas silvopastoriles basados en plantaciones de pino ponderosa en zonas de veranada de la ganadería transhumante, exige mantener el nivel de cobertura arbórea entre 30 y 50% para no afectar negativamente la producción del pastizal natural. En estos niveles de cobertura arbórea, la calidad de las principales especies forrajeras tampoco se ve afectada respecto a las situaciones a cielo abierto (Caballé et al. 2009, Caballé 2013). Bajo estas condiciones, la evolución en peso y condición corporal de las cabras no muestra diferencias con el pastoreo convencional a cielo abierto y las ganancias diarias de peso indican una tendencia favorable hacia el silvopastoreo (Caballé et al. 2009).

Los estudios de dieta de las cabras criollas en sistemas silvopastoriles que no recibieron la primera poda, y en consecuencia los pinos presentan ramas hasta el nivel del suelo, indican una baja

preferencia por la acícula del pino pero una participación promedio en la dieta del 12%, con picos de hasta el 21%, debido a la alta disponibilidad de este forraje respecto a lo que ofrece el pastizal natural (Caballé et al. 2009, 2011). En términos de calidad, la acícula de pino presenta mayor contenido de proteína bruta y menor digestibilidad que las gramíneas presentes en el pastizal natural (Caballé et al. 2010), y una concentración promedio de 3% de taninos totales, lo que también explica la baja preferencia (González et al. 2013). Independientemente de la baja preferencia que muestran las cabras por la acícula de pino, la participación en la dieta es considerable y la presencia de taninos junto a otros compuestos secundarios podría tener efectos negativos sobre la calidad de carne, afectando el principal producto de este tradicional sistema productivo, el “chivito criollo”. Anualmente se faenan en la región norte de Neuquén más de 20 mil chivitos. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue estudiar la composición química de la carne de “chivitos criollos” en un sistema silvopastoril con pino ponderosa.

## Materiales y Métodos

Se trabajó con 9 chivitos de la raza Criolla Neuquina de una edad de 6 meses en el momento de su faena. Los mismos se encontraban pastoreando en un sistema silvopastoril con *Pinus ponderosa* (12 años de edad sin poda) en sitios de veranada del paraje de Manzano Amargo en el norte de la provincia de Neuquén (36°43'13'', 70°48'27''). A las 24 hs post-faena se tomaron muestras del músculo *Longissimus dorsi* (LD). Las mismas fueron maduradas en refrigeración durante 2 días (3 en total post-faena) y se estudió la composición química de la carne: contenido de grasa intramuscular (GI) y perfil de ácidos grasos. Sobre las muestras se determinó el contenido de grasa intramuscular (método Soxhlet), contenido de CLA (ácido linoleico conjugado), AGS (ácidos grasos saturados), AGMI (ácidos grasos mono-insaturados), AGPI (ácidos grasos poli-insaturados), ácidos grasos omega 3 (n-3) y omega 6 (n-6) mediante extracción con solventes (Folch) de la fracción grasa intramuscular, metilación de los ácidos grasos y posterior análisis mediante cromatografía en fase gaseosa (CG Varian). Empleando los mismos métodos se obtuvo también el perfil de ácidos grasos de una muestra compuesta de acículas de pino ponderosa.

El perfil de ácidos grasos del músculo LD de los animales pro-

venientes del sistema silvopastoril fue comparado con el de Chivitos Criollos Mamones y Chivitos Criollos de Veranada. Los primeros comprenden animales de aproximadamente 3 meses de edad, cuya faena suele concentrarse desde mediados de Octubre hasta fines de Diciembre, y ocurre cuando los piños todavía están en los campos de invernada. Los Chivitos de Veranada se faenan desde mediados de Enero hasta mediados de Junio, una vez que los piños han bajado de los campos de veranada y comprenden animales de entre 3 y 6 meses de edad. En particular, la categoría de animales utilizados en este estudio es intermedia en edad entre las dos categorías recientemente nombradas, asemejándose más a los Chivitos de Veranada. Los datos fueron comparados mediante ANOVA utilizando el procedimiento PROC GLM del software SAS. Cuando hubo diferencias significativas entre tratamientos se realizó un test de Tukey para evidenciar las mismas. En el grupo de animales a ser faenados provenientes del sistema silvopastoril se determinó la composición botánica de la dieta mediante la técnica microhistológica de heces (Sepúlveda et al. 2004). Se analizaron dos muestras compuestas de heces de los 9 animales del grupo, una tomada el mes anterior a la faena (feb-2012) y la otra, el día de la faena (mar-2012).

## Resultados y Discusión

### Dieta

El análisis microhistológico de las heces indicó en ambos meses una mayor proporción en la dieta de árboles y arbustos respecto al resto de las clases forrajeras (Tabla 1). Dentro de los árboles y arbustos en el mes previo a la faena, la especie con mayor proporción en la dieta fue el arbusto *Mulinum spinosum* (neneo) seguido de la especie arbórea *Nothofagus antarctica* (ñire) y luego el *Pinus ponderosa* (6,4%). En la

dieta del momento de la faena, aparecen también estas tres especies dentro de la clase forrajera árboles y arbustos pero con distintas proporciones, siendo el pino ponderosa el que presenta mayor porcentaje (14,6%, Tabla 1).

En términos generales, el perfil de AG de la grasa intramuscular del LD de animales pastoreando en el sistema silvopastoril condujo a diferencias significativas en cuanto a los niveles de AGS, AGPI y relación de AGPI/AGS, en comparación con aquellos

**Tabla 1.** Dieta de chivitos criollos neuquinos de 6 meses de edad pastoreando en un sistema silvopastoril con pino ponderosa. Porcentaje total de consumo por clase forrajera y de las principales especies consumidas por clase.

Clase forrajera	Febrero 2012		Marzo 2012 (faena)	
	% Consumo	Especies ppales.	% Consumo	Especies ppales.
Gramíneas	21,6	Poa sp. (10%)	27,3	Poa sp. (13,1%)
		Hordeum sp. (6,7%)		Rytidosperma virescens (6,4%)
Graminoideas	5,7	Juncus sp. (1,4%)	7,5	Carex sp. (6,4%)
		Mulinum sp. (19,3%)		Mulinum sp. (2,4%)
Árboles y Arbustos	49,3	Nothofagus antarctica (11,7%)	42,3	Nothofagus antarctica (3,3%)
		Pinus ponderosa (6,4%)		Pinus ponderosa (14,6%)
Hierbas	23,4	Acaena sp. (19,3%)	22,9	Acaena sp. (21,8%)

animales mamones y de veranada. Con respecto al contenido total de grasa muscular, no se observaron diferencias significativas con respecto a los demás grupos (Tabla 2 y 3).

Dentro de los niveles de AGS, en el sistema silvopastoril se encontraron menores niveles de 14:0 y 16:0; y mayores niveles de 18:0. En su conjunto, los AGS resultaron significativamente menores a los demás sistemas. Con respecto a los AGPI, el sistema silvopastoril produjo menores niveles de 18:2n6, 18:3n3, CLA y AG de cadena larga (C20-22). Estas variaciones modificaron significativamente la relación AGPI/AGS, alejándola ligeramente de los valores recomendados ( $AGPI/AGS > 0,4$ ). Sin embargo, las relaciones n6/n3 y 18:2n6/18:3n3 no se modificaron significativamente con respecto a los demás grupos.

El análisis del perfil de AG de las acículas de pino (*Pinus*

*ponderosa*), presentó considerables contenidos relativos de AG de cadena corta (menores a C14) y moderado de AGS de cadena media: 14:0 (3,1%), 16:0 (6,2%), 18:0 (4,6%). Por otra parte, más allá de su composición nutricional, trabajos publicados (Adams et al. 1992) han reportado que las acículas de pino en la dieta de rumiantes pueden impactar negativamente sobre la digestibilidad del forraje, resultando tóxicas para la población microbiana ruminal.

En el presente trabajo, los menores niveles de AGPI (n6, n3 y CLA) hallados en la grasa intramuscular se debería al escaso aporte de AG saturados (18:3n3 y 18:2n6) por parte de las acículas de pino. No obstante, tampoco podría descartarse un efecto secundario por toxicidad de parte de las acículas sobre los micro-organismos ruminales, y por ende, de inhibición sobre la biohidrogenación ruminal.

**Tabla 2:** Contenido de grasa intramuscular (GI), ácidos grasos saturados (AGS), ácidos grasos insaturados (AGI), ácidos grasos monoinsaturados (AGMI), ácidos grasos poli-insaturados (AGPI), ácido linoleico conjugado (CLA), ácidos grasos omega 3 (n-3), ácidos grasos omega 6 (n-6), relación AGPI n-6/n-3, relación AGMI/AGS y relación AGPI/AGS en el músculo *Longissimus dorsi* de "chivitos criollos neuquinos" mamones, de veranada y en sistema silvopastoril con pino ponderosa.

Variable	Mamones (n=9)	Veranada (n=10)	Silvopastoreo (n=9)	Sig.
GI%	1,9	2,4	2,2	ns
AGS %	36,9 ab	38,6 a	35,6 b	**
AGI %	50,7	49,7	47,4	ns
AGMI%	36,5	38,4	36,4	ns
AGPI %	14,2 a	11,3 b	9,5 b	**
CLA	0,9 a	0,8 a	0,3 b	**
n-3	5,7 a	4,4 b	3,7 b	**
n-6	8,5 a	6,9 ab	5,9 b	**
n-6/n-3	1,5	1,6	1,6	ns
AGMI/AGS	0,9	1	1,1	ns
AGPI/AGS	0,4 a	0,3 b	0,3 b	**

\*Dentro de la fila, medias con igual letra no difieren entre sí ( $p > 0,05$ )

**Tabla 3:** Perfil de ácidos grasos del músculo *Longissimus dorsi* de chivitos criollos neuquinos mamones, de veranada y en sistema silvopastoril con pino ponderosa.

Variable	Mamones (n=9)	Veranada (n=10)	Silvopastoreo (n=9)	Sig.
GI%	1,9	2,4	2,1	ns
C14:0	4,8 a	4,1 ab	3,3 b	**
C16:0	21,5 a	20,8 a	18,4 b	**
C16:1 n7	3,8 a	3,5 a	1,7 b	**
C17:0	1,1	1,3	1,2	ns
C17:1	1,1 a	0,9 a	0,8 b	**
C18:0	10,6 a	13,7 b	13,9 b	**
C18:1n9	32,6	34,9	34,8	ns
C18:2n6	5,7 a	4,4 b	3,8 b	**
C18:3 n3	1,9 a	1,7 ab	1,4 b	**
C 20-22	6,7 a	5,2 ab	4,3 b	**
18:2/18:3	3,2	2,6	2,7	ns

\*Dentro de la fila, medias con igual letra no difieren entre sí ( $p > 0,05$ )

## Conclusión

La participación en la dieta de acículas de pino en chivitos pastoreando en sistemas silvopastoriles con pino ponderosa no produjo modificaciones en el tenor graso de las carnes generadas (músculo *LD*), pero sí impactó sobre su perfil de AG, en comparación con los animales mamones o de veranada. Este diferente perfil de AG se vio especialmente reflejado sobre la relación AGPI/AGS, alejándola ligeramente de los valores nutricionalmente recomendados.

## Agradecimientos

Nuestro especial agradecimiento al productor criancero Cristian Castillo por proveer los animales para este trabajo y a las autoridades y personal de la Asociación de Fomento Rural (AFR) Manzano Amargo-Pichi Neuquén por colaborar en las tareas de campo y permitírnos utilizar sus forestaciones para la realización del ensayo.

## Bibliografía

- Adams, D.C., J.A. Pfister, R.E. Short, R.C. Gates, R.D. Wiedmeier, and B.N. Knapp. 1992. Pine needle effects on in vivo and in vitro digestibility of crested wheatgrass. *J. Range Manage.* 45:249-253.
- Caballé, G. 2013. Efecto interactivo de la defoliación del estrato herbáceo y la cobertura del estrato arbóreo sobre el crecimiento del estrato herbáceo en sistemas silvopastoriles. Tesis doctoral, EPG-FAUBA-UBA.
- Caballé G., Dezzotti A., Sbrancia R., Stecher G., Reising C., Bonvissuto G., Fernández M. E., Gyenge J. y Schlichter T. 2009. Estudio de caso: Interacción entre el pastizal natural, la plantación de pino y el ganado caprino en el sistema silvopastoril experimental de Mallín Verde (Neuquén). *Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*. P. Peri (ed) Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. 12 pp.
- Caballé G.; Reising C.; Cohen L. 2010. Valor nutritivo y disponibilidad de materia seca de pino ponderosa en sistemas silvopastoriles. *Actas Primer Congreso Internacional Agroforestal Patagónico*, Coyhaique, Chile. 10 pp.
- Caballé G.; Borrelli L.; Avila M.; Castañeda S.; Inostroza L.; Muñoz O.; Reising C. 2011. Interacción planta-animal: la cabra criolla y su preferencia por el pino ponderosa. *Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, Santiago del Estero, Argentina. 6pp.
- CNA 2002. Censo Nacional Agropecuario, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Argentina. [http://www.indec.mecon.gov.ar/agropecuario/cna\\_principal.asp](http://www.indec.mecon.gov.ar/agropecuario/cna_principal.asp)
- García P. T. 2011. Metabolism of alfa-linoleic acid (ALA) in meat animals, Soybean and Nutrition, Prof. Hany El-Shemy (Ed.), ISBN: 978-953-307-536-5, InTech.
- González G. L.; Caballé G.; Rossi C. A.; De Loof E.; Alonso D. O. 2013. Contenido de taninos en hojas de *Pinus ponderosa* en un sistema silvopastoril con cabras del norte de Neuquén. *Actas 4to Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano*. 2 pp., Iguazú, Misiones.
- Sepúlveda Palma L.; Pelliza A.; Mancorda M. 2004. La importancia de los tejidos epidérmicos en el microanálisis de la dieta de herbívoros. *Ecología Austral* 14: 31-38.

# Instalación de sistemas silvopastoriles en el delta del Paraná: comportamiento de guías y barbados de sauce como material de propagación

Casaubon E. \*; Cerrillo T.; Madoz G.

## Resumen

Las plantaciones de sauces (*Salix spp*) en Argentina se concentran principalmente en el Delta del Río Paraná; como material de propagación se utilizan estacas de largo variable, escasamente, guías; nunca barbados. Si bien no es habitual en este territorio el pastoreo bajo sauces, es factible utilizar este género forestal en sistemas silvopastoriles (SSP). En las escasas experiencias se observa que el ingreso de animales se inicia entre el 4° y el 6° año, según el diámetro (DAP) alcanzado, minimizando la pérdida de plantas por tumbado, quebrado o descortezado por acción del ganado. Con el objetivo de generar información para anticipar el ingreso del ganado al sistema, se instalaron dos ensayos, evaluándose la capacidad de enraizamiento de guías (T1) y de barbados (T1, R1) de tres sauces mejorados, recientemente inscriptos: *S. matsudana* x *S. alba* "Agronales INTA-CIEF"; *S. matsudana* x *S. nigra* "Lezama INTA-CIEF"; *S. matsudana* x *S. alba* "Los Arroyos INTA-CIEF", y otros dos en etapa avanzada de selección, "98.11.01" y "94.08.43", en el Campo Experimental de la EEA Delta (INTA). El material genético aplicado se caracteriza por crecimiento rápido, fuste recto y copa estrecha. Si bien el porcentaje de enraizamiento de los cinco clones fue de un 100%, Lezama INTA-CIEF, plantado de guías, presentó el menor porcentaje de brotación en toda la extensión de la guía, mientras que plantado de barbados, la misma fue del 100%. Sobre la base de estas evaluaciones preliminares, se considera que el uso de guías y barbados en *S. matsudana* x *S. alba* "Agronales INTA-CIEF"; *S. matsudana* x *S. alba* "Los Arroyos INTA-CIEF", y de 98.11.01 y 94.08.43 y de barbados en "Lezama INTA-CIEF" constituirían una buena opción para establecer un SSP.

**Palabras clave:** *Salicáceas, Salix spp., material de propagación, Delta del Río Paraná.*

## Establishing silvopastoral systems in the delta of the Paraná river: behaviour of willow pole cuttings and rooted pole cuttings as propagation material

### Abstract

Willow (*Salix spp.*) plantations in Argentina concentrate mainly on the Delta of the Paraná River. The propagation material used consists of cuttings (of variable length), rarely un-rooted pole cuttings, and never rooted pole cuttings. Although grazing under willow plantations is not common in this area, willow trees can be used on Silvopastoral Systems (SPSs). The few examples of this show that livestock entry starts between the fourth and the sixth years, depending on trunk diameter (DBH), thus minimising plant loss due to knock-down, breakage or bark-stripping by cows. With the aim to generate information in order to bring forward livestock entry into the silvopasture, two trials were established assessing the rooting capacity of pole cuttings (T1) and of rooted pole cuttings (T1, R1) for three recently recorded improved willow trees: *S. matsudana* x *S. alba* "Agronales INTA-CIEF"; *S. matsudana* x *S. nigra* "Lezama INTA-CIEF"; *S. matsudana* x *S. alba* "Los Arroyos INTA-CIEF", and two others in an advanced stage of selection, "98.11.01" and "94.08.43", in the Experimental Field of the Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria's Estación Experimental Agropecuaria Delta (Delta Agricultural Experimental Station). The genetic material used is characterised by fast growth, straight shafts, and narrow crowns. Even if the rooting percentage for all five clones was 100%, Lezama INTA-CIEF planted from un-rooted pole cuttings exhibited the lowest percentage of sprouting along the pole, as opposed to 100% when planted from rooted pole cuttings. On the basis of these preliminary assessments, the use of un-rooted pole cuttings and rooted pole cuttings for *S. matsudana* x *S. alba* "Agronales INTA-CIEF"; *S. matsudana* x *S. alba* "Los Arroyos INTA-CIEF", 98.11.01 and 94.08.43, and of rooted pole cuttings for "Lezama INTA-CIEF" should be a good option for the establishment of a SPS.

**Key words:** *Salicáceae, Salix spp., propagation material, Delta of the Paraná River.*

Estación Agropecuaria Delta del Paraná-INTA. Campana. Buenos Aires. \*casaubon.edgardo@inta.gob.ar.

## Introducción

Los SSP con Salicáceas resultan opciones compatibles en diferentes países (Sulaiman, 2006); Nueva Zelanda (Olsen & Charlton, 2003); Australia (Anon, 2005) y Bhutan (Wangdi & Roder, 2005) utilizan el follaje de los sauces como alimento para el ganado. El tamaño de los árboles y la palatabilidad de su follaje puede determinar el éxito de la instalación de un Sistema Silvopastoril (SSP) ya que las especies forestales palatables requieren en esta etapa, mayor protección que las no palatables (McAdams, 2003). Este hecho, a su vez, plantea un problema ya que incrementa el costo de establecimiento de la plantación (Carvalho *et al.*, 2003).

En Argentina, la forma más conocida de instalar una plantación de sauces utiliza estacas como material de propagación, algunas veces guías (Casaubón, 1996). En el delta del Paraná el pastoreo bajo sauces, si bien no es una práctica habitual, generalmente se inicia entre el 4° y el 6° año, lo cual está a su vez relacionado con el sitio de plantación, el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles a esa edad, la palatabilidad de sus hojas y al riesgo de pérdida de plantas por tumbado, quebrado o descortezado por el ganado, especialmente en época de escasez de forraje.

Utilizando la silvicultura tradicional, el ganado vacuno permanece pastando en el sistema 2 ó 3 años, a causa de los estrechos distanciamientos entre plantas, a la falta de podas y raleos, a la arquitectura de copa (tipo globosa) de la mayoría de los clones comerciales utilizados, al rápido sombreado que produce la copa en el suelo y a la temprana escasez de forraje por falta de luz (Casaubon *et al.*, 2014).

El principal destino de las plantaciones de sauces en la región es la pulpa para papel y el triturado (91%) y en mucho menor proporción (9%) para usos sólidos (Cerrillo, 2010), sin

embargo la madera de sauces es apta tecnológicamente para estos últimos (Martinuzzi, 2010), con potencial en mueblería y la construcción de viviendas. Para realizar una producción sustentable, resulta imprescindible elegir cultivares adecuados para el fin propuesto, los mejores sitios de plantación para cada cultivar, y una silvicultura acorde al clon utilizado y al destino final de la madera, siendo relevante en este sentido, la elección de los materiales de propagación (Casaubón, 2010). En este trabajo se evalúan dos materiales de propagación: guías de un año de edad, sin raíz (T1) y barbados de un año de raíz y uno de fuste (T1, R1), utilizando nuevo material genético mejorado recientemente seleccionado (Cerrillo, 2014), con características de crecimiento rápido y arquitectura del árbol de interés potencial para los SSP. La plantación se efectuó a un distanciamiento de 6x6 m, mayor que los habituales para sauces en la región, con el fin de acelerar el ingreso del ganado vacuno al sistema, minimizando los costos de instalación y prolongando, de ser posible hasta el turno de corta, la permanencia de los animales pastando en su interior. En este sentido, el conocimiento preexistente en la zona acerca del establecimiento de SSP en plantaciones de sauce con el propósito de obtener madera de calidad para usos diversos y carne vacuna acorde a las exigencias del mercado consumidor es muy limitado.

El objetivo de este trabajo es caracterizar la capacidad de enraizamiento y la brotación de guías de un año de edad (T1) y de barbados (T1, R1) de 3 clones de sauces mejorados, recientemente inscriptos (2013): *S. matsudana* x *S. alba* "Agronales INTA-CIEF"; *S. matsudana* x *S. nigra* "Lezama INTA-CIEF"; *S. matsudana* x *S. alba* "Los Arroyos INTA-CIEF", y otros dos en etapa avanzada de selección, "98.11.01" y "94.08.43", para anticipar el ingreso del ganado al sistema.

## Materiales y métodos

**Área de estudio:** El Delta del Río Paraná es considerado por sus suelos y su clima, muy apto para el cultivo de sauces y álamos, y si bien posee aproximadamente un millón de hectáreas con aptitud forestal (Bonfils, 1962), alrededor de ochenta mil se destinan al cultivo de Salicáceas (SAGPYA, 1999), produciendo el 70% de la madera de *Salix spp* y *Populus spp* del país. Los sauces, con alrededor de 65.000 hectáreas, representan el 82% de la superficie forestada del Delta (Borodowski, 2011).

**Clima:** es templado húmedo, sin estación seca (De Fina y Ravelo, 1979). La temperatura media anual oscila entre 16° C y 17° C. La media de verano entre 22° C y 23° C y la de invierno entre 11° C y 12° C. El promedio de precipitaciones es de 1.016,5 mm.

**Ubicación:** Ambos ensayos se instalaron en el año 2014, en el Campo Experimental de la EEA delta del Paraná de INTA. Las coordenadas geográficas del área son las siguientes. Pto 1, 34° 10' 13,8" LS y 58° 51' 34,1" LO. Pto 2, 34° 10' 7,8" LS y 58° 51' 45,4" LO. Pto 3, 34° 10' 14" LS y 58° 51' 45,5" LO, y el Pto 4, 34° 10' 16,9" LS y 58° 51' 44,2" LO.

El área de plantación es un terreno típico de bañado endicado de aproximadamente 3,5 ha de superficie.

**Diseño experimental:** Se instalaron dos ensayos en la misma superficie, utilizándose en ambos casos un diseño de bloques al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. En el ensayo de guías (T1), cada parcela está integrada por 9 plantas, y en el ensayo de barbados (T1, R1) por 25 plantas. En ambos ensayos la distancia de plantación utilizada fue de 6x6 m (278 plantas por ha<sup>-1</sup>).

**Material genético:** Se utilizaron tres sauces mejorados, obtenidos en el programa de mejoramiento de sauces que se desarrolla en la EEA Delta, y recientemente inscriptos en el Registro Nacional de Cultivares del INASE: *S. matsudana* x *S. alba* "Agronales INTA-CIEF"; *S. matsudana* x *S. nigra* "Lezama INTA-CIEF"; *S. matsudana* x *S. alba* "Los Arroyos INTA-CIEF". También integraron los ensayos dos genotipos en etapa avanzada de selección, "98.11.01" y "94.08.43". El material genético fue seleccionado para aplicar en este ensayo, en función de sus características de crecimiento rápido y arquitectura del árbol (fuste recto y copa estrecha).



**Silvicultura y manejo:** Durante 2013 se realizaron las siguientes labores culturales en el área de plantación: 1) Aprovechamiento de un monte de álamos y sauces. 2) Destocoado del área mediante retroexcavadora 3) Apertura de 3 zanjas de drenaje y limpieza de una zanja antigua. 4) Instalación de un estaquero productor de guías y barbados, a una distancia entre cepas de 1x1 m, utilizando para el control de malezas, una lámina de polietileno negro de 100 micrones de espesor. En otoño e invierno de 2014 se realizaron las siguientes tareas: 1) Selección en estaquero de 36 guías (T1) de cada clon y de 100 barbados (T1, R1). 2) Marcación de hoyos y apertura de los mismos (diámetro de 20 cm y una profundidad de 0,80 m) mediante tractor y hoyadora. 3) Poda de raíces en

las cepas, utilizando una pala de puntar. 4) Corte de guías seleccionadas en estaquero y poda del fuste de cada guía eliminando todas las ramitas laterales. 5) Plantación. Las guías se plantaron a una profundidad de 0,80 cm, rellenando el pozo con tierra rica en materia orgánica proveniente de la primera capa de suelo. 6) Extracción de barbados utilizando una retroexcavadora y 7) Poda del fuste de cada barbado eliminando ramitas laterales de cada planta.

**Variables de medición en árboles:** En 9 guías y en 9 barbados (se eliminaron las borduras) se midió el diámetro en cm a la altura del pecho (DAP) a 1,30 m de altura utilizando una cinta métrica común, y la altura total en metros (Ht), utilizando una vara de fibra de vidrio de 7 m de largo.

## Resultados y discusión

**Prendimiento de guías y barbados:** El prendimiento de todas las guías (T1) y barbados (T1, R1) de los 5 clones ensayados al quinto mes de plantación, fue de un 100%. Si bien en el clon Lezama, 7 guías (T1) del total (19%) se secaron desde el ápice hasta la base del fuste, una sola brotó desde la base hasta una altura de 1,78 m y las seis restantes brotaron solo a partir de yemas basales. Todos los barbados (de los 5 clones ensayados) prendieron en un 100% y brotaron a lo largo de toda la guía. El comportamiento del clon Lezama resultó similar (excelente enraizamiento de guías (T1) y menor brotación del fuste) al clon *Salix nigra* "Alonzo Nigra 4" plantado de guías en una parcela instalada en la EEA Delta del Paraná. Analizando la Tabla 1 se observa un menor valor promedio en DAP y Ht en las guías (T1) de cada clon. Esta diferencia se atribuye a que las guías se plantaron sin raíz y a mayor profundidad que los barbados (0,80 m), mientras que estos

últimos se extrajeron con raíz del estaquero y en la plantación se procuró mantener la misma profundidad original.

Un excelente enraizamiento y capacidad de brotación de toda la guía fue citado por Casaubón (2014) en *S. babylonica* x *S. alba* "Ragonese 131/25 INTA", *S. babylonica* x *S. alba* "Ragonese 131/27 INTA" y *S. matsudana* x *S. alba* "Barrett 13/44 INTA" plantado de guías (T1 y T2).

Asimismo, Casaubon *et al.* (2011) mencionaron buenas interacciones entre árboles y ganado vacuno en un ensayo silvopastoril instalado con barbados (T2, R1) de sauces: *S. babylonica* x *S. alba* "Ragonese 131/25 INTA", *S. babylonica* x *S. alba* "Ragonese 131/27 INTA", *S. matsudana* x *S. alba* "Barrett 13/44 INTA", *Salix nigra* "Alonzo Nigra 4", *Salix matsudana* x *Salix alba* "26992" y *Salix matsudana* x *Salix alba* "26993" en el Campo Experimental de la EEA Delta del Paraná.

**Tabla 1:** Descripción de las principales variables dasométricas promedio ( $\pm$  desvío estándar) obtenidas en guías sin raíz (T1) y de barbados (T1 R1) de sauces *S. matsudana* x *S. alba* "Agronales INTA-CIEF"; *S. matsudana* x *S. nigra* "Lezama INTA-CIEF"; *S. matsudana* x *S. alba* "Los Arroyos INTA-CIEF", y de otros dos en etapa avanzada de selección "94.08.43" y "98.11.01".

Clon	Variable	n	Guía sin raíz	Barbados
Agronales	Dap	36	2,09 $\pm$ 0,23	3,31 $\pm$ 0,35
	Ht	36	3,89 $\pm$ 0,39	5,61 $\pm$ 0,36
Los Arroyos	Dap	36	2,12 $\pm$ 0,34	3,04 $\pm$ 0,47
	Ht	36	4,41 $\pm$ 0,61	5,7 $\pm$ 0,73
Lezama	Dap	36	2,03 $\pm$ 0,96	3,66 $\pm$ 0,45
	Ht	36	4,11 $\pm$ 1,54	6,27 $\pm$ 0,44
94.08.43	Dap	36	2,02 $\pm$ 0,32	3,27 $\pm$ 0,42
	Ht	36	4,15 $\pm$ 0,54	5,72 $\pm$ 0,41
98.11.01	Dap	36	1,82 $\pm$ 0,63	2,87 $\pm$ 0,43
	Ht	36	3,61 $\pm$ 0,95	5,61 $\pm$ 0,61

## Conclusion

Sobre la base de estos resultados preliminares se concluye que guías (T1) y barbados (T1 R1) de los clones *S. matsudana* x *S. alba* “Agronales INTA-CIEF”; *S. matsudana* x *S. alba* “Los Arroyos INTA-CIEF”), “94.08.43” y “98.11.01”, y barbados

(T1 R1) de *S. matsudana* x *S. nigra* “Lezama INTA-CIEF”, poseen buena capacidad de enraizamiento y de brotación de toda la guía, motivo por el cual se aconseja su utilización para instalar un SSP.

## Bibliografía

- Anon. 2005. Trees and shrubs for fodder. [http://www.mtg.unimelb.edu.au/publications/des\\_ch5.pdf](http://www.mtg.unimelb.edu.au/publications/des_ch5.pdf). Date of access 22/11/2010.
- Bonfils, C., 1962. Los suelos del Delta del Río Paraná. Factores generadores, clasificación y uso. Revista de Investigación Agrícola. INTA. T. XVI, N°3. Buenos Aires. Argentina.
- Borodowski, E. 2011. Por una producción foresto-industrial dentro de un marco social, económico y ambiental sustentable. Actas. Jornada técnica sobre el sauce (No editada). Villa Paranacito, Entre Ríos. 30 de noviembre de 2011.
- Carvalho, M., Castro C., Yamaguchi, L., Alvim, M., Freitas, V. & X. Ferreira. 2003. Two methods for the establishment of a silvopastoral system in degraded pasture land. Livestock Research for Rural Development 15 (12). Retrieved January 1, 2000, from <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd15/12/carv1512.htm>.
- Casaubon, E. 1996. Manual de Manejo de Salicáceas en el Delta del Paraná. Parte 1. Multiplicación Vegetativa de Salicáceas. Centro Regional Entre Ríos. E.E.A. Delta del Paraná (INTA). 39 pp. Ilust. (Mimeo.)
- Casaubon E., 2010. Silvicultura para madera de calidad. Actas. Jornada técnica sobre el sauce. Pg. 94.
- Casaubon E.; Cueto G.; Madoz G. 2011. Comportamiento dasométrico e interacciones entre clones de sauces y ganado vacuno en un sistema silvopastoril del Delta del Río Paraná. 3er Congreso Internacional de Salicáceas. Neuquén.
- Casaubon E. 2014. Manejo silvicultural del sauce orientado a la producción de madera de calidad para usos sólidos en el delta del río Paraná. Cuarto Congreso Internacional de Salicáceas. La Plata. Argentina.
- Cerrillo T., 2010. El sauce. Potencial forestal y aptitud tecnológica de la madera. Actas. Jornada técnica sobre el sauce. Pg. 6.
- Cerrillo, T. 2014. Selección de seis nuevos clones de sauce (*Salix* spp) para el Delta del Paraná. IV Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina - Jornadas de Salicáceas / Cuarta Edición. La Plata, marzo de 2014.
- De Fina, A.; Ravelo, A. 1979. Climatología y Fenología Agrícolas. Editorial Universitaria de Buenos Aires. 3° Edición. 351 pp.
- McAdam, J. 2003. An evaluation of tree protection methods against Scottish Blackface sheep in an upland agroforestry system. Forest Ecology and Management. 45:119-125.
- Martinuzzi, F. 2010. Aspectos Tecnológicos de la madera del sauce. En: Actas de Jornada Técnica sobre el Sauce. EEA Delta del Paraná, INTA. ISSN 1514-3910, pp. 44-61. Julio 2010.
- Olsen A. & Charlton J. 2003. Practical tree fodder experience during drought. Proceedings of “Using trees on farms workshop” organized by the New Zealand Grassland Association and the New Zealand Farm Forestry Association.
- SAGPyA, 1999. Argentina. Oportunidades de Inversión en Bosques Cultivados. 208 pp.
- Sulaiman Z. 2006. Establishment and silvopastoral aspects of willows and poplar. Doctoral Thesis of Philosophy (PhD) in plant Science. Institute of Natural Resources. Massey University. Palmerston North, New Zealand.
- USDA. 1998. Establishment and cultural guidelines for using hybrid tree species in agroforestry plantings. Agroforestry notes-11. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. <http://www.unl.edu/nac/afnotes/spec-2/pdf>. Date of access 22 November 2010.
- Wangdi K. & Roder W. 2005. Willow (*Salix babylonica*) fodder tree for the temperate: An experience from BHUTAN. In <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/pasture/peshawarproceedings/willow.pdf>. Date of access 22 November 2010.

# Calidad forrajera de pasturas en un sistema silvopastoril del delta del Paraná

Casaubon, Edgardo<sup>1\*</sup>; Peri, Pablo<sup>2</sup>; Cornaglia Patricia<sup>3</sup>; González Adrian<sup>1</sup>

## Resumen

Los Sistemas Silvopastoriles (SSP) constituyen una alternativa productiva valiosa en el delta del Paraná. El objetivo del trabajo fue caracterizar la composición florística, la producción de biomasa en MS/ha, y el valor nutritivo del pastizal natural en un SSP. El estudio se realizó en un SSP de *Populus deltoides* de 2,5 ha de superficie, plantado de guías (T2) a 6x6 m, en un área endicada del Delta. Transcurridos 18 meses desde la plantación, ingresaron al sistema 18 vaquillonas de cría de raza Aberdeen Angus de 300 kg de peso, pastoreando 15 días. Se utilizó el índice de cobertura-abundancia (Braun-Blanquet), y se tomaron aleatoriamente 240 muestras de 0,25 m<sup>2</sup> del pastizal natural. Se calculó la riqueza numérica de especies, el índice de diversidad de Shannon-Wiener y el de Jaccard. Posteriormente se hicieron determinaciones de Materia Seca (MS), Proteína Bruta (PB%), Fibra Insoluble en Detergente Acido (FDA %) y Fibra Insoluble en Detergente Neutro (FDN%). Los resultados muestran que la riqueza promedio de especies y el índice de Shannon-Wiener disminuyeron su valor después del pastoreo, superándolo a los 12 y 18 meses posteriores al egreso del ganado; la producción de MS disminuyó por acción del pastoreo y la calidad forrajera aumentó con el egreso de los animales. Se concluyó que para acelerar el establecimiento del SSP, la carga animal debería ajustarse en función a la disponibilidad y calidad de las especies forrajeras presentes; que el disturbio provocado por el pastoreo de vacunos en las pasturas naturales espontáneas facilitó la aparición de especies valiosas para el ganado.

*Keywords: Populus deltoides, forraje, Sistema silvopastoril.*

## Forage quality of pastures in a silvopastoral systems of the Parana delta

## Abstract

Silvopastoral systems (SSP) is an increasing productive alternative in the Paraná river delta. The aim of this study was to characterize the floral composition, the production of biomass in DM/ha, and the nutritious value of the natural pasture before and after cattle grazing. The study was carried out in a 2.5 has SSP of *Populus deltoides*, planted with pole cutting of 6x6 m, in a protected area by a dock. Eighteen months after plantation Aberdeen Angus cattle of 300 kg of weight entered the SSP, and remained 15 days grazing the site. Samples (n=240) were taken randomly from the natural pasture using a 0.25 m<sup>2</sup> for dry matter (DM) production and nutritive value (crude protein, acid detergent fiber and neutral detergent fiber) and cover-abundance index (Braun-Blanquet). Also measurements were taken to calculate numerical richness of species, Shannon-Wiener diversity and the Jaccard index. The results showed that the mean richness of species and the Shannon-Wiener index decreased after grazing but increased later 12 and 18 months when cattle left the site. The DM production declined by grazing and the pasture quality increased when the animals left the site. In conclusion to accelerate the establishment of the SSP the animal stocking rate should be adjusted based on pasture availability and quality of the actual species. In addition, the disturbance that occurred on the spontaneous natural pastures by cattle grazing facilitated the installation of valuable fodder species.

*Keywords: Populus deltoides, fodder, Silvopastoral Systems.*

<sup>1</sup> EEA Delta (INTA); <sup>2</sup> EEA Santa Cruz (INTA)-UNPA-CONICET; <sup>3</sup> Fac. Agr. UBA \*casaubon.edgardo@inta.gob.ar

## Introducción

El ingreso del ganado a las forestaciones de salicáceas de las islas del delta es una técnica ancestral; inicialmente, el pastoreo bajo plantaciones forestales se utilizaba para reducir la vegetación herbácea espontánea, minimizando el riesgo de ocurrencia de incendios de pastizales y forestales. Los pastizales del Delta presentan una gran riqueza florística, constituyendo la principal fuente forrajera para los diferentes sistemas ganaderos de producción de carne (cría y ciclo completo) que se desarrollan en la región.

Las razas Aberdeen Angus y Hereford predominan en la zona; la carga animal varía entre 0,2 y 0,5 EV/ha, es muy heterogénea y está relacionada con la disponibilidad de forraje natural en el predio. La producción ganadera se estima entre 70 y 100 kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>. El objetivo del presente trabajo consistió en caracterizar la composición florística, la producción de biomasa en MS/ha, y el valor nutritivo del pastizal natural antes y después del ingreso del ganado al SSP.

## Materiales y métodos

**Características del área de estudio:** El delta del Paraná ocupa una superficie aproximada de 1.700.000 ha (Bonfils, 1962), es la región del país con mayor superficie de plantaciones de salicáceas (80.000 has); 14.000 de ellas corresponden al género *Populus spp.* y las restantes a *Salix spp.* El clima del Delta es templado húmedo, sin estación seca. La temperatura media anual oscila entre 16 y 17 °C. La media de verano entre 22 y 23° y la de invierno entre 10 y 11 °. El promedio de precipitaciones es de 1.020,9 mm anuales (Malvárez, 1997).

**Sitio de plantación:** El estudio se llevó a cabo en un SSP de *Populus deltoides* 'Australiano 106/60' de 2,5 ha de superficie, plantado con guías de 1, 2 y 3 años de edad distanciadas 6x6 m, en un área endicada de la EEA Delta del Paraná del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), en la 4° Sección de Islas del Bajo Delta Bonaerense, 34° 09' LS y 58° 51' LO. El ensayo se instaló en un terreno típico de "bañado endicado". El lote se sistematizó mediante la construcción de un dique perimetral de aproximadamente 4 metros de altura, canales de desagüe de 1 m de profundidad, 3 m de ancho y alrededor de 3000 m de largo, y la construcción de zanjas de drenaje de 350 m a 400 de largo, 1 m de ancho y 0,80 m de profundidad, distribuidas cada 50 m y casi paralelas unas con otras, para facilitar el escurrimiento superficial del agua de lluvia.

En la temporada estival se aplastó e incorporó al suelo (a una profundidad de 0,15 m) la vegetación natural espontánea presente en el lugar (compuesta básicamente por *Carex riparia*, *Cyperus sp.*, *Polygonum hydropiperoides*) utilizando una rastro de discos de tiro desencontrado. La disponibilidad de agua dentro del SSP se logra mediante la instalación de un sistema de bombeo que facilita el ingreso del agua en épocas de escasez y agua alta del río, y el egreso en épocas de excesos, por ejemplo después de abundantes precipitaciones. Este sistema facilita además el movimiento del agua dentro de los canales y zanjas de drenaje, evitando su estancamiento en el terreno. Cada lote del ensayo está compuesto por 6 parcelas de ¼ de hectárea cada una. En cada una de ellas se plantaron 64 guías sin raíz de *Populus deltoides* 'Australiano 106/60' de 1, 2 y 3 años de edad en forma aleatoria y balanceada, a una distancia de 6x6 m entre plantas.

**Composición relativa y diversidad del pastizal:** Previo al ingreso del ganado vacuno al SSP, y en tres oportunidades posteriores a su egreso (10 días; 12 meses y 18 meses), se hizo un inventario de la vegetación natural, a fin de describir la situación inicial y su posterior evolución. Se tomaron aleatoriamente en cada oportunidad 60 muestras de 0,25 m<sup>2</sup> de superficie (10 muestras por parcela), y se registraron datos de cobertura y abundancia utilizando el método de Braun-Blanquet (1979). Se calcularon las medidas de riqueza numérica de especies de cada muestreo (Krebs, 1989). El índice de diversidad de Shannon-Wiener, como una medida de dominancia-uniformidad (Krebs, 1989). De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (*riqueza de especies*), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (*abundancia*). Este índice mide la biodiversidad y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas varía entre 1 y 5. Con fines comparativos, se usó el índice de Jaccard (Krebs, 1989) basado en el grado de similitud entre las muestras por la presencia-ausencia de las especies.

**Ingreso del ganado al SSP:** Transcurridos 18 meses desde la instalación del ensayo ingresaron 18 vaquillonas de cría, de raza Aberdeen Angus, de aproximadamente 300 kg de peso al SSP. Los animales permanecieron 15 días pastoreando en el lugar. La carga animal instantánea utilizada fue de 12 animales por hectárea. Para complementar la información se registró en cada lote el grado de pastoreo de las diferentes especies presentes en las parcelas utilizando una escala relativa que va desde el "0" al "4".

**Características nutritivas de pasturas naturales:** Cada una de las 240 muestras de pastos muestreadas a campo, se cortaron al ras del suelo, se secaron en estufa a 60 °C hasta peso seco constante, y luego se pesaron en una balanza de precisión para estimar Materia Seca (MS). Posteriormente, se determinó su valor nutritivo; los análisis realizados fueron: Proteína Bruta (PB%), Fibra Insoluble en Detergente Ácido (FDA %) y Fibra Insoluble en Detergente Neutro (FDN%). Se estimó la digestibilidad en base a Ustarroz et al., 1997. Se obtuvieron estadísticas descriptivas como medidas de posición y error estándar para todas las variables citadas para caracterizar el pastizal natural.

## Resultados y discusión

**Composición relativa y diversidad del pastizal:** Comparando los censos antes y después del ingreso de los animales al ensayo SSP se observa un aumento en el porcentaje de *Gamochaeta*, *Rinchospora* y de suelo desnudo. La drástica reducción en los porcentajes de *Coniza* se debió al pisoteo del ganado más que a su consumo. Inmediatamente después del egreso de los animales de las parcelas, la “Riqueza promedio” de las especies que componen el pastizal y el “Índice de Shannon” disminuyeron su valor (Cuadro 1). Sin embargo, a los 12 meses del egreso, dichos valores se incrementaron superando a la Riqueza promedio previa al pastoreo. Los valores del “Índice de Jaccard” muestran a la inversa, una disminución gradual y paulatina, lo cual indica que las especies comunes entre el primer muestreo y los posteriores fueron disminuyendo en el tiempo.

Estos resultados coinciden además con la hipótesis de disturbio intermedio (HDI) que predice mayores niveles de diversidad a niveles intermedios de disturbio. El mecanismo básico de la HDI es que sin disturbios, una o pocas especies excluyen por competencia a las restantes, mientras que a altos niveles de disturbio, una o pocas especies tolerantes y colonizadoras pueden persistir. A niveles intermedios de disturbio, tanto las buenas competidoras como las especies que son tolerantes a los disturbios pueden encontrar sitios adecuados y coexistir, maximizando así la diversidad (Connell, 1978).

**Determinación de la biomasa y calidad forrajera del pastizal natural:** La producción media de materia seca (MS) del pastizal natural espontáneo en el primer muestreo (Cuadro 2) fue similar a la mencionada por Rossi *et al.*, (2005) y Casaubon *et al.*, (2005), luego disminuyó, en principio por la acción del pastoreo vacuno.

El pastizal natural analizado (Cuadro 4) presentó valores de contenido de MS (47%) que no difieren de los valores citados por González *et al.*, (2008) para la región del Delta ni con los

de una pastura de poaceas de la región pampeana destinada a la cría vacuna (González *et al.*, 2008). Los valores promedio obtenidos de FDA (38,98%) y de digestibilidad estimada (58,53%) deben considerarse adecuados para la región (González *et al.*, 2008).

El valor promedio de FDN (66,14%) es un indicador que se correlaciona inversamente con el consumo voluntario, pudiéndose estimar el consumo en base al FDN (González *et al.*, 2008). En función de esta fórmula, las dietas ricas en FDN constituyen un factor limitante del consumo de la MS, determinando que la regulación de la ingesta en los animales sea establecida por mecanismos de control físico. Considerando lo señalado por González *et al.* (2008), que el promedio de PB de la pastura fue de un 7,85% y que la digestibilidad promedio en los diferentes muestreos fue superior al 55% (Cuadro 4), se consideró que el forraje disponible en el presente ensayo fue de buena calidad para desarrollar cría vacuna sobre este pastizal natural.

Los valores de la calidad forrajera del pastizal natural aumentaron luego del egreso de los animales del SSP debido posiblemente a una mayor presencia de pastos tiernos y a la aparición de especies tales como *Deyeuxia viridiflavescens* (Pasto plateado), *Leersia hexandra* (Arrocillo), *Lolium multiflorum* (Rye grass) y *Amorpha fruticosa* (Sauce indio, Falso indigo), en las parcelas muestreadas.

**Efecto de la calidad y diversidad del pastizal sobre el daño de álamos plantados en SSP:** Se relevaron daños en las cortezas de las guías de 1, 2 y 3 años de edad a partir del décimo día de ocupación de las parcelas por los animales, esto podría atribuirse a la escasez de forraje, dada la composición botánica relevada en las parcelas con y sin guías dañadas. Las parcelas que no presentaron daño en la corteza de los árboles se caracterizaron por una mayor presencia especialmente de *Ca-rex sp.* y *Phalaris angusta*, mientras que las parcelas dañadas

**Cuadro 1:** Valores de riqueza promedio, Índice de Shannon e Índice de Jaccard antes del ingreso del ganado, inmediatamente después del egreso, un año más tarde y después de 18 meses de haber ingresado el ganado vacuno al ensayo silvopastoril.

Fecha del muestreo	Riqueza promedio de sp.	Índice de Shannon	Índice de Jaccard
Cuatro días previos al ingreso de los animales (11/01/2008)	8,33	0,937	---
Diez días posteriores al egreso de los animales (05/02/2008)	6,55	0,741	0,333
12 meses posteriores al egreso de los animales (05/01/2009)	9,16	1,29	0,250
18 meses posteriores al egreso de los animales (20/07/2009)	10,17	1,10	0,227

**Cuadro 2:** Rendimiento promedio ( $\pm$  error estándar) del pastizal natural espontáneo en diferentes muestreos para sistema silvopastoril con álamos en el delta del Río Paraná.

Fecha	11/01/2008	05/02/2008	05/01/2009	20/07/2009
Rendimiento (Kg de MS ha <sup>-1</sup> )	4402,67 $\pm$ 471,75	2403,73 $\pm$ 421,17	1523 $\pm$ 300,24	1580,13 $\pm$ 259,84

---

**Area 1: Producción agropecuaria y forestal en los sistemas silvopastoriles y agroforestales**


---

tenían una mayor presencia de *Coniza sp.*, *Polygonium sp.*, *Cyperus sp.*, y *Scirpus sp.*, (especies de escaso valor forrajero) y mayor porcentaje de suelo desnudo.

**Determinación de las especies de interés forrajero:** Si bien

todas las especies presentes en las parcelas antes del ingreso del ganado vacuno de cría fueron pastoreadas en mayor o menor grado, *Phalaris angusta* y *Carex riparia* fueron siempre muy pastoreadas.

**Cuadro 4.** Valores de MS, PB, FDA, FDN y digestibilidad estimada en el pastizal natural creciendo en un sistema silvopastoril con álamos en el Delta bonaerense del Río Paraná.

Fecha	MS (%)	FDA (%)	Digestibilidad Estimada (%)	FDN (%)	PB (%)
11/01/2008	51,2	40,65	57,23	68,52	6
05/02/2008	52,4	41,89	56,27	67,25	6,08
05/01/2009	51,6	39,45	58,17	66,78	7,76
20/07/2009	39,8	33,95	62,45	62,01	11,57
Promedio	47	38,98	58,53	66,14	7,85

## Conclusiones

Para acelerar el establecimiento de un SSP utilizando guías álamos, la carga animal debería ajustarse en función de la disponibilidad y calidad de las especies forrajeras presentes para garantizar la sustentabilidad del sistema.

El disturbio provocado por el pastoreo de ganado vacuno en las pasturas naturales espontáneas facilitó la instalación de especies valiosas desde el punto de vista forrajero.

## Bibliografía

- Bonfils C. 1962. Los suelos del Delta del Río Paraná. Factores generadores, clasificación y uso. Revista de Investigación Agrícola. INTA. T.XVI, N°3. Buenos Aires Argentina. PP
- Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Ediciones Blume, Madrid. 820 pp.
- Casaubon E., Gurini L., Cueto G., Arano A., Torrá E., Corvalán G., González A. & S. Ortiz. 2005. Evaluación del efecto de diferentes labores culturales en un sistema silvopastoril de álamo en el bajo delta bonaerense del Río Paraná. III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes.
- Casaubon E., Peri P., Cornaglia P., Cueto G., Rossi C. y González A. 2009. Establecimiento de sistemas silvopastoriles en el delta del río Paraná: Evaluación del daño animal. 1° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones. Ed. INTA.232-238.
- Connell J. 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. Science 199:1302-1310.
- González G., Rossi C., Pereyra A., De Magistris A., Lacarra H., Varela E.. 2008. Determinación de la calidad forrajera en un pastizal natural de la región del delta bonaerense argentino. Zootechnia Tropical, 26(3):223-225.
- Krebs, C. 1989. Ecological Methodology. Harper & Row. New York, E.E.U.U. 470 pp.
- Malvárez, I., 1997. Las comunidades vegetales del Delta del Río Paraná. Su relación con factores ambientales y patrones de paisaje. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. 167 pp.
- Rossi C., Torrá E., González G., Lacarra H., Pereyra A. 2005. Evaluación de las hojas de álamo y sauce como forraje en un sistema silvopastoril del Delta del Paraná. XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción animal, Tamaulipas, México.
- Ustarroz E. 1995. Calidad del heno y su influencia en la respuesta animal. Cuaderno de actualización técnica N°1. INTA PRO-PEFO. www.produccionanimal.com.ar.

# Dinámica de la Productividad Primaria Neta en sistemas silvopastoriles cultivados en el NE de Argentina

M.B. Rossner<sup>1</sup>; G. Kimmich; <sup>1</sup>R.P. Ecclesia<sup>2</sup>; V.A. Rossner<sup>1</sup>

## Resumen

La producción ganadera sobre pasturas en sistemas silvopastoriles (SSP) es una alternativa sustentable de producción en el NE de Argentina. Sin embargo existen vacíos de información para ajustar técnicas de manejo sustentable, ya que tanto la radiación como el pastoreo afectan la productividad de la pastura bajo el dosel. El objetivo fue estudiar el efecto conjunto de la radiación y el pastoreo asociados al manejo de los sistemas silvopastoriles sobre la Productividad Primaria Neta Aérea de la pastura y los componentes de la biomasa verde, muerto en pie y broza. El ensayo se realizó en Garruchos, NE de Corrientes, con diseño factorial de dos factores: radiación con dos niveles, 30 y 60% y pastoreo con dos niveles, con y sin pastoreo, con arreglo en bloques completos al azar y tres repeticiones. Se evaluó la PPNA de la pastura y la biomasa en sus componentes verde, muerto en pie y broza a través de cortes mensuales y bimensuales durante la estación de crecimiento entre Noviembre 2012 y Septiembre 2014. La interacción de la radiación y el pastoreo modificó la PPNA de la pastura, por lo que esta fue mayor en los tratamientos de mayor radiación y sin pastoreo, aunque la variación interanual modificó estos efectos. Esto se observó en mayor medida en las proporciones de los diferentes compartimentos de la PPNA, alterando las fracciones de biomasa verde y muerto en pie que fueron mayores en los tratamientos sin pastoreo y con alta radiación, aunque no así la broza que no presentó diferencias.

**Palabras clave:** *Brachiaria brizantha*, *Pinus taeda*, biomasa

## Net Primary Productivity dynamics in cultivated silvopastoral systems in NE Argentina

### Abstract

Cattle production in silvopastoral systems is a sustainable alternative in NE Argentina. Nevertheless there are information gaps related to sustainable management of both radiation and grazing, main factors related to understory pasture productivity. The aim was to evaluate the combined effect of radiation and grazing in silvopastoral systems under Aerial Net Primary Productivity and its components, green biomass, standing dead biomass and litter. The study was located in Garruchos, NE Corrientes province, and consisted in a factorial design with two factors: radiation (30 y 60% RFA) and grazing (with and without grazing), with a complete randomized block arrangement and tree replicates. Pasture PPNA and its components green biomass, standing dead and litter were evaluated by monthly and bimonthly cuts during growth period from November 2012 until September 2014. Radiation and grazing interaction was detected, and it modified PPNA which was greater in high radiation and no grazing treatments, even though inter annual changes were also observed. The interaction effect was greater in biomass components, were green biomass and standing dead materials were greater in no grazing and high radiation treatments. Litter content didn't vary with treatments.

**Key words:** *Brachiaria brizantha*, *Pinus taeda*, biomass

<sup>1</sup> INTA EEA Cerro Azul, Misiones <sup>2</sup> INTA EEA Paraná, Entre Ríos INTA Cerro Azul, Ruta Nacional 14. Km. 1085 (3313), Cerro Azul Misiones. rossner.maria@inta.gob.ar

## Introducción

En el NE de Argentina la producción ganadera sobre pasturas en sistemas silvopastoriles (SSP) surge como una alternativa sustentable de producción, estos sistemas se encuentran consolidados en toda la región (Rossner et al., 2008; Fassola et al., 2009; Lacorte & Esquivel, 2009). Muchas especies forrajeras adaptadas a los SSP demostraron un gran potencial de producción para obtener excelentes rendimientos y calidad en la alimentación de animales, con retornos económicos aceptables (Pavetti et al., 1999). Sin embargo aún existen vacíos de información para ajustar técnicas de manejo sustentable en estos sistemas. Si bien el manejo de la luz en función de una mayor productividad de la pastura ha sido evaluado y ajustado (Percival & Knowles, 1986; Alegranza et al., 1997; Benvenuti et al., 2000; Fassola et al., 2002), hasta el momento en la región de referencia no se consideró su interacción con la presión de pastoreo, la cual determina la persistencia de la pastura y el sistema completo y que por lo tanto condiciona su sustentabilidad.

En los sistemas silvopastoriles las interacciones generadas por los distintos componentes modifican las características del suelo, los balances hídricos y de nutrientes y la disponibilidad de radiación fotosintéticamente activa (RFA) para el

crecimiento de las especies forrajeras herbáceas (Pezo & Ibrahim, 1999; Fassola et al., 2005).

Tanto la disminución de la radiación como el pastoreo afectan las características morfológicas, estructurales y el crecimiento de las forrajeras, modificando la asignación de recursos entre órganos aéreos y subterráneos y la productividad de la pastura (Pezo e Ibrahim, 1999). Si bien ha sido ampliamente estudiada la incidencia de los cambios funcionales y estructurales generados por la radiación (Wong et al., 1985; Samarakoon et al., 1999; Pachas, 2010) y el pastoreo (Olson & Richards, 1988; Lemaire, 2001; D'Angelo et al., 2005) en la productividad de las pasturas, no ha sido evaluada la combinación entre ambos y el sentido de los cambios en la productividad de la pastura y en la partición de esa productividad. El pastoreo intenso puede producir además efectos de compactación superficial del suelo, pudiendo afectar la exploración y el crecimiento radicular, afectando la productividad subterránea y la dinámica del agua, entre otros. El presente trabajo evalúa el efecto conjunto de la radiación y el pastoreo asociados al manejo de los sistemas silvopastoriles, sobre la productividad primaria neta aérea de la pastura y sus componentes verde, muerto en pie y broza.

## Materiales y Métodos

El ensayo se llevó a cabo en el Establecimiento "El Timbó", en la localidad de Garruchos, Corrientes (28°17'57.22" S y 55°51'09.91" O) ubicado sobre lomas del distrito de los Campos del Norte de los pastizales del Río de La Plata (Ligier et al., 1988; Soriano et al., 1992). Los sitios silvopastoriles resultan de la combinación de *Pinus taeda* y *Brachiaria brizantha*. Se utilizó un diseño factorial de dos factores: radiación con 30 y 60 % de RFA y pastoreo (con y sin pastoreo). El arreglo fue en bloques completos al azar, con tres repeticiones, es decir que cada sitio constituyó un bloque con todos los tratamientos. Los niveles de radiación se identificaron a través de la medición de RFA con ceptómetro de barra (Cavadevices). El factor pastoreo se evaluó con parcelas de pastoreo y exclusión del mismo con clausuras. Las parcelas de pastoreo mantuvieron una carga de 300kg PV ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y en cada una se instalaron clausuras móviles para medir el crecimiento de

la pastura.

En cada parcela se tomaron cinco muestras de biomasa total a través de cortes de marcos de 25x25cm a ras del suelo, las cuales se secaron en estufa hasta peso constante y se clasificaron en sus componentes verde y muerto en pie. Se tomaron además cinco muestras de broza acumulada para cada período entre cortes con mallas de 25x25cm que se colocaron en el espacio entre las matas de la pastura. En cada muestra de broza se separó el material derivado de la pastura y del árbol (acículas, restos de ramas, corteza) y se cuantificó por separado. Las muestras se tomaron cada 30 días durante el período de crecimiento de Noviembre 2012 a Abril 2013 y cada 60 días durante el receso invernal y segundo período de crecimiento de Mayo 2013 a Septiembre 2014. Los resultados fueron analizados mediante Análisis de Varianza y prueba de comparación de medias por el método de Tukey ( $p \leq 0,01$ ).

## Resultados y Discusión

La PPNA de la pastura presentó una marcada variación interanual. Al analizar cada ciclo de crecimiento por separado, durante el primer ciclo el factor predominante en la PPNA fue el pastoreo, ya que para ambos niveles de radiación, la exclusión del pastoreo tuvo una PPNA significativamente mayor (9842 y 12506 Kg ha<sup>-1</sup> respectivamente,  $p \leq 0,01$ ). Esto indicaría que a nivel de productividad, el pastoreo fue el factor que marcó la diferencia, lo que coincide con Lemaire, 2001 y D'Angelo et al., 2005.

Sin embargo, en el segundo ciclo de crecimiento, la interacción entre ambos factores fue significativa ( $p \leq 0,01$ ), donde la mayor productividad se observó con mayor radiación y sin pastoreo.

Viendo el efecto conjunto en ambos ciclos de crecimiento, los valores de PPNA en pastoreo no presentan diferencias entre niveles de radiación, lo que sugiere que entre ambos factores, predomina el del pastoreo en cuanto a la PPNA de la pastura, contrario a lo observado por Pezo e Ibrahim, 1999;



Tabla 1. Productividad Primaria Neta Aérea de *Brachiaria brizantha* en SSP con distintos niveles de iluminación y pastoreo en el NE de Corrientes, Argentina. Periodo comprendido entre Noviembre 2012 y Septiembre 2014.

PPNA kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>		Período 2012-2013	Período 2013-2014
60% RFA	Sin pastoreo	18.109.13 ± 1601.97 A	10.324.67 ± 506.11 A
	Con pastoreo	8.267.83 ± 1601.97 B	3.561.13 ± 506.11 C
30% RFA	Sin pastoreo	20.661.87 ± 1601.97 A	5.906.87 ± 506.11 B
	Con pastoreo	8.155.67 ± 1601.97 B	3.177.00 ± 506.11 C

Letras distintas indican diferencias significativas entre filas en la misma columna ( $p \leq 0.01$ )

Samarakoon et al., 1999; Rossner, 2008; Pachas, 2010. Esto podría explicarse por la diferencia de este estudio al analizar ambos factores actuando en conjunto y en sistemas sometidos al pastoreo y no a cortes que simulen el mismo, ya que los animales no solo defolían las pasturas sino que además producen cambios en la dinámica del agua y los nutrientes en sistemas en pastoreo (Lacorte, et al., 2003)

La pastura de *Brachiaria brizantha* bajo SSP presentó los mayores valores de PPNA durante los meses de verano (Diciembre a Marzo), siendo nula en los meses de invierno, lo esperable para una forrajera megatérmica (Gráfico 1). La radiación, asociada a una mayor densidad de árboles, afectó la curva de crecimiento atenuando los picos de crecimiento y aumentando la duración de la etapa de crecimiento de la pastura, lo que coincide con otros estudios (Dias-Filho, 2000; Benvenuti et al., 2000; Fassola et al., 2009; Pachas, 2010). A pesar de esto, la productividad anual fue menor con menor radiación en los tratamientos sin pastoreo ( $p \leq 0.01$ ). El pastoreo en cambio disminuye los valores netos de productividad sin afectar signifi-

cativamente su distribución estacional.

Si a esto le agregamos la PPNA de los árboles (datos no mostrados), el efecto de la menor radiación asociada a una mayor densidad de árboles es aún menor, por lo que la herramienta que estaría regulando la productividad de la pastura en mayor medida sería el pastoreo.

La biomasa media anual no presentó el mismo comportamiento para sus diferentes componentes verde, muerto en pie y broza o mantillo (Gráfico 2). Tanto el material verde como el muerto en pie fueron afectados conjuntamente por la radiación y el pastoreo. La biomasa verde fue significativamente mayor ( $p \leq 0.01$ ) en el mayor nivel de radiación sin pastoreo, seguida de la menor radiación sin pastoreo y luego ambos tratamientos de pastoreo. Esto sugiere que el pastoreo afectó significativamente la proporción de biomasa verde en ambos niveles de radiación, aunque este efecto fue mayor con menos radiación incidente. La componente broza no fue sensible al pastoreo ni a la radiación.

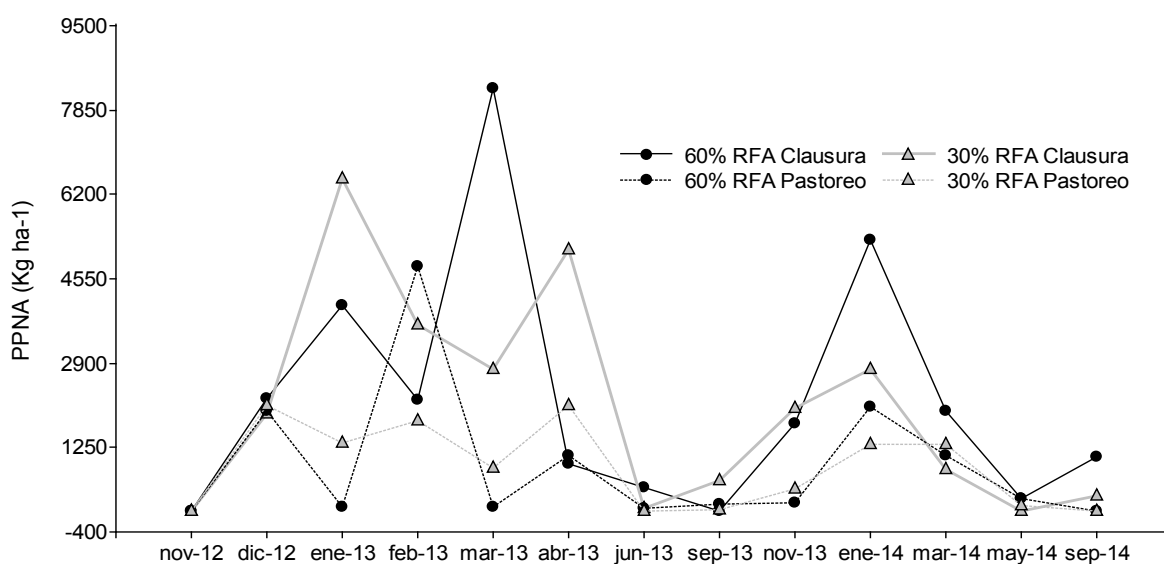


Gráfico 1. Productividad Primaria Neta Aérea de *Brachiaria brizantha* en sistema Silvopastoril desde Noviembre 2012 a Septiembre 2013 en el NE de Corrientes, Argentina.

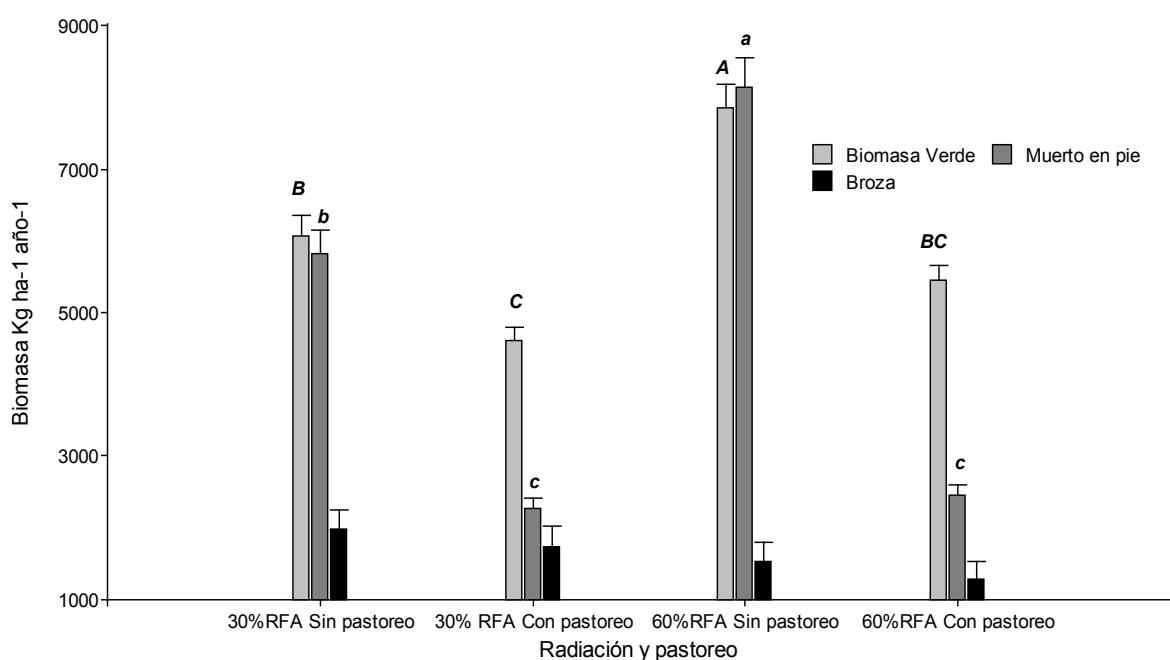


Gráfico 2: Biomasa promedio anual de *Brachiaria brizantha* en sistema Silvopastoril con diferente radiación (RFA) y pastoreo para dos ciclos de crecimiento (2012-2014). Letras mayúsculas diferentes entre columnas indican diferencias significativas en biomasa verde y letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas en biomasa muerta en pie ( $p \leq 0.01$ ).

## Conclusiones

El efecto conjunto de la radiación y el pastoreo modificó la PPNA de la pastura, siendo esta mayor en los tratamientos de mayor radiación y sin pastoreo, aunque la variación interanual modificó estos efectos.

El efecto conjunto del pastoreo y la radiación se observó

en mayor medida en las proporciones de los diferentes compartimentos de la PPNA, alterando las fracciones de biomasa verde y muerto en pie para las distintas fechas evaluadas, sin embargo no modificó sustancialmente la biomasa de broza.

## Agradecimientos

Al Ing. Agr. Marcelo Gembarowsky del establecimiento El Timbó por su valiosa colaboración y becarios, pasantes y colaboradores. Este trabajo fue financiado con fondos de los proyectos PIA12029 “Estrategias para maximizar la captura de carbono en el suelo y la productividad en sistemas silvopastoriles del sur de Misiones y noreste de Corrientes”, Proyectos INTA MSNES 1242101 “Proyecto Regional con Enfoque Territorial en el Área Sur de la Provincia de Misiones” y PNFOR1104075 “Tecnologías y capacidades para el manejo de sistemas silvopastoriles y agroforestales en bosques implantados”.

## Bibliografía

- Alegranza, D; Torres, E; Reboratti, HB & Fasola, HE. 1997. Efecto de la densidad de *Pinus caribaea* var *caribaea* sobre la oferta forrajera. Informe técnico n° 18. EEA Montecarlo.: 11p.
- Benvenuti, M; Pavetti, D; Correa, M & Pèrego, J. 2000. Evaluación de especies forrajeras gramíneas en distintos niveles de iluminación bajo monte forestal de pino para uso en sistemas foresto-ganaderos. Inf. Téc. N° 70. INTA EEA Cerro Azul: pp. 18
- D'Angelo, GH; Postulka, EB & Ferrari, L. 2005. Infrequent and intense defoliation benefits dry-matter accumulation and persistence of clipped *Arrhenatherum elatius*. Grass and Forage Science 60: 17-24.
- Dias-Filho, M. 2000. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. Pesquisa Agropecuária Brasileira 35: 2335-2341.
- Fassola, H; Lacorte, S; Pachas, A; Goldfarb, C; Esquivel, J, et al. 2009. Los sistemas silvopastoriles en la región subtropical del NE argentino. XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, Argentina, 18-23 Octubre 2009.
- Fassola, H; Lacorte, S; Pachas, A & Puzzuti, R. 2005a. Factores que influncian la producción de biomasa forrajera de *Axonopus jesuiticus* Valls, bajo dosel arbóreo de *Pinus taeda* L. en el Nordeste de Corrientes. RIA 34: 21-38.
- Fassola, HE; Ferrere, P; Lacorte, SM & Rodriguez, AF. 2002. Predicción de la producción de un pastizal bajo distintas estructuras de canopia de *Pinus taeda* L. en el Noreste de Corrientes, Argentina. RIA 21: 73-96.
- Lacorte, S.; Fassola, H.; Domecq, C.; San José, M.; Hennig, E.; Correa E.; Ferrere P.; Moscovich F. 2003. Efecto del pastoreo en el crecimiento de *Grevillea robusta* A. Cunn. y la dinámica del pastizal en Misiones, Argentina. Revista de investigaciones agropecuarias. 32 (2): p. 79-96.
- Lacorte, S & Esquivel, J. 2009. Sistemas silvopastoriles en la Mesopotamia Argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. Actas del 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. P. Peri (Ed) Ediciones INTA: 70-82.
- Lemaire, G. 2001. Ecophysiology of grasslands: dynamics aspects of forage plant populations in grazed swards. Proceedings of the International XIX Grassland Congress, Brazil: 29- 37.
- Ligier, HD; Matteio, HR; Polo, HL & Rosso, JR. 1988. Mapa de suelos de la provincia de Misiones In: INTA (Ed.), Atlas de suelos de la República Argentina, Buenos Aires, 107-154 pp.
- Olson, BE & Richards, JH. 1988. Tussock regrowth after grazing: intercalary meristem and axillary bud activity of *Agropyron desertorum*. Oikos 51: 374-382.
- Pachas, NA. 2010. *Axonopus catarinensis* y *Arachis pintoi* alternativas forrajeras en sistemas silvopastoriles de la provincia de Misiones, Argentina. Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires, Área Recursos Naturales, Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano. Buenos Aires, Argentina, 142 pp.
- Pavetti, DR; Benvenuti, MA; Peruchena, CO; Günther, DF; Correa, M, et al. 1999. Implementación de alternativas de producción intensiva de carne bajo sistemas ganaderos y foresto-ganaderos. INTA EEA Cerro Azul. Informe técnico de avance N° 4: 18 p.
- Percival, NS & Knowles, RL. 1986. Relationship between Radiata pine and understory pasture production. Agroforestry Symposium Proceedings. Forest Research Institute: 152-160.
- Pezo, D & Ibrahim, M. 1999. Sistemas silvopastoriles. Colección modelo de enseñanza agroforestal, 2° edición, CATIE, Turrialba, Costa Rica pp.
- Rossner, M; Houriet, J & Pavetti, D. 2008. Descripción de pasturas evaluadas en sistemas silvopastoriles del centro sur de la Provincia de Misiones. INTA EEA Cerro Azul, Miscelánea N°60: 17 p.
- Samarakoon, S; Wilson, J & Shelton, H. 1999. Growth, morphology and nutritive quality of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. Journal of Agricultural Science 114: 161-169.
- Soriano, A; León, RJC; Sala, OE; Lavado, RS; Deregibus, VA, et al. 1992. Río de la Plata grasslands. In: Coupland, RT (Ed.), Ecosystems of the world 8A. Natural grasslands. Introduction and western hemisphere. Elsevier, New York, pp. 367-407 pp.
- Wong, CC; Rahim, H & Mohd. Sharudin, MA. 1985. Shade tolerance potential of some tropical forages for integration with plantations: 1. Grasses. MARDI Research Bulletin 13: 225-247.

# Cinética ruminal de *Panicum maximum* L. cv. Tanzania en un sistema silvopastoril en Chiapas, México.

<sup>1</sup>E. Pérez, Luna; J. Ku Vera; G. Jiménez Ferrer; Y. Pérez Luna y H. León Velasco

## Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo conocer el efecto de la *Leucaena leucocephala* sobre la degradación ruminal de la MS de *P. maximum* L. cv Tanzania en diferentes etapas fenológicas, que permita mejorar su valor nutricional. El experimento se realizó en el Centro Agropecuario de Capacitación y Desarrollo Sustentable, ubicado en el municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, México. Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2×4, donde el factor A fue el sitio experimental (monocultivo y silvopastoril) y el factor B, la edad del pasto (28, 56, 84 y 112 días de rebrote). Para conocer las constantes de degradación ruminal de la MS se empleó la técnica *in situ* propuesta por Orskov *et al.* (1980). Se utilizaron cuatro vaquillas (350 ± 5 kg PV) provistas de cánulas ruminales. Los resultados obtenidos para los parámetros de degradación *in situ* de la MS de *P. maximum* cv. Tanzania en las edades de corte evaluadas en ambos sistemas, mostraron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) particularmente en las constantes de degradación potencial, máxima y efectiva (77, 74.8, 62, 64% para monocultivo y 79, 75.3, 72 y 64% para el sistema silvopastoril, respectivamente). No obstante, este efecto no se observó para la degradación inicial y tampoco para la tasa de degradación. Los resultados obtenidos, demuestran el efecto positivo que provoca la presencia de la especie arbustiva asociada a la gramínea; dado que se obtuvo un mayor aporte de nutrientes, particularmente, de proteína y materia orgánica en el sistema silvopastoril, lo que evidencia el aprovechamiento del nitrógeno por parte del forraje en sus diferentes etapas de rebrote, el cual es fijado por la leguminosa y que seguramente, este efecto, influyó en una mayor degradación ruminal de la MS de la gramínea y por ende, su valor nutritivo.

**Palabras clave:** cinética, sistema, silvopastoril, monocultivo y rebrote.

## Ruminal kinetics of *Panicum maximum* L. cv. Tanzania in a silvopastoral system in Chiapas, Mexico.

## Abstract

The aim of this study was to determine the effect of *Leucaena leucocephala* on ruminal DM degradation of *P. maximum* L. cv Tanzania in different phenological stages, to improve their nutritive value. The experiment was conducted at the Agricultural Training Centre and Sustainable Development, located in the municipality of Chiapa de Corzo, Chiapas, Mexico. A design was completely randomized in a factorial arrangement of 2×4, where factor A was the experimental site (monoculture and silvopastoral) and the B factor, pasture age (28, 56, 84 and 112 days regrowth). For constants MS rumen *in situ* technique proposed by Orskov *et al.* (1980) was used. Four heifers (350 ± 5 kg BW) fitted with ruminal cannulas were used. The results obtained for the parameters of degradation *in situ* DM *P. maximum* cv. Tanzania cutting ages tested on both systems showed statistically significant differences ( $P < 0.05$ ), particularly in the constant potential, maximum and effective (77, 74.8, 62, 64% for monoculture and 79, 75.3, 72 and 64 degradation % for the silvopastoral system, respectively). However, this effect was not observed for the initial degradation and also to degradation rate. The results obtained demonstrate the positive effect caused by the presence of shrub species associated with the grass; since a greater intake of nutrients was obtained, particularly protein and organic matter in the silvopastoral system, which demonstrates the use of nitrogen by forage at different stages of regrowth, which is fixed by the legume and surely this effect, influenced a greater ruminal degradation of DM of grass and hence their nutritional value.

**Keywords:** kinetics, system, silvopastoral, monoculture and regrowth

<sup>1</sup> Cuerpo Académico Desarrollo Agropecuario Sustentable. Facultad de Ciencias Agronómicas. UNACH. Carretera Ocozocoautla-Villaflores km. 84.5. esau\_0115@hotmail.com

## Introducción

En los países de climas tropicales y subtropicales, las variaciones estacionales determinan, en gran medida, el volumen y calidad de biomasa disponible en los pastos y forrajes. Esto constituye una limitante para la mayoría de los sistemas de producción ganadera, principalmente durante la época de estiaje, lo que origina severas deficiencias nutricionales en los animales.

En muchas regiones tropicales, las gramíneas erectas son por lo general reconocidas por producir y acumular cantidades importantes de biomasa, lo que permite estrategias semi-intensivas de alimentación en condiciones de pastoreo. Asimismo, se sabe que el estado fisiológico de las gramíneas determina su valor nutritivo y generalmente son dependientes de insumos que mejoren la fertilidad del suelo (Ayala et al., 2000).

En este contexto, en América Latina se ha promovido ampliamente en los últimos años los sistemas silvopastoriles, los cuales incorporan el uso de follaje de árboles y arbustos forrajeros para mejorar la calidad y cantidad de forraje en los sistemas ganaderos (Palmer 2014). Al igual que muchos

árboles forrajeros de Mesoamérica, *L. leucocephala*, es un recurso vegetal nativo de Chiapas, México y que es usado intensivamente en muchas regiones tropicales de América Latina (Murgeitio, 2011). Esta leguminosa es una fuente barata de proteína para la alimentación animal, su potencial forrajero está en función de su alto contenido de nitrógeno y tiene una alta producción de biomasa. Además de tener múltiples usos y ofrecer servicios ambientales (Ibrahim, 2006).

En este contexto, se conoce que la interacción de arbóreas y gramíneas puede mejorar la calidad de la dieta basal de los animales, además de brindar servicios adicionales al sistema de producción. Es necesario evidenciar las ventajas que tiene el uso de este follaje sobre la cinética de la degradación de gramíneas y evaluar el potencial para mejorar las dietas basadas en gramíneas tropicales. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la *L. leucocephala* sobre la degradación ruminal de la MS de *P. maximum* cv. Tanzania en diferentes etapas fenológicas en condiciones de un sistema silvopastoril.

## Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en el Centro Agropecuario de Capacitación y Desarrollo Sustentable, ubicado en el municipio de Chiapas de Corzo, Chiapas, México. Se localiza a 16° 42' de latitud Norte y 93° 01' longitud Oeste. El clima predominante es cálido sub-húmedo con lluvias en verano, con una precipitación media anual de 903.8 mm. La temperatura media anual de 26.3 °C y una altitud de 420 m (INEGI, 2004).

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con un arreglo factorial 2×4; donde el factor A, fue el sitio experimental (monocultivo y silvopastoril) y el factor B, la edad del pasto (28, 56, 84 y 112 días de rebrote). Se utilizó la técnica del uso de la bolsa de nylon como procedimiento *in situ* para estimar la degradación ruminal de la MS (Orskov et al., 1980). La estimación de las constantes de degradación ruminal de la MS de *P. maximum* se obtuvo a través de la ecuación exponencial descrita por Orskov y McDonald (1980) [ $P = a + b(1 - \exp^{-ct})$ ]. Se utilizaron cuatro vacas adultas encastadas de *Bos indicus* X *Bos Taurus*; con un peso vivo promedio de 310 ± 5 kg. Se utilizaron bolsas de nylon de 23 x 10.5 cm y 50 µm de abertura de poro. Cada bolsa fue marcada y pesada individualmente, a la cual se le incluyó 7 g de muestra previamente molida con un tamaño de partícula de 3 mm. Fueron introducidas al rumen de cada vaca 48 bolsas de nylon dentro de una bolsa de corsetería de 20 x 50 cm; los tiempos de incubación

de la muestra fueron de 0, 12, 24, 36, 48, 72 y 96 h, respectivamente; al término de cada periodo de incubación, las bolsas fueron retiradas del rumen e introducidas a un recipiente con agua y hielo, con el propósito de frenar la actividad bacteriana, posteriormente fueron lavadas con agua de la llave, se dejaron escurrir y se introdujeron a una estufa de secado a una temperatura de 60°C durante 48 h. Se establecieron dos parcelas con *P. maximum*, una de ellas se asoció con *L. leucocephala* en un arreglo de pastura en callejones. El pasto se cosechó en cuatro intervalos de 28 días de rebrote. En cada una de las parcelas se establecieron 12 jaulas de exclusión de 1 m<sup>3</sup>, las cuales fueron distribuidas al azar. La incubación del material cosechado de las jaulas de exclusión, se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, en el módulo metabólico de Nutrición de Rumiantes, ubicada en la carretera Mérida-Xmatkuil, km 15.5. Localizada a los 21° 32' de latitud norte y 90°25' de longitud Oeste (INEGI, 2004).

Las variables de interés evaluadas fueron los parámetros de degradación ruminal (potencial, máxima y efectiva) de la MS de *P. maximum* cv. Tanzania en monocultivo vs silvopastoril en diferentes edades de rebrote.

Los datos fueron analizados a través de la instrucción PROC ANOVA del paquete estadístico SAS (1985).

## Resultados

Al realizar el análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey (P<0.05) para las constantes de degradación *in situ* de la MS de *P. maximum* cv. Tanzania en las diferentes edades de rebrote para ambos sistemas (monocultivo y sil-

vopastoril), se observó que existieron diferencias estadísticas significativas (P<0.05) entre sistemas y edades, para las constantes de degradación potencial, máxima y efectiva; no obstante, este efecto no fue observado para la degradación inicial

## Area 1: Producción agropecuaria y forestal en los sistemas silvopastoriles y agroforestales

Cuadro 1. Constantes de degradación *in situ* de la MS de *P. maximum* cv. Tanzania en diferentes edades de rebrote.

Tratamiento	Monocultivo					Silvopastoreo				
	Degradación ruminal (%)					Degradación ruminal (%)				
	a	a+b	b	c	(P) K=0.04	a	a+b	B	c	(P) K=0.04
T1	15.5 <sup>a</sup>	83.3 <sup>ab</sup>	67.7 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	42.05 <sup>abc</sup>	16.7 <sup>a</sup>	87.9 <sup>a</sup>	71.05 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	44.42 <sup>a</sup>
T2	16.6 <sup>a</sup>	77.3 <sup>abc</sup>	60.7 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	44.51 <sup>a</sup>	20.2 <sup>a</sup>	86.9 <sup>a</sup>	66.7 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	43.24 <sup>ab</sup>
T3	14.9 <sup>a</sup>	77.6 <sup>abc</sup>	62.7 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	42.5 <sup>abc</sup>	21.4 <sup>a</sup>	61.5 <sup>c</sup>	40.2 <sup>b</sup>	0.03 <sup>a</sup>	37.81 <sup>bcd</sup>
T4	17.5 <sup>a</sup>	74.1 <sup>abc</sup>	56.5 <sup>ab</sup>	0.02 <sup>a</sup>	36.70 <sup>dc</sup>	13.8 <sup>a</sup>	69.4 <sup>bc</sup>	55.6 <sup>ab</sup>	0.03 <sup>a</sup>	35.3 <sup>d</sup>

Medias con distintas letras en la misma columna difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ ): a= degradación inicial (%), b = degradación máxima (%), c= tasa de degradación (%h<sup>-1</sup>), a+b = degradación potencial (%), de (P) y K= degradación efectiva (%).

y tampoco para la tasa de degradación (c) (Cuadro 1).

El análisis comparativo entre ambos sistemas mostraron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ), encontrando los mejores resultados de degradación potencial en los tratamientos del sistema silvopastoril (T1=87.9 y T2= 86.9 %, respectivamente), en comparación al monocultivo (T1= 83.3 y T2=77.3 %, respectivamente). Este efecto, probablemente fue causado por la fijación biológica del nitrógeno atmosférico a través de la leguminosa; por medio de las bacterias *Rhizobium leguminosarum*; lo que se traduce en un incremento en el contenido de proteína cruda del pasto (13%) y por ende, una mayor producción y valor nutritivo de la gramínea.

La Figura 1 muestra las curvas de degradación ruminal de MS de *P. maximum* cv. Tanzania, los resultados muestran que existieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) entre los sistemas. La mayor degradación ruminal de la MS de *P. maximum* se presentó a las 96 h de permanencia en el rumen, siendo mayor el porcentaje de degradación ruminal de la MS en el sistema silvopastoril (78.9 %), en comparación con el forraje establecido en monocultivo (76.9 %).

No obstante, este comportamiento no se mantuvo cuando la gramínea presentaba una edad de 56 días, aun cuando no existieron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ), se observó un ligero incremento en la degradación ruminal de la MS en el sistema silvopastoril a las 96 h de incubación (Figura 2).

Sin embargo, cuando la gramínea prestaba una edad de rebrote de 84 días, existió una mayor degradación ruminal de la MS ( $P < 0.05$ ) en el sistema silvopastoril (72.6 %) a las 96 h de incubación (Figura 3), en comparación a los resultados obtenidos en monocultivo (62.0 %).

En la Figura 4 se presenta la degradación ruminal de la MS de *P. maximum* a una edad rebrote de 112 días, donde se puede observar que a las 96 h de incubación, el pasto no mostró diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ) en los dos sistemas evaluados; el porcentaje de desaparición de la MS en el rumen de los animales, disminuyó a medida que el pasto tuvo una mayor edad; respuesta debida al incremento de los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina), la cual se acentúa con la madurez del pasto.

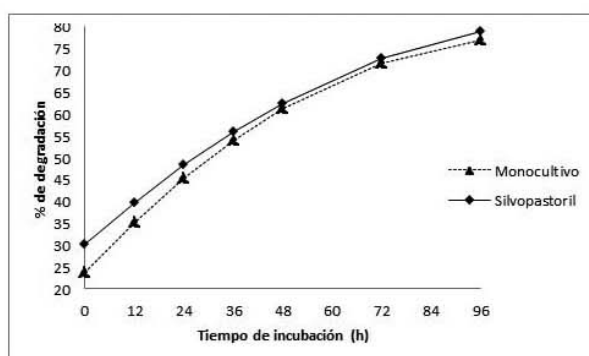


Figura 1. Degradación ruminal de la MS de *P. maximum* L. cv. Tanzania a los 28 días de rebrote

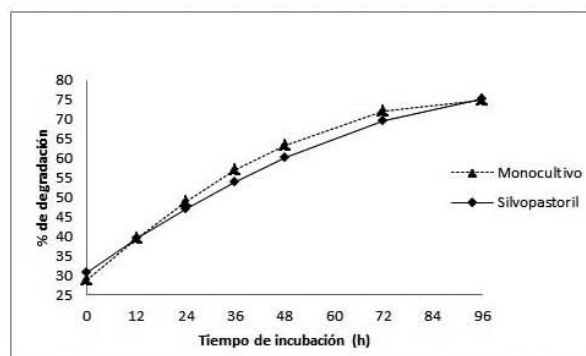


Figura 2. Degradación ruminal de la MS de *P. maximum* L. cv. Tanzania a los 56 días de rebrote

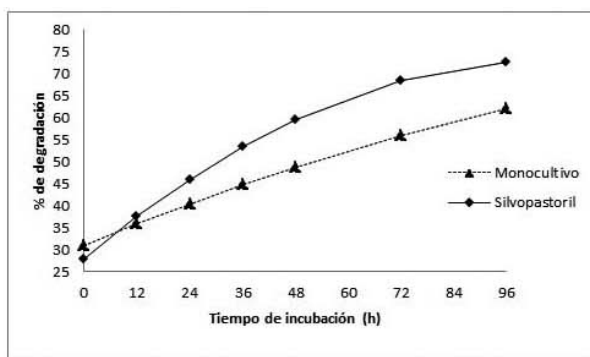


Figura 3. Degradación ruminal de la MS de *P. maximum* L. cv. Tanzania a los 86 días de rebrote

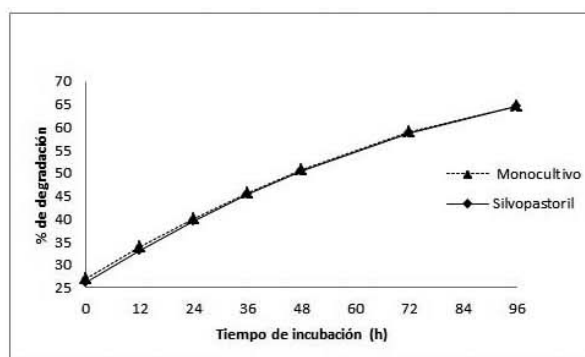


Figura 4. Degradación ruminal de la MS de *P. maximum* L. cv. Tanzania a los 112 días de rebrote

## Discusión

Ku et al. (1999) y Ramírez et al. (2001) al evaluar árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano, particularmente estudios para conocer el valor nutricional y la degradación ruminal de la MS del zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*) y nueve zacates nativos del norte del estado de México, encontraron una menor degradación ruminal de la MS en gramíneas tropicales de mediana a baja calidad, este efecto se atribuye a los altos contenidos celulosa y hemicelulosa en las paredes celulares de la planta.

Al respecto, Kamande (2006) señala que la ingesta de las diferentes especies de gramíneas y leguminosas, así como su estado vegetativo, condicionan la degradación ruminal de MS, el consumo voluntario de la MS y su tasa de pasaje ruminal. La degradación ruminal (Cuadro 1) de la gramínea, fue similar a lo observado por Pulido y Leavep (2000); al respecto, Verdecia et al. (2008) señalan que al estudiar el rendimiento y componentes del valor nutritivo de *P. maximum* cv. Tanzania, la digestibilidad aparente de la MS disminuye cuando el pasto se encuentra a mayor edad, como consecuencia de un incremento de los carbohidratos estructurales. Los resultados de la presente investigación son similares a los encontrados por Mahecha et al. (1998), estos autores concluyen que la asociación del pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachium*) con leguminosas arbustivas (*L. leucocephala*) y/o arbóreas como el Algarrobo (*Prosopis juliflora*), representa una mejora de las condiciones del suelo, lo que se traduce en una mayor producción y calidad de forraje. Por su parte, Razz et al. (2004) mencionan que al evaluar la cinética de degradación *in situ* de *L. leucocephala* y *P. maximum*, obtuvieron resultados en las constantes de degradación ruminal de la MS que difieren a los aquí obtenidos ( $a = 15.04$ ,  $a+b = 73.72$  %,  $b = 58.78$  %,  $c = 0.0389$  %/h,  $(P) k = 42.56$  %). Al respecto, Ku et al. (2010) menciona que al estudiar árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano reportan valores de degradación potencial de *G. Ulmifolia*, *E. tinifolia*, *G. sepium* y *B. alicastrum* (90, 69, 27 y 87 %, respectivamente), que difieren a los resultados observados en el presente trabajo.

Para el caso de los valores obtenidos para la degradación potencial de la MS, existieron diferencias significativas a los 28 días de rebrote a las 96 h de incubación en el rumen (87 %), parámetros similares a los reportados por Razz et al. (2004) quienes al evaluar la cinética de degradación *in situ* de *L. leucocephala* Lam de Wit. y *P. maximum* L., observaron una mayor degradación ruminal de la MS a las 96 h de incubación (73 %), estos resultados se encuentran por debajo de los aquí reportados (75%). Estos valores están muy relacionados con los reportados por Cherney et al. (1997) en estudios realizados con diferentes especies tropicales, tales como *Medicago sativa*, *P. maximum* L. y *Cynodon dactylon* L.

Existen estudios sobre otras especies de menor importancia en los pastizales, que presentan una buena degradación ruminal de la MS en distintos momentos, sobre todo, cuando las especies invernales reducen su crecimiento durante el verano (Estelrich y Cano, 2006). Al respecto, Slanac et al. (2006) observaron que al incubar al rumen dos especies de pastizales naturales (*Paspalum notatum* y *Sorghastrum agrostoides*), el porcentaje de degradación ruminal de la MS, disminuye a medida que se incrementa la edad de la planta, respuesta debida a la lignificación de las paredes celulares, la cual se acentúa con la madurez del pastizal.

Los valores encontrados en la presente investigación demuestran que la *L. leucocephala* mejora la degradación ruminal de la MS del pasto, cuando éste se encuentra a una edad de 28 días, observándose una mayor degradación inicial, potencial y máxima (16.78, 87.92 y 71.05 % respectivamente), con una tasa de degradación de 0.0269 %/h y una  $P(k)$  de 44.42 %. Además de una mejora significativa en el potencial de degradación (78.9 %) a las 96 h de incubación en el rumen; lo que indica que esta edad es la óptima para el aprovechamiento de la gramínea. Además, de mejorar la degradación ruminal de la MS del pasto, interviene directamente en la fertilización del suelo y contribuye a mitigar los efectos del cambio climático, al propiciar una mayor captura de  $CO_2$ .

## Conclusiones

1. El potencial de degradación de la MS de la gramínea mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ( $P < 0.05$ ). Resultando una mayor degradación en el sistema silvopastoril (74 y 69 %, respectivamente).
2. El mayor potencial de degradación de la MS de la gramínea se obtuvo en el sistema silvopastoril ( $P < 0.05$ ), cuando este presentaba una edad de rebrote entre los 28 y 56 días (88 y 87 %, respectivamente).
3. La degradación potencial de la MS de la gramínea a los 28 días de edad, fue menor en el monocultivo (83 %) que la obtenida en silvopastoreo (88 %).
4. Con los resultados obtenidos en el presente trabajo, es factible utilizar el *P. maximum* L cv. Tanzania asociado con la especie arbustiva, cuando el pasto tiene una edad de rebrote entre los 28 y 56 días; ya que a esta edad, es cuando el forraje presenta el mejor potencial de degradación ruminal de la MS; lo que permite evidenciar la contribución de *L. leucocephala* como fijadora de N atmosférico y por ende en incrementar la producción y calidad del forraje.

## Literatura citada

- Ayala, A. & Basulto, J. A. 2000. El potencial silvopastoril del ramón (*Brosimum alicastrum* Swats). IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical." Estación experimental de pastos y forrajes "Indio Hatuey". Memorias. p. 5
- Estelrich, H. D. y Cano A. E. 2006. Dinámica de la degradabilidad ruminal *in sacco* de la fitomasa aérea de especies nativas de la Región Semiárida Pampeana (Argentina). 6: 1-100.
- Ibrahim, M. & Mora, J. 2006. Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios. En: Memorias de la conferencia electrónica "Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales". (Eds. M. Ibrahim, J. Mora y M. Rosales). CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp. 10.
- INEGI, 2004. Censo de estado de Chiapas. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Información. México.
- INEGI, 2004. Censo de estado de Yucatán. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Información. México.
- Kamande, M. G. 2006. Digestión Ruminal y Nutrición. Resumen de Congreso de Forrajes. Iowa, USA. 52-57 pp.
- Ku, V. J., Ramírez, A. L., Ayala, B. A., Chay, C. A., Contreras, H.M., Piñeiro, V. A., Godoy, C. R., Ruiz, R. N. & Espinosa, H. J. 2010. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. Agroforestaría para la Producción Animal en Latinoamérica. México. 161-180 pp.
- Ku Vera J. C.; Ramírez L.; Jiménez G.; Alayón J. A. y Ramírez L. 1999. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. En: IV Seminario Internacional sobre Sistemas Agropecuarios Sostenibles. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (FUNDACIÓN CIPAV). Cali, Colombia.
- Mahecha, I.; Rosales M.; Hernando C. y Molina E. 1998. Experiencias en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*-*Cynodon plectostachyus*-*Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca. Memorias. Agroforestería para la producción animal en América Latina. Cali, Colombia.
- Orskov, E. R. y McDonald P. 1980. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of pasaje. *Journal of Agricultural Science*. 92:499-504.
- Orskov, E. R.; Hovell, F. D. D. y Mould, F. 1980. The use of nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs, *Tropical Animal Production*. 5:195-213.
- Pulido, R.; Leavap J. D. 2000. Degradabilidad ruminal del forraje disponible en la pradera y del aparentemente consumido por vacas lecheras. *Pesq. Agropec. Bras*. 35(5): 1103-1109.
- Ramírez, R., Martell A. y Lozano F. 2001. Valor nutricional y degradabilidad ruminal del zacate Buffel y nueve zacates nativos del Norte de México. *Ciencia UANL. Universidad Autónoma de Nuevo León*. IV (3):179-189.
- Razz, R. Clavero y T. Vergara J. 2004. Cinética de degradación *in situ* de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum* (*In situ* Degradation Kinetics of *Leucaena leucocephala* and *Panicum maximum*). *Revista Científica* Vol. XIV, N° 5. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia. Zulia, Venezuela. 424 – 430 pp.
- Slanac, A. L.; Balbuena O. R. y Navamuel J. M. 2006. Degradación ruminal de la materia seca de dos especies del pastizal natural del nordeste argentino. Resumen: V-044. Facultad de Ciencias Veterinarias – UNNE. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. 502-504 pp.
- Statistical Analysis System. 1985. SAS Users Guide; Statistics. SAS inst. Inc., Cary, N.C. 112 – 117 pp.
- Verdecia, D. M.; Ramírez J. L.; Leonard I. P. y Yoandris L. Y. 2008. Rendimiento y componentes del valor nutritivo del *Panicum maximum* cv. Tanzania (Yiel and component of the nutritive value of the *Panicum maximum* c.v Tanzania). REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 5 (10): 1695-7504.



# Producción de grano y madera en un sistema agroforestal álamo- trigo utilizado como filtro verde

Plevich<sup>1</sup>, J. O.; Icardi, M.; Gyenge, J.; C.; Fiandino S. Tarico J.; Utello M. J y A. R. Sanchez Delgado.

## Resumen

El objetivo de este ensayo fue analizar la producción de grano y madera en un sistema agroforestal. El ensayo se llevó a cabo en la planta piloto de depuración de aguas residuales urbanas de la Universidad nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. El experimento contempló un sistema agroforestal integrado por álamo (*Populus deltoides* CV catfish 5) y trigo (*Triticum aestivum*), los tratamientos fueron: 1) Sistema agroforestal bajo riego; 2) Sistema agroforestal en secano; 3) Sistema de monocultivo bajo riego y 4) Sistema de monocultivo en secano, cada uno de ellos con tres repeticiones. En cada uno de los tratamientos aplicados y al momento de la cosecha de trigo, se recolectaron 4 muestras de 0,25 m<sup>2</sup> cortando toda la biomasa aérea producida, separándose luego el grano. En el caso del sistema agroforestal dos de estas muestras se tomaron bajo proyección vertical de la copa de los álamos en dos orientaciones, sur y norte. Las dos muestras restantes fueron tomadas entre las copas. Para determinar la producción de madera se procedió a obtener el incremento corriente anual (ICA). Los resultados mostraron un rendimiento de granos menor en el sistema agroforestal en secano, superado por el cultivo monoespecífico en secano, pero este produjo menos que el sistema agroforestal y el cultivo puro regados, que no difirieron entre sí. Dentro del sistema agroforestal además se notó una variación del rendimiento de trigo a lo ancho del callejón, siendo mayor en la exposición norte y en centro del mismo, que en las zonas más sombreadas en la exposición al sur de la hilera de árboles. En el sistema agroforestal los árboles respondieron significativamente al tratamiento de riego logrando mayor producción de madera que la condición de secano. Se puede concluir que la mayor productividad de cada estrato se logró dentro del sistema agroforestal cuando se aplicaron riegos.

**Palabras claves:** incremento corriente anual, riego, secano

<sup>1</sup> Área Dasonomía, Depto de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta Nacional 36, Km 601, Río Cuarto (5800). Cba Argentina. oplevich@ayv.unrc.edu.ar

## Introducción

El empleo del agua y su gestión, han sido factores esenciales para elevar la productividad de la agricultura y asegurar una producción previsible. El agua es esencial para aprovechar el potencial de la tierra y para permitir que las variedades mejoradas tanto de plantas como de animales utilicen plenamente los demás factores de producción que elevan los rendimientos. Sin embargo, muchas veces la agricultura compite por el agua con otras actividades humanas, generándose situaciones conflictivas. Para hacer frente a esta problemática es necesario utilizar un enfoque integral, que combine diferentes alternativas de sistemas de cultivos, tecnología, y prácticas de manejo que permitan hacer un uso sostenible de los recursos naturales. En este contexto tanto la agroforestería (Pezo e Ibrahim, 1999) como la reutilización de aguas residuales a través de filtros verdes (Porcel, 2008) se perfilan como técnicas que permitirían una optimización en la gestión global de los recursos.

En este tipo de sistemas, la complementariedad en el uso de los recursos entre el estrato herbáceo y el componente leñoso, es la llave de su éxito y puede verse favorecida mediante la elección de especies forestales y agrícolas que posean fenología complementaria (Ong and Leakey, 1999; Rounsard *et al.*, 1999). Un ejemplo de complementariedad es la combinación de especies de gramíneas templadas con árboles caducifolios. A través de dicha combinación, se estaría favoreciendo a las especies herbáceas, dado que estas expresan su mayor tasa de crecimiento desde el otoño hasta la primavera tardía, momento en el cual los árboles se encuentran sin hojas (Clavijo *et al.*, 2005). El propósito de este ensayo es la utilización de árboles caducifolios (álamos) como filtro verde para la depuración de aguas residuales y obtención de madera; y de una gramínea para la obtención de granos para la alimentación animal integrada en un sistema agroforestal (Alley cropping).

## Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en la planta piloto de depuración de aguas residuales urbanas de la Universidad nacional de Río Cuarto, ubicada a 33° 07' S y 64° 14' O. La planta de depuración, es una unidad experimental para el tratamiento de aguas cloacales provenientes de una residencia estudiantil. El agua tratada, es posteriormente utilizada para riego en los diferentes ensayos llevados a cabo en el lugar. Para el experimento se contempló un sistema agroforestal integrado por álamo (*Populus deltoides* CV catfish 5) y trigo (*Triticum aestivum*), al cual se le aplicaron dos tratamientos: Riego con agua residual urbana y una situación en secano (solo lluvias), además se contempló un cultivo de trigo sin árboles con los mismos tratamientos aplicados al sistema agroforestal. Los árboles fueron plantados en la primavera de 2007 en doble hileras con un marco de plantación de 3x3 m, separada por callejones de 10 m. En estos callejones, durante el otoño se sembró una variedad de trigo de ciclo intermedio. De esta manera, los tratamientos definidos fueron: 1) Sistema agroforestal bajo riego; 2) Sistema agroforestal en secano; 3) Sistema de monocultivo bajo riego y 4) Sistema de monocultivo en secano, cada uno de ellos con tres repeticiones. El sistema de riego utilizado fue en manto.

En cada uno de los tratamientos aplicados y al momento de recolectar la cosecha de trigo (humedad del grano 14 %), se recolectaron 4 muestras de 0,25 m<sup>2</sup> cortando toda la biomasa aérea producida. En el caso del sistema agroforestal dos de estas muestras se tomaron bajo proyección vertical de la copa de los álamos en dos orientaciones, sur y norte. Las dos muestras restantes fueron tomadas entre las copas (fuera de la proyección vertical de las copas). El material recolectado fue llevado a laboratorio donde se separó el grano del resto de la biomasa aérea mediante una

cosechadora manual. Con los datos se realizó un análisis de la varianza (ANAVA), mientras que las comparaciones de medias mediante el test DGC (Di Rienzo, 2011). El análisis fue realizado con un diseño de parcelas divididas, en el que la parcela principal correspondió con el sistema de cultivo (agroforestal o puro), y las subparcela con los tratamientos de riego (bajo riego o secano). Esto permitió evaluar la existencia de interacciones entre el sistema y los tratamientos.

Para determinar la producción de madera se procedió a obtener el incremento corriente anual (ICA). Para ello se determinó el crecimiento ocurrido entre el inicio y el final de la estación de crecimiento. La fórmula es la siguiente (Imaña y Encinas, 2008; Amo y Nieto, 1983):

$$ICA = Y_{(t)} - Y_{(t+1)}$$

donde:

ICA = incremento corriente anual.

$Y_{(t)}$  = Producción de madera al inicio del ciclo de crecimiento.

$Y_{(t+1)}$  = Producción de madera al final del ciclo de crecimiento.

La producción de madera ( $Y_{(t)}$ ,  $Y_{(t+1)}$ ) se determinó a fines de invierno antes de la foliación de los árboles y durante el otoño del siguiente año, cuando los álamos presentaban amarillamiento completo de sus hojas. Para ello se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total (H) del fuste de 24 árboles contenidos en las seis parcelas. Con estos datos se calculó el volumen de los fustes de cada individuo a través de la fórmula de Cota:

$$Y = ((\pi \times D^2) \div 4) \times H \times Cf$$

dónde:

Y: volumen de los fustes

D: diámetro

H: altura

π: número pi

Cf: coeficiente de forma;

Obtenido el crecimiento corriente anual en volumen en las parcelas esta fue llevada a la hectárea considerando la densidad de plantas en el ensayo (512 árboles/ha). Luego los volúmenes de madera, para poder ser integrados a la producción total del sistema agroforestal, fueron transforma-

dos en peso (Kg/ha), utilizando la densidad de la madera:

$$Pm = Y \times Dm \times Dp$$

dónde:

**Pm** = Producción de madera (Kg ha<sup>-1</sup>)

**Y** = volumen de los fustes (m<sup>3</sup>)

**Dm** = densidad de la madera. Kg m<sup>-3</sup>

**Dp** = densidad de plantas (Pl ha<sup>-1</sup>)

La edad de la plantación en el momento del cálculo era de 5 años. Los datos fueron procesados utilizando un análisis de la varianza (ANAVA) y la comparación de medias mediante el test DGC (Di Rienzo, 2011).

## Resultados y discusión

La producción de granos y de biomasa total de trigo en el sistema agroforestal y en el monocultivo se presenta en la tabla 1.

El sistema agroforestal en secano obtuvo el rendimiento más bajo y la menor producción de biomasa y aunque fue superado por el cultivo puro en secano, este produjo menos que el sistema agroforestal y el cultivo puro regados, que no difirieron entre sí. Las diferencias observadas entre los sistemas cuando el cultivo se desarrolló en secano podrían ser explicadas por la competencia generada entre los álamos y el trigo, donde la leñosa podría haber utilizado gran parte del agua disponible en el suelo y que por tanto no pudo ser aprovechada por el cultivo de trigo. Resultados similares fueron documentados por Pollock et al., (2009) quien encontró que luego de unos

años, la complementariedad en el uso del agua entre la leñosa y la herbácea desaparece; estableciéndose relaciones de competencia en donde la leñosa hace un mejor aprovechamiento del recurso.

Por otra parte, en el tratamiento bajo riego la situación es diferente. Aquí, el agua no es un recurso limitante para ninguna de las dos especies por lo que no se observaron diferencias significativas en el rendimiento del trigo.

Dentro del sistema agroforestal se analizó, además la influencia que podría tener la las copas sobre la llegada de luz al cultivo de trigo. Para ello, dentro del callejón se tomaron datos bajo la proyección vertical de las copas en la exposición norte y sur y en el centro del callejón, los resultados se presentan en la tabla 2.

**Tabla1: Rendimiento de grano de trigo (Kg/ha) y biomasa total (Kg/ha) de acuerdo sistema y tratamiento aplicado.**

Sistema/ Tratamiento	Rendimiento	Biomasa Total
Agroforestal, sin riego	394,41 a	1537,89 a
Puro, sin riego	1074,53 b	3845,36 b
Puro, con riego	2211,82 c	7033,51 c
Agroforestal, con riego	2822,79 c	7864,96 c
R <sup>2</sup>	0,7	0,81
C.V.	28,58	29,72

*Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas (p <= 0,05)*

**Tabla 2: Rendimiento de grano de trigo (Kg/ha) y biomasa total (Kg/ha) en el sistema agroforestal, observando las distintas exposiciones.**

Exposición	Rendimiento de grano	Biomasa Total
Sur	862,54 a	3641,93 a
Norte	1379,37 b	5290,73 b
Centro	1861,92 b	5171,61 b
R <sup>2</sup>	0,98	0,96
C.V.	16,84	31,55

*Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas (p <= 0,05)*

## Area 1: Producción agropecuaria y forestal en los sistemas silvopastoriles y agroforestales

Tabla 3: Producción de madera en pie e incremento corriente anual de álamos a los 5 años de edad en un sistema agroforestal.

Producción maderera total (Kg/ha)		Incremento corriente anual (Kg/ha.año)	
Tratamiento	Medias	Tratamiento	Medias
Sin riego	13493,99 a	Sin riego	3506.46 a
Con riego	16155,24 b	Con riego	4197.99 b
R <sup>2</sup>	0,45	R <sup>2</sup>	0,45
C.V.	3,93	C.V.	4,72

Medias con un letra comun no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,10$ )

Los resultados muestran que tanto el rendimiento de granos como la biomasa total son menores en la exposición sur, con mayor nivel de sombreadamiento de las copas de los árboles durante la primavera luego de la foliación de los mismos. En la latitud en la que se llevó a cabo el ensayo y con la orientación E- O en que se dispusieron las hileras de árboles, la inclinación de sol genera que los rayos impacten directamente sobre la exposición norte y se extiendan hasta el centro del callejón durante todo el año, mientras que el sector del callejón expuesto al sur de los árboles se encuentran sombreados la mayor parte del día durante parte del ciclo del trigo (primavera). El resultado es una disminución en la actividad fotosintética de la herbácea, y por lo tanto, un menor rendimiento de granos y de biomasa total.

(Monteith *et al.*, 1991; Monteith, 1994) afirman que cuando el crecimiento de las plantas no se halla limitado por el agua y/o los nutrientes, la producción queda determinada a partir de la cantidad de radiación incidente que el follaje es capaz de interceptar, correspondiéndose dicho principio con lo observado en el presente trabajo en las situaciones bajo riego.

Condiciones similares a observadas en este ensayo fueron registradas por Burton *et al.*, (1959), Samarakoon *et al.*, (1990) y Zelada (1996) quienes detectaron una reducción en la luz afectaba además el desarrollo radicular de la herbácea haciéndolo menos competitivo en la toma de agua y nutrientes.

En un trabajo realizado por, Pardini *et al.*, (2010) se muestran resultados similares a los hallados en este trabajo; ellos sembraron una mezcla de gramíneas, entre ellos el trigo, y leguminosas en una pradera con árboles dispersos, concluyendo que el rendimiento de grano en trigo fue un 47% menor

debajo de las copas que a 20 metros de estas y la biomasa total un 25% menor.

Obispo *et al.*, (2008) estudiaron el efecto de 3 densidades de sombra diferentes aplicados a *Panicum maximum*, quienes demuestran que con menores niveles de sombra se obtiene 14200 kg/ha de biomasa, mientras que con las mayores densidades de sombra no superaron los 10110 kg/ha.

Además de la producción de la herbácea se analizó el incremento corriente de madera para el año en estudio (Tabla 3).

La producción de madera acumulada de madera (Kg/ha) y el incremento corriente anual (Kg/ha.año) mostraron diferencias estadísticas significativas a favor del tratamiento con riego, sin embargo los árboles, bajo el régimen pluviométrico del lugar (800 mm/año) son menos dependientes que el trigo y en términos porcentuales el aporte del agua solo agrego a la producción un incremento del 20 %. (Combe y Budowski, 1979), muestran que dentro de la agroforestería existen. Numerosos ejemplos dan cuenta que la interacción entre ambos estratos vegetales modulan la productividad del sistema, pudiendo ser ésta mayor, igual o menor en sistemas mixtos que en aquellos monoespecíficos. Los resultados en nuestro ensayo se muestran en la tabla 4.

Los datos observados en la tabla indican que pueden combinarse especies forestales y de cultivos para maximizar la productividad de cada estrato en particular y del sistema en general. En nuestro caso la productividad de cada estrato es posible de lograr cuando se incorpora el riego, mientras que la productividad del sistema en general se da con restricciones hídricas.

Tabla 4: Producción de granos y madera en un sistema agroforestal álamo trigo y de granos en un sistema monoespecífico de trigo

Sistema/ Tratamiento	Rendimiento en grano (kg/ha)	Incremento corriente de madera (Kg ha)	Producción Total (Kg/ha)
Agroforestal, sin riego	394,41 a	3506,46a	3900
Monoespecífico, sin riego	1074,53 b	-	1074,53
Monoespecífico, con riego	2211,82 c	-	2211,82
Agroforestal, con riego	2822,79 c	4197,99 b	9843,57
R <sup>2</sup>	0,7	0,45	
C.V.	28,58	4,72	

Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

## Conclusiones

Cuando analizamos la producción de granos de trigo como objetivo principal notamos que el rendimiento más bajo se obtuvo en el sistema agroforestal en secano ya que fue superado por el cultivo monoespecífico en secano, pero éste produjo menos que el sistema agroforestal y el cultivo puro regados, que no difirieron entre sí. Dentro del sistema agroforestal además se notó una variación del rendimiento de trigo a lo ancho del callejón siendo mayor en la exposición norte y en centro

del mismo, en relación a las zonas más sombreadas en la exposición al sur de la hilera de árboles.

En el sistema agroforestal los árboles respondieron significativamente al tratamiento de riego logrando mayor producción de madera que la condición de secano. La mayor productividad de cada estrato se logró dentro del sistema agroforestal cuando se aplicaron riegos.

## Bibliografía

- Amo Del. R., C. Y J. Nieto De P. - 1983. "Aplicación de ecuaciones y modelos matemáticos en la evaluación en las tasas de crecimiento y determinación de la edad en árboles tropicales". In: F.H. Bormann y G. Berlyn (ed.) Edad y tasa de crecimiento de los árboles tropicales. Trad. del inglés por Carmen Alicia de la Parra. ed. Continental, Xalapa, Veracruz. México. Pp. 133-138.
- Burton, G. W., J. E. Jackson, And F. E. Knox. 1959. Influence of light reduction upon the production, persistence, and chemical composition of coastal bermuda grass (*Cynodon dactylon*). *Agron. J.* 52:537-542.
- Clavijo, M. P.; M. Nordenstahl; P. E. Gundel Y E. G. Jobbagy. 2005. Poplar Afforestation Effects on Grasslands Structure and Composition in the Flooding Pampas. *Rangeland Ecol Manage.* 58: 474-479 p.
- Di Rienzo J., Macchiavelli R. Y Casanoves F. 2011. Modelos mixtos en InfoStat.
- Imaña, E. Y B. Encinas - 2008. Edometría Forestal Brasilia: Universidad de Brasil, Departamento de Engenharia Florestal Merida: Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. ISBN 978-85-87599-31-5.
- Ong, C.K., Y R.R. B. Leakey. 1999. Why tree-crop interactions in agroforestry appear at odds with treegrass interactions in tropical savannas. *Agroforestry Systems* 45:109-129 p.
- Pardini, A.; Mori, S.; Rigueiro – Rodriguez, A. Y Mosquera Losada, M. R. 2010. Efecto del arbolado en la producción de pasto y trigo (*Triticum aestivum L.*) ecológicos en la Maremma Toscana (Italia central). Departamento de producción vegetal, Escuela politécnica superior, Universidad de Santiago de Compostella.
- Pezo, D. Ibrahim, M. Beer, J. Camero, A. 1999. Oportunidades para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en América central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 46 p.
- Pollock, K. M.; Mead D. J. and B. A. McKenzie, 2009. Soil moisture and water use by pastures and silvopastures in a sub-humid temperate climate in New Zealand. *Agroforest System* 75:223–238.
- Porcel, I; 2008. Investigación y desarrollo de la reutilización de aguas residuales industriales. 9° Congreso Nacional de Medio Ambiente. Cumbre del Desarrollo Sostenible. Madrid. Palacio Municipal de Congresos del Campo de Las Naciones.
- Roupsard, O.; A. Ferhi; A. Granier; F. Pallo; D. Depommier; B. Mallet; H.I. Joly Y E. Dreyer. 1999. Reverse phenology and dry season water uptake by *Faidherbia albida* (Det). A. Chev. In an agroforestry parkland of sudanese West Africa. *Functional Ecology* 13: 460-472 p.
- Zelada, E. 1996. Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en la Zona Atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 88 p.

# Cargas parasitarias ocasionadas por *Rhipicephalus microplus* y su relación con la raza y la productividad animal en fincas ganaderas ubicadas en el bosque seco tropical

R Barahona-Rosales,<sup>1\*</sup> Ph.D, R Salazar Benjumea,<sup>2</sup> (c)M.Sc, MS Sánchez, P<sup>3</sup>. Ph.D

## Resumen

El presente estudio se realizó con el propósito de relacionar las cargas de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en hembras bovinas de diferente raza pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) o en sistemas tradicionales de monocultivo, en los departamentos de Tolima y Valle del Cauca, Colombia. Se realizaron conteos en siete grupos de animales, pertenecientes a la raza Lucerna y Cruces Holstein X Gir, en diferentes estados fisiológicos. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) estaban basados en diversas asociaciones de *Cynodon nlemfluensis*, *Megathyrus maximus*, *Leucaena leucocephala* *Gliricidia sepium* entre otros. El conteo de garrapatas se efectuó cada 15 días. Se encontraron diferencias significativas para los conteos de garrapatas en animales con similar productividad en ambos sistemas evaluados, donde los grupos de animales de alta producción tuvieron relacionada una mayor carga parasitaria. Se concluye que tanto el sistema de producción como el nivel de productividad de los animales influyen sobre los conteos de garrapatas en los bovinos. En SSPi, la carga de garrapatas puede ser inferior a la de sistemas de pastoreo en monocultivo.

**Palabras Clave:** ectoparásitos, producción lechera, Lucerna, Chaco, Colombia

## *Rhipicephalus microplus* loads and its relationship with breed and productivity at cattle farms in a dry tropical forest

## Abstract

The present study aimed to compare loads of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* ticks on dairy cattle of different breeds and fed under two different systems: intensive silvopastoral or traditional systems. The study took place at two different regions: Tolima and Valle del Cauca, Colombia. Tick counts were conducted in seven animal groups from breeds Lucerna and Holstein X Gir. Intensive silvopastoral systems (SSPi) consisted of different arrangements of *Cynodon nlemfluensis*, *Megathyrus maximus*, *Leucaena leucocephala* *Gliricidia sepium* among other species. Tick counting was conducted twice a month. The study showed significant differences for ticks loads among animals with similar productivity at both productive systems. High levels of milk production were associated to higher tick counts. It is concluded that both, production systems and animal dairy production have influence on tick loads in the studied groups. Tick counts were generally lower in the intensive silvopastoral systems, when compared to traditional systems.

**Keywords:** ectoparasites, milk production, Lucerna, Chaco, Colombia

<sup>1</sup> Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, <sup>2</sup>Centro Para La Investigación En Sistemas Sostenibles De Producción Agropecuaria – CIPAV.. <sup>3</sup>Compañía Nacional de Chocolates, Grupo NUTRESA, Rionegro, Antioquia. \*Correspondencia: rbarahonar@unal.edu.co, celular 300 479 4810

## Introducción

La garrapata *Rhipicephalus microplus* se considera como el ectoparásito de mayor importancia para la ganadería tropical debido a las pérdidas económicas que genera al productor pecuario. El control químico de este ectoparásito cuenta además con serias dificultades, ya que el uso indiscriminado de estos productos ha llevado al desarrollo de poblaciones resistentes. Varios estudios reportan constantemente la resistencia observada por poblaciones de este ectoparásito (Singha y Rath 2014, Fernández-Salas et al. 2012).

Las altas cargas parasitarias asociadas a la infestación de garrapatas en un bovino, se presentan como el resultado factores ambientales y factores propios del animal. Los factores ambientales como la temperatura y la humedad

están directamente relacionados con un aumento en la población de estos parásitos. Los factores propios del animal como el estado fisiológico, componente racial y el estado nutricional puede influir esta carga antiparasitaria. Si bien el efecto de la raza bovina es importante, factores como la inmunidad, el estado fisiológico y las características de la piel, son componentes a tener en cuenta cuando se habla de susceptibilidad a las garrapatas (Barbosa Da Silva y Da Fonseca, 2013).

El objetivo de este estudio fue relacionar el conteo de *Rhipicephalus microplus* y con la productividad animal en fincas ganaderas ubicadas en el bosque seco tropical en dos regiones Colombianas.

## Materiales y Métodos

El estudio se realizó en dos sistemas ganaderos establecidos desde hace varios años: Terraza de Ibagué, en el departamento de Tolima (1200 a 1300 mm de precipitación promedio anual) y en Bugalagrande (1100 mm de precipitación promedio anual), departamento del Valle del Cauca. Las dos regiones se encuentran clasificadas como Bosque seco tropical según Holdridge.

Los hatos lecheros estaban conformados de la siguiente manera: El hato del Tolima estaba formado por ganado doble propósito, en su mayoría Holstein x Gyr (F1) mientras que el hato del Valle del Cauca estaba conformado por ganado criollo colombiano resultado de una serie de cruces de ganado *Bos Taurus*. Dicho ganado se conoce con el nombre de Lucerna. Los arreglos silvopastoriles o tradicionales en cada una de las regiones y fincas, se presentan en la Tabla 1. Excepto del

grupo de ordeño a mano en Lucerna, en todos los grupos se utilizó ordeño mecánico

### Conteos de ectoparásitos sobre el animal

Para realizar el conteo, los grupos se separaron luego del ordeño y cada individuo se identificó por el número marcado en su anca. El conteo se realizó en el lado izquierdo del animal, teniendo en cuenta las garrapatas perceptibles al tacto (> 4mm). El cuerpo del animal se dividió en ocho regiones con el fin de disminuir los errores que se podrían generar durante el conteo. Estas regiones fueron: Lomo, costillas, abdomen, miembro anterior, miembro posterior, área perianal, axila y ubre. Los conteos se realizaron cada 15 días, dentro del periodo comprendido entre mayo 2012 y mayo del 2013.

Tabla 1: Fincas, tipo de arreglo silvopastoril o tradicional y características de los grupos de animales incluidos en el estudio

Finca /Región	Tipo de pastoreo	Grupos de animales incluidos en el estudio
Lucerna (Bugalagrande) 1100 mm de precipitación promedio anual	SSPi: <i>Cynodon nlemfluensis</i> <i>Megathyrsus maximus</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> <i>Gliricidia sepium</i>	Ganado Lucerna (producción lechera: Alta RP, Media P1, Media (ordeño manual*) y Horras (vacas secas)
Chaco (Tolima)	SSPi: <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Prosopis juliflora</i> <i>Cynodon plectostachyus</i>	Holstein x Gyr (F1) <i>Alta producción</i>
	<i>Megathyrsus maximus</i> <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Prosopis juliflora</i>	Holstein x Gyr (F1) <i>Media Producción</i>
	<i>Panicum máximum</i> <i>Leucaena leucocephala</i>	Holstein x Gyr (F1) <i>Terneras</i>
	<i>Ceiba pentandra</i>	
Calicanto (Tolima)	Tamo de arroz	Holstein x Gyr (F1) Grupo Control
San Javier (Tolima)	Tradicional Monocultivo <i>Cynodon plectostachyus</i>	Holstein x Gyr (F1) Grupo Control
La Isabela (Bugalagrande)	Tradicional Monocultivo <i>Cynodon plectostachyus</i>	Ganado Lucerna

## Producción

La producción láctea de cada individuo, en l/d, se registró de forma mensual para el periodo de ejecución del proyecto. Para obtener el valor promedio asociado al día del conteo, se incluyó la producción de leche entre los días -3 a 3 días anteriores y posteriores al día del conteo.

## Análisis de datos

Las cargas parasitarias de los diferentes grupos fueron analizadas mediante un análisis de varianza siguiendo un diseño totalmente al azar. Se realizó una ANOVA para cada región. Se usó la prueba de Duncan para separación de medias de los grupos de producción. Adicionalmente se llevaron a cabo regresiones lineales con el fin de determinar la correlación entre productividad y carga parasitaria.

## Resultados

### Cargas parasitarias en los grupos de estudio

La carga parasitaria varió ampliamente a lo largo del estudio, tanto para los grupos del Tolima, como para los de Valle del Cauca.

En las Figuras 1 a 3, se presentan los promedios de conteos para el periodo de evaluación para las dos regiones estudiadas.

### Producción de leche y correlación con carga parasitaria

Para los datos de la finca Lucerna, y obviando los conteos encontrados en el grupo de ordeño a mano, que se comportó de forma atípica, los animales de mayores requerimientos nutricionales tuvieron los mayores conteos, siendo estos más bajos en el grupo de hembras horras, en comparación

con los demás grupos en producción.

El mismo comportamiento se observó en el caso del Tolima, para la finca El Chaco, donde se observó que la carga parasitaria estuvo influenciada por el grupo de producción al cual pertenecían los animales, siendo los individuos de alta producción los que presentaban una mayor carga parasitaria que los otros grupos ( $p=0,026$ )

Dentro de los análisis para correlacionar estas dos variables, se encontró que para los grupos del Chaco, en el mes de agosto, hubo una correlación positiva entre la carga parasitaria y la producción láctea para el grupo de alta producción ( $R^2=0,727$ ; Figura 4). Esta correlación sin embargo no se encontró en el grupo de media producción que tenía similar componente racial.

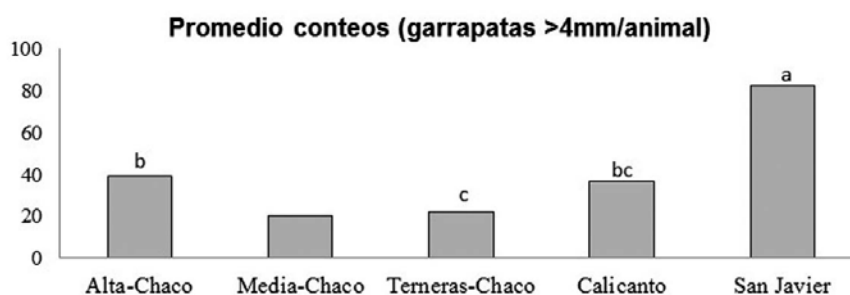


Figura 1. Promedio de conteos individuales de *R. (B.) microplus* en cinco grupos de bovinos en el departamento de Tolima. Barras con letras diferentes indican promedios diferentes ( $p<0.05$ ).

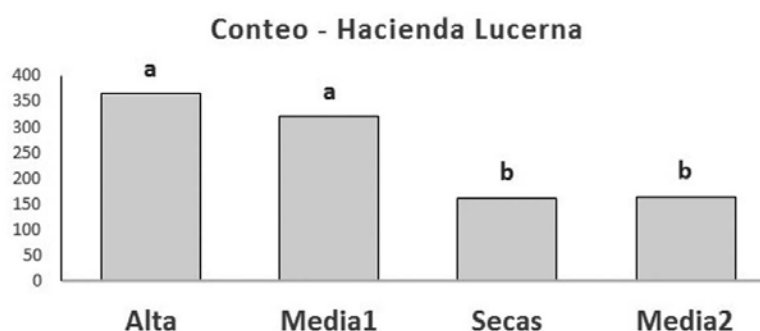


Figura 2. Promedios de las cargas parasitarias (garrapatas mayores a 4mm) en bovinos Lucerna pertenecientes a los cuatro grupos del estudio en la Hacienda Lucerna, Bugalagrande, Valle del Cauca.



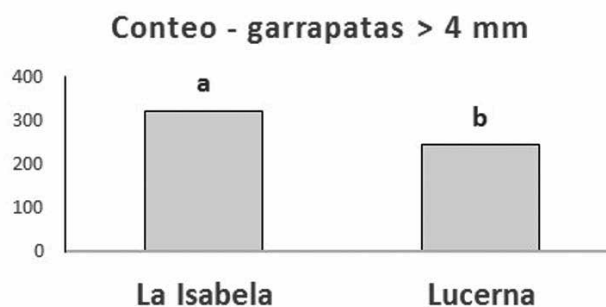


Figura 3. Carga parasitaria promedio (garrapatas mayores a 4mm) en bovinos Lucerna pastoreando en la Hacienda Lucerna y en la finca La Isabela, Bugalagrande, Valle del Cauca

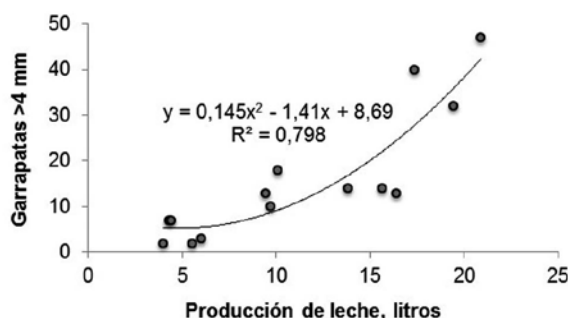


Figura 4. Relación de producción láctea y carga parasitaria para el grupo de alta producción de la Hacienda El Chaco durante el mes de agosto de 2012.

## Discusión

Los efectos negativos de la carga parasitaria por *R. microplus* sobre cada animal pueden variar según la resistencia de cada individuo. A su vez, la resistencia depende de la raza del animal, su estado fisiológico y su estado de salud (Jonsson, 2006).

Es importante llamar la atención a que en el presente estudio se observaron conteos mucho más altos (al menos 5x) en los grupos de la Hacienda Lucerna, comparados con aquellos observados en la Hacienda el Chaco. Dentro de los muchos factores que pueden contribuir a explicar esta diferencia se encuentran el manejo y uso de acaricidas (aspecto no incluido en el presente resumen), las condiciones climáticas, y la diferencia en el componente genético de los animales evaluados en ambos estudios.

Respecto al componente racial, se debe recordar que los animales en los grupos del Valle del Cauca, Lucerna, son cruces *Bos indicus* x *Bos taurus* que permanecían en sistemas SSPi o en praderas en monocultivo. Esto permite evidenciar que bajo las mismas condiciones de raza, los SSPi presentan beneficios que reducen la carga parasitaria en los animales. Es importante recordar que la garrapata *R. (B.) microplus* presenta especial predilección por la raza *Bos taurus* en la cual se ha demostrado una mayor reacción granulocítica ante una infestación de garrapatas (Constantinoiu et al. 2010). De igual forma, se han identificado seis genes que brindan resistencia a

bovinos Gyr x Holstein y que son capaces de ofrecer protección en diferentes estaciones del año (Machado et al. 2010). Por esta razón, el componente genético es importante en las explotaciones, siendo en Australia recomendado el cruce de *Bos taurus* x *Bos indicus* para control de las garrapatas en las granjas, ya que se disminuye el número de garrapatas sobre los animales.

En la finca El Chaco, se determinó que la carga parasitaria de los individuos estuvo influenciada por el grupo de producción al cual pertenecían los animales. El análisis de varianza mostró que los individuos de alta producción tenían una mayor carga parasitaria que los otros grupos ( $p=0,026$ ). Asimismo, en fechas específicas durante el monitoreo, como en el mes de agosto, hubo una correlación positiva entre la carga parasitaria y la producción láctea para el grupo de alta producción ( $R^2=0,727$ ; Figura 3). Esta correlación sin embargo no se encontró en el grupo de media producción que tenía similar componente racial. Esto corrobora lo descrito por Barbosa Barbosa Da Silva y Da Fonseca, (2013), en cuanto a que el estado fisiológico de las hembras bovinas durante el parto permite mayor infestación, debido a un aumento en su susceptibilidad de las vacas. En vacas cercanas al parto, factores como una alimentación deficiente y altos niveles de estrés, juegan un rol importante en la susceptibilidad adquirida (Ingvarsen et al. 2003).

## Conclusiones

Al comparar animales en el mismo estado fisiológico y con un nivel similar de producción láctea, los animales que pastorean en SSPi tienen 56% menos carga parasitaria que la observada en un sistema de praderas en monocultivo. A su vez, los individuos con mayor requerimiento nutricional como el grupo de recién paridas o de alta producción muestran mayor carga parasitaria en comparación con las hembras de los demás grupos.

bras de los demás grupos.

El posible efecto benéfico de los SSPi es complejo y dependerá de factores como las asociaciones vegetales establecidas, el estado fisiológico y nutricional de los animales y los factores climáticos. Al comparar dos sistemas silvopastoriles se observaron diferencias significativas en carga parasitaria y en su relación con productividad.

## Referencias

- Barbosa Da Silva J., Da Fonseca, A. H. 2013. Analysis of the risk factors related to the immune humoral anti-Anaplasma marginale in dairy cattle. *Semina: Ciencias Agrarias* 34(2): 777-784.
- Constantinoiu CC, Jackson LA, Jorgensen WK, Lew-Tabor AE, Piper EK, Mayer DG, et al. Local immune response against larvae of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in *Bos taurus indicus* and *Bos taurus taurus* cattle. *Intern J Parasitol.* 2010; 40(7):865-875.
- Fernández-Salas, A., Rodríguez-Vivas, R.I., Alonso-Díaz, M.A., Basurto-Camberos, H. 2012. Ivermectin resistance status and factors associated in *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) populations from Veracruz, Mexico. *Veterinary Parasitology* 190: 210–215.
- Ingvarsen, K.L., Dewhurst R.J., Friggens, N.C. 2003. On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that cause production diseases in dairy cattle? A position paper. *Livestock Production Science* 83: 277–308.
- Jonsson, N. N. 2006. The productivity effects of cattle tick (*Boophilus microplus*) infestation on cattle, with particular reference to *Bos indicus* cattle and their crosses. *Veterinary Parasitology*, 137(1-2): 1–10.
- Machado MA, Azevedo, AL, Teodoro RL, Pires MA, Peixoto MG, de Freitas C, Prata MC, Furlong J, et al. Genome wide scan for quantitative trait loci affecting tick resistance in cattle (*Bos taurus* × *Bos indicus*). *BMC Genomics* 2010; 11:280.
- Singha NB, Rath S. 2014. Esterase mediated resistance against synthetic pyrethroids in field populations of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) in Punjab districts of India. *Veterinary Parasitology* 204: 330–338.

# Efecto de la sustitución en la suplementación de un alimento comercial por un subproducto agroindustrial en la producción y composición de la leche bovina en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi).

G. Villegas Sánchez; S. Montoya Uribe; J. E. Rivera Herrera; J. Chará;  
E. Murgueitio Restrepo; F. Uribe.

## Resumen

Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) son una alternativa que integra los recursos locales y naturales para la producción animal sostenible, demostrando el incremento de la oferta en cantidad y calidad de los nutrientes bajo diferentes condiciones de producción. Con el propósito de evaluar un subproducto agroindustrial económico y rico en energía en la suplementación de vacas lecheras que pastorean en un SSPi con *Leucaena leucocephala*, sobre la cantidad y calidad de la leche bovina, se estudió el efecto de la sustitución de un concentrado comercial por la pulidura de arroz. Fueron evaluadas 20 vacas cruzadas de alta producción, las cuales fueron divididas en dos grupos homogéneos, permitiendo evaluar los dos tipos de suplementación (concentrado comercial - 4 kg animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, y pulidura de arroz - 3.7 kg animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) en un diseño de *cross-over*. Cada grupo en cada periodo tuvo 15 días de acostumbramiento a la dieta y nueve días de evaluación. El consumo promedio de materia seca del forraje sin suplementación fue equivalente al 2,1% del peso vivo. La producción promedio de leche fue de 16,6 y 14,54 l animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> para animales de la dieta con concentrado y pulidura de arroz respectivamente ( $P < 0,0058$ ). No se presentaron diferencias en cuanto a porcentaje de grasa y proteína, ni a la cantidad de sólidos producidos ( $P > 0,05$ ), además los costos de producción por suplementación fueron inferiores en la dieta con pulidura de arroz. Con base a los resultados obtenidos se puede decir que es posible hacer una sustitución parcial y progresiva de alimentos concentrados comerciales hacia ingredientes que aportan energía como la pulidura de arroz sin afectar la producción de sólidos, acorde a la capacidad de consumo al momento del ordeño y a la oferta nutricional a nivel de potrero, buscando reducir los costos de producción y haciendo de los SSPi, sistemas cada vez más eficientes y sostenibles.

**Palabras clave:** Consumo de forraje, *Leucaena leucocephala*, pulidura de arroz, recursos locales, suplementación energética.

## The substituting effect of supplementary commercial feed for agro-industrial sub-products in the production and composition of bovine milk in an intensive silvopastoral system (ISPS).

## Abstract

The intensive silvopastoral systems (ISPS) are an alternative that integrates the local and natural resources for sustainable animal production, demonstrating the increased supply in quantity and quality of nutrients under different production conditions. The aim of this study was to evaluate a low-cost high energy byproduct as a supplement of dairy cows grazing in an ISPS with *Leucaena leucocephala*, on the quantity and quality of bovine milk. The substituting effect of a commercial concentrate for rice polishing was studied. Twenty cows were evaluated, which were divided into two homogeneous groups, allowing to evaluate the two types of supplementation (commercial concentrate - 4 kg animal<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, and rice polishing 3.7 kg animal<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>) in a cross-over design. Each group had 15 days of adaptation in each period, and nine days of evaluation. The dry matter intake of forage without supplementation was 2.1% of body weight. The average milk yield was 16.6 and 14.54 l animal<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> with concentrated and rice polishing respectively ( $P < 0.0058$ ). The percentages of fat and protein did not differ, as the amount of solids produced ( $P > 0.05$ ) and production costs were lower with rice polishing. Based on the results we concluded that it is possible to make a partial and gradual replacement of commercial concentrate by energy supplements such as rice polishing, without affecting the production of solid in milk, seeking to reduce production costs and making the ISPS, more efficient and sustainable systems.

**Keyword:** energy supplementation, local resources, forage intake, *Leucaena leucocephala*, rice polishing.

## Introducción

Las economías latinoamericanas emergentes han optado por la apertura de mercados que exigen a los productores tener alternativas de producción éticas y moralmente adecuadas, que ofrezcan a los consumidores productos de alta calidad e inocuidad (Rivera et al., 2012). En este proceso de adaptación a políticas sanitarias, y a la creciente demanda del mercado por altas cantidades de leche trazable en un marco de calidad, las ganaderías convencionales se han visto rezagadas por las políticas económicas imperantes y por los factores ambientales adversos, pues para el caso de lechería colombiana esta ha sido sustentada en modelos de monocultivo de pastos como *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. y alta cantidad de insumos externos (Cárdenas, 2003).

Es así como el llamado a cada uno de los eslabones de la ganadería se ha enfocado a incrementar significativamente sus contribuciones económicas y sociales, y a desarrollar un papel importante en la adaptación al cambio climático y al

bienestar de la humanidad (FAO, 2015). Actualmente se ha presentado a los sistemas silvopastoriles intensivo (SSPi) como el modelo de reconversión social y ambiental que requiere la ganadería en muchas zonas del mundo (Murgueitio e Ibrahim, 2008), pues la oferta forrajera en estos sistemas a demostrado no solo ser mayor si no también de una mayor calidad (Barahona y Sánchez, 2005), permitiendo mejorar la utilización de los nutrientes y con ello incrementar la productividad de las empresas ganaderas bajo un escenario de sostenibilidad.

El presente estudio tuvo como propósito realizar la evaluación del consumo de forraje, consumo de suplemento y producción de leche en un SSPi, en el cual se buscó variar el tipo de suplementación comercial a base de cereales de alta demanda, por residuos de cosecha de alto contenido de energía y así identificar alternativas de suplementación más económicas y de origen local.

## Materiales y métodos

### Localización

El estudio fue llevado a cabo en La Hacienda Asturias, en el municipio de La Tebaida, departamento del Quindío (Colombia) a 4°27'34.07" N - 75°48'16.31" O. La Hacienda Asturias se encuentra a 1200 m.s.n.m., cuanta con una temperatura promedio anual de 25 °C, una humedad relativa media de 68 % y se localiza bajo condiciones de bosque seco pre-montano (bs-PM) según la clasificación de Holdridge (Holdridge, 1967). El sistema evaluado fue un SSPi, arreglo caracterizado por una alta densidad de *L. leucocephala* Lam. Cv Cunningham (> 8000 arbustos ha<sup>-1</sup>), asociada a *Cynodon plectostachyus* (K.Schum.) Pilg y suplementado al momento del ordeño con alimentos concentrados comerciales. El sistema se encontraba manejado bajo un pastoreo rotacional, en franjas diarias de aproximadamente 2000 m<sup>2</sup> ofrecidas gracias al uso de una cerca móvil eléctrica, con un tiempo de rotación de 43 días aproximadamente y periodos de ocupación de un día (Shelton, 1996; Murgueitio et al., 2011).

### Tratamientos evaluados

Dos tratamientos durante el periodo de evaluación fueron analizados. El tratamiento 1 (T1) obedeció a la suplementación con un alimento concentrado comercial al momento del ordeño a razón de 4 kg animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, y el tratamiento 2 (T2) se basó en la sustitución de la suplementación con pulidura de arroz como subproducto local a razón de 3,7 kg animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Cabe destacar que durante la evaluación, ambos grupos se encontraban pastoreando un SSPi con leucaena como se describió anteriormente y las cantidades de suplemento fueron establecidas a partir de simulaciones en la herramienta virtual CNCPS (Fox et al, 2000).

### Animales bajo estudio

Durante el periodo de evaluación fueron utilizados 20 indivi-

duos pertenecientes a los lotes de alta producción del sistema, los cuales por características particulares como peso, raza y producción fueron divididos aleatoriamente en dos grupos de estudio. Los individuos seleccionados estaban conformados genotípicamente por diversos cruces entre las razas: Brahman, Gyr, Holstein y Rojo Sueco, y contaban con una edad promedio de 85,5 meses  $\pm$  24,2; peso vivo de 528,4  $\pm$  79; días en leche de 168,3  $\pm$  38,6; número de partos de 5  $\pm$  2 y una producción de leche animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de 13,2  $\pm$  1,6 l.

Análisis composicional de las materias primas

Cada uno de los forrajes y materias primas fueron analizadas en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, por su contenido de proteína cruda (PC), fibra en detergente ácido (FDA), fibra en detergente neutro (FDN), cenizas (Cen), extracto etéreo (EE), calcio (Ca), fósforo (P) y materia seca (MS). En la Tabla 1 se presenta la composición nutricional encontrada. El porcentaje de N y PC se determinó por el método de Kjeldahl según NTC 4657 (1999), FDN y FDA según la técnica secuencial descrita por Van Soest et al. (1991) y EE por extracción Soxhlet por inmersión (NTC 668, 1973). Finalmente el contenido de Cen se determinó por incineración directa en una mufla a 500 °C según AOAC 942.05 (2005) y el contenido de los minerales Ca y P se determinó por espectrofotometría AA y U.V- VIS basado en NTC 5151 (2003) y 4981 (2001), respectivamente. El contenido de MS fue determinado por el método gravimétrico de la estufa de aire forzado.

### Determinación del consumo de forrajes y metodología de aforo.

El consumo de forraje promedio fue llevando a cabo gracias a 16 aforos antes y después del pastoreo durante periodo de investigación. Cada una de las determinaciones fue procesada por medio de un matriz en Excel. La cuantificación de la

**Tabla 1.** Composición nutricional de las fuentes alimenticias ofrecidas durante el estudio.

Alimento	MS (%)	FDN (%)	FDA (%)	PC (%)	Grasa (%)	Ca (%)	P (%)	Cen (%)	EB (Mcal kg <sup>-1</sup> )
<b>Leucaena</b>	20,2	31.7	21.1	23.8	1.7	0.91	0.22	7.09	4,220
<b>Estrella</b>	22	72.4	38.9	10.8	1.15	0.33	0.34	9.75	4,172
<b>Concentrado</b>	89	23.8	9.4	15	8.8	0.13	0.73	6.24	4,659
<b>Pulidura de Arroz</b>	88	20	10.6	14	18	0.07	1.95	8.63	4,901

MS: Materia seca; FDN: Fibra en detergente neutro; FDA: Fibra en detergente ácida; PC: Proteína cruda; Ca: Calcio; P: Fósforo; Cen: Cenizas; EB: Energía bruta

oferta de gramíneas se realizó de acuerdo al método de doble muestreo descrito por Haydock y Shaw (1975). Por su parte, en la cuantificación de la biomasa proveniente de leucaena se utilizó una modificación del mismo método inicialmente concebido para determinar la oferta forrajera de gramíneas.

#### Determinación de la cantidad y calidad composicional de la leche

El volumen de leche fue registrado durante los nueve días de evaluación en cada periodo por medio de un lector digital (Delaval®), para cada uno de los animales. Las muestras de leche fueron colectadas individualmente durante los dos ordeños diarios en recipientes Falcom por medio de vasos auto-muestreadores Waikato® acoplados a las máquinas de ordeño con el objetivo de tomar muestras representativas de todo el ordeño. Las muestras se analizaron en un dispositivo portátil MilkLac® (Boeco, Germany). Los valores registrados por el equipo correspondieron a indicadores de calidad de leche como: % de grasa, lactosa, sólidos no grasos (SNG), proteína, densidad, agua adicionada, temperatura y punto crioscópico.

#### Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se analizó con un diseño de sobre-cambio o *Cross over*. Para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables dependientes relacionadas a la cantidad y calidad de la leche en ambos tratamientos, se utilizó el PROC MIXED de SAS®, versión 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, EE.UU., 2001). Se establecieron dos tratamientos, los cuales contaban con dos periodos de análisis (cada uno de 9 días), y dos tiempos de acostumbramiento de 15 días entre dietas. Cada tratamiento se realizó con la misma frecuencia en cada periodo y una vez en cada unidad experimental. El diseño usado se presenta a continuación:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + P_j + T_k + C_l + E_{ijkl}$$

Donde:  $Y_{ijkl}$  es la variable dependiente;  $\mu$  es la media general de la población;  $B_i$  es efecto del lote;  $P_j$  es el efecto del periodo;  $T_k$  es el efecto del tratamiento;  $C_l$  es el efecto del *cross over* y  $E_{ijkl}$  es el error experimental.

## Resultados y discusión

#### Consumo de forraje

En el primer periodo de evaluación los animales del lote 1 (animales más grandes) registraron un consumo promedio de 15,7 y 42,63 kg de forraje verde (FV) animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> para leucaena y estrella respectivamente, y en el segundo periodo se observó un consumo promedio de 13,45 kg de leucaena y 50,88 kg de estrella para un total de 64,23 kg de FV animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Estos valores correspondieron a un consumo de 3,05 Kg de MS de leucaena y 9,54 Kg de estrella, con una participación en la dieta de 24,8% y 75,2%, respectivamente de cada especie. Estos valores se encontraron inferiores a los 15,5 Kg de MS total consumido por vacas de leche reportados por Mahecha et al. (2000), quienes encontraron una participación de leucaena en la dieta de 18,7%.

Por otra parte en el Lote 2 (animales más pequeños), en el primer periodo se encontró un consumo promedio de 10,99 kg y 29,06 kg de FV animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> para leucaena y estrella respectivamente, alcanzando un consumo total de 49,7 kg de FV animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>; en cuanto al segundo periodo se determinó un consumo de 14,30 kg leucaena y 43,81 kg de estrella (58,11 kg de FV animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>), correspondientes a un consumo de 2,65 Kg de MS de leucaena y 7,28 Kg de MS de estrella (26,9

% y 73,1 % de leucaena y estrella respectivamente). Los valores encontrados en este estudio estuvieron superiores a los reportados por Cuartas (2013) quien encontró consumos de 5,99 animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, pero estuvieron inferiores a los encontrados por Gaviria et al. (2013) quienes hallaron consumos de 9,42 Kg de MS animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Estos mismos autores encontraron consumos de leucaena del 31,2% y 22,6% de la MS, respectivamente por la técnica de n-alcanos.

#### Cantidad y composición de la leche

La producción de leche diaria encontrada en T2 fue de 14,54 animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y para T1 (concentrado comercial) fue de 16,66 animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> ( $P < 0.0058$ ). En cuanto a la calidad de leche para ambos tratamientos, se halló una cantidad de grasa de 38,27 y 37,95 g l<sup>-1</sup> ( $P = 0,8360$ ), una proteína de 32,15 y 31,77 g l<sup>-1</sup> ( $P = 0,2049$ ) y SNG de 98,15 y 97,18 g l<sup>-1</sup> ( $P = 0,3130$ ), respectivamente para T1 y T2; estas cantidades fueron superiores a los valores de grasa reportada por la Hacienda Lucerna y Reserva Natural El Hatico (36,05 y 35,02 g l<sup>-1</sup>) (Molina et al., 2013), y similares a los valores de proteína (32,96 y 31,93 g l<sup>-1</sup>) encontrados en este mismo estudio, quienes evaluaron un sistema similar al trabajado en este experimento.

### Análisis económico

Como se describió anteriormente fue evidente que el mejor desempeño lo tuvo T1 con respecto a la pulidura de arroz (T2), no sólo presentando mejores consumos de MS, sino que adicionalmente tuvo una mayor producción de leche en los animales evaluados (2 l animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>), que se vieron reflejados en un lucro cesante diario de US\$ 0,985 animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. En cuanto a la relación existente en el costo por kg del suplemento animal día<sup>-1</sup> fue calculado en US\$ 1,65 para T1 y US\$ 1,092 animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> para T2, identificándose un ahorro de US\$ 0,56 que no se vio reflejado en la ganancia total, pues el concentrado comercial, tuvo una utilidad de US\$ 6,58 animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y la pulidura de US\$ 6,03. Esta diferencia permitió establecer una diferencia por vaca día<sup>-1</sup> de US\$ 0,55, el cual para un grupo de producción de 155 vacas como el encontrado en la Hacienda Asturias equivaldría a ingresos diarios de US\$ 85,99 y de US\$ 2627,26 por mes.

### Propuesta de suplementación

Después de haber realizado todo este análisis, se encontró que ambos tratamientos poseen ventajas comparativas con respecto al otro, en primer lugar se encontró que el concentrado comercial presenta una mejor respuesta productiva en los animales que el esperado por la pulidura de arroz (principalmente característica física), pero esta última alternativa presentó una mejor calidad composicional y menor costo de compra. De esta manera y siguiendo las evaluaciones pertinentes se generó una propuesta de alimentación que consistió en realizar una combinación 50/50 de la pulidura de arroz y del concentrado comercial utilizado, con el cual se realizó una modulación de la dieta en el sistema CNCPS, observándose una mejor relación de energía y proteína y presentando una mejor relación de utilidad (Tabla 2), gracias a la ganancia observada de US\$ 0,2 animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, para un ahorro diario del hato de US\$ 30,63 y de US\$ 918,92 por mes. En la Tabla 2 se presentan el análisis de utilidad para los tres escenarios trabajados en este estudio por suplementación.

**Tabla 2.** Utilidad por alimentación en cada una de los suplementos evaluados.

(+)Concepto	Concentrado	P. de arroz	Alternativa
Producción (l)	16,66	14,54	16,66
Grasa (g/)	38,27	37,96	38,12
Proteína (g/l)	32,15	31,77	31,96
<b>(+) Pago Composición</b>			
Pago proteína (US\$/g)	0,009	0,009	0,009
Pago grasa (US\$/g)	0,003	0,003	0,003
Pago proteína (US\$/l)	0,301	0,297	0,299
Pago grasa (US\$/l)	0,117	0,116	0,117
<b>(+) Pago Bonificación</b>			
Bon BPG (US\$/l)	0,007	0,007	0,007
Hato libre brucelosis (US\$/l)	0,005	0,005	0,005
Hato libre tuberculosis (US\$/l)	0,005	0,005	0,005
Bon UFC (US\$/l)	0,043	0,043	0,043
Bon RCS (US\$/l)	0,010	0,010	0,010
Bon Frio (US\$/l)	0,007	0,007	0,007
Pago Total (US\$/l)	0,494	0,490	0,492
Ingresos (animal/día)	8,237	7,123	8,199
<b>(-) Costo suplemento</b>			
Consumo (Kg/día)	4	3,7	4
Precio suplemento (US\$/l)	0,413	0,295	0,354
Costo suplementación (US\$/l)	1,651	1,092	1,416
<b>(=) Utilidad animal día<sup>-1</sup></b>	<b>6,585</b>	<b>6,030</b>	<b>6,783</b>

## Conclusiones

La pulidura de arroz puede ser una fuente de suplemento local económica y con alto valor nutricional, que permite ser incluida en dietas de vacas con altos rendimientos productivos sin

afectar su desempeño, favoreciendo el margen de utilidad de los hatos como el evaluado en este estudio y manteniendo la calidad del producto.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a la Hacienda Asturias y a su propietario Carlos Alberto Gómez Buendía por haber permitido el desarrollado de esta evaluación dentro de sus instalaciones.

## Bibliografía

- Association Of Official Analytical Chemists (AOAC)., 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Association Of Official Analytical Chemists (AOAC)., 2005. Official Method 942.05. Determination of Ash in Animal Feed. En Official Methods of Analysis of AOAC International (18 ed.). Gaithersburg, MD, USA.
- Barahona, R., Sánchez, S., 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Revista Corpoica*. 6: 69 – 82.
- Cárdenas, E., 2003. Evaluación de una alternativa para disminuir el impacto ambiental que causan los fertilizantes nitrogenados en las pasturas de clima frío en Colombia. Tesis de Magister en Ciencias. En Medio Ambiente y Desarrollo, con énfasis en Economía Ecológica. IDEA. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Cuarta, C. A., 2013. Tesis Doctoral: Evaluación de la utilización de los nutrientes y comportamiento productivo de bovinos pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia. 172 pp.
- Food and Agriculture Organization (FAO)., 2015. Perspectivas regionales. Oficina regional de la FAO para América latina y el Caribe.
- Fox, D.G., Tylutki, T.P., Tedeschi, L.O., Van Amburgh, M.E., Chase, L.E., Pell, A.N., Overton, T.R. & Russell, J.B. (2000). The Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Herd Nutrition and Nutrient Excretion: Model Documentation. Mimeo No. 213. Animal Science Department, Cornell University, Ithaca, NY.
- Gaviria, X., Bolívar, D. M., Barahona, R. 2013. Uso de la técnica de n-alcanos para estimar el consumo y selectividad de novillos pastoreando en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi). *Rev Colomb Cienc Pecu*, 26, 456.
- Haydock, K. P., Shaw, N. H., 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 15, 663-670.
- Holdridge, L.R., 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Centre, San Jose, California, USA.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (1973). NTC 668. Alimentos y materias primas. Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (1999). NTC 4657. Alimento para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2001). NTC 4981. Alimentos para animales. Determinación del contenido de fósforo. Método espectrofotométrico. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2003). NTC 5151. Alimento para animales. Determinación de los contenidos de Calcio, Cobre, Hierro, Magnesio, Manganeso, Potasio, Sodio y Zinc. Método usando espectrometría de absorción atómica. Bogotá, Colombia.
- Mahecha, L., Duran, C. V., Rosales, M., Molina, C. H., Molina, E., 2000. Intake of African stargrass (*Cynodon plectostachyus*) and leucaena (*Leucaena leucocephala*) in a silvopastoral system. *Pasturas Tropicales*, 22 (1): 26-30.
- Molina J., Ceballos A., Murgueitio E., Campos R., Rosero R., Molina E., Molina C., Suarez J., 2013 Suplementación energética clave para vacas en sistemas silvopastoriles intensivos. *Revista Carta Fedegan* 138 pp 20 a 26.
- Murgueitio, E., Ibrahim, M. 2008. Ganadería y Medio Ambiente en América Latina. En: Ganadería del Futuro: Investigación para el desarrollo, Murgueitio E., Cuarta C. y Naranjo J. (eds). Fundación CIPAV, Cali –Colombia, pp 19 - 40.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B., 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*. 261(10), 1654–1663.
- Preston T. R., Leng R. A. 1990. Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Segunda edición. CONDRIT, Cali, Colombia. pp 312
- Shelton, M., 1996. El género *Leucaena* y su potencial para los trópicos. En: Tyrone Clavero (ed) *Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical*. Fundación Polar, Universidad del Zulia, Centro de transferencia de tecnología en pastos y forrajes. Maracaibo, Venezuela, pp 17-28.
- Statistical Analysis System (SAS)., 2001. SAS institute Inc., SAS/STAT; Software Versión 9.1 Cary, NC, USA.
- Rivera, J. E., Cuarta, C., Naranjo, J., Tafur, O., Arenas, F., Uribe, F., Chará, J., Murgueitio, E., 2012. Calidad y cantidad de leche bovina producida bajo Sistemas Silvopastoriles Intensivos en Colombia. Momoerías: IV Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos, (Marzo 21, 22 y 23). Fundación Produce Michoacán. Morelia y Apatzingán, México. pp 157 – 168.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74, 3583–3597

# Variación mensual de la biomasa del forraje en función del grado de cobertura del dosel en diferentes sistemas silvopastoriles

J.K.H. BARTRA<sup>1</sup>; C.A. RIGHI<sup>2</sup>; M.L.F. NICODEMO<sup>3</sup>

## Resumen

la reciente concientización de la importancia del árbol en la estabilidad ecológica y productiva de las pasturas ha motivado la creación de alternativas con finalidad de compatibilizar la silvicultura con la pecuaria en sistemas de producción. Los sistemas silvopastoris son considerados viables para aliar los beneficios ambientales dadas por los árboles para la producción animal, por considerarlo también como una estrategia para acabar con la pobreza en áreas degradadas rurales, dando una opción al agricultor de aprovechar sosteniblemente sus tierras. En este sentido es necesario estudiar los espaciamientos para maximizar la producción. Existiendo déficit de madera y la degradación de las pasturas urge solucionar este problema. El objetivo del trabajo fue evaluar la variación mensual de la biomasa del forraje en función del grado de cobertura del dosel en diferentes sistemas silvopastoriles. El experimento se realizó en la Estación Experimental de Anhembi/SP - Brasil (ESALQ-USP). Las especies utilizadas para este estudio fueron plantaciones de *E. urograndis*, *E. corymbia citriodora*, *P. tecunumanii*, comparado con una pastura a pleno sol. En su interior fueron delimitadas una parcela de 50x30m para el inventario forestal y para la muestra del pasto dos sub-parcelas de 10x50m, para los tratamientos: con corte, (simulación de pastoreo) y sin corte (crecimiento libre). Para estimativa de cobertura del dosel se usó un cuadro reticulado de 50x50cm y para obtener el pasto se colectó en un área de 0,25 m<sup>2</sup>. Los resultados mostraron que la parcela de *E. urograndis* mostró mejor presencia de pasto a su vez de mayor materia seca total con una media de 0,103 kg/m<sup>2</sup> en sus dos tratamientos (C/C y S/C), donde el tratamiento sin corte obtuvo mayor forraje. Se concluye que el espaciamiento es un factor clave en el desarrollo de pasturas bajo dosel, donde la especie *E. urograndis* mostro mejor biomasa del forraje.

**Palabras-claves:** *Eucalyptus urograndis*, sistema de producción, plantaciones, Forraje.

## Monthly variation of forage biomass as a function of canopy cover in different silvopastoral systems

### Abstract

The recent awareness of the importance of trees in the ecological and productive stability of pastures has led to the creation of alternatives in order to reconcile forestry and livestock production systems. Silvopastoris systems are considered viable to allying the environmental benefits provided by the trees for animal production, by also considering it as a strategy to end poverty in rural degraded areas, giving an option to farmers to sustainably harvest their land. In this sense it is necessary to study the spacing to maximize production. Existing deficit wood and pasture degradation urges solve this problem. The objective of this study was to assess monthly variation of forage biomass related to tree's dossel covertures in different silvopastoral systems. The experiment was conducted in Experimental Stations of Anhembi/SP - Brazil (ESALQ-USP). The species used for this study were plantations of *E. urograndis*, *E. citriodora corymbia*, *P. tecunumanii*, compared with a pasture full sun. Inside were delineated a plot of 50x30m for forest inventory and sign grass two sub-plots of 10x50m, for treatments: with cutting (simulated grazing) without cutting (free growth). A frame of 0.5x0.5m was used for estimation of the dossel covertures and for the grass is collected in an area of 0.25 m<sup>2</sup>. Results demonstrated that *E. urograndis* plot showed better developed understory with the highest total dry matter (an average of 0.103 kg/m<sup>2</sup>) in both treatments. We conclude that the spacing is a key factor in the development of pastures in the understory of trees. Despite the similarities on dossel coverage *E. urograndis* allowed better forage development which might be due to light transmission through its canopy.

**Key words:** *Eucalyptus urograndis*, Production system, plantations, forage.



## Introducción

La concientización de la importancia del árbol en la estabilidad ecológica y productiva de las pasturas ha motivado la creación de alternativas que tienen por finalidad compatibilizar la silvicultura con la pecuaria en sistemas de producción. En el caso de Brasil, los pastos ocupan 180 millones de hectáreas, y en concreto en la región sur del país, el 47% de la superficie productiva está ocupada por pastos, sobre todo al aire libre, con un paisaje sombrío sin el componente árbol (Ribaski; Rakocevic, 2002). A esto se suma el problema de la degradación de las pasturas, causando grandes prejuicios ambientales y económicos. Asimismo el rápido crecimiento demográfico en el sureste Brasileño (densidad poblacional de aproximadamente 87 habitantes/km<sup>2</sup>) (IBGE, 2010), ha agravado el déficit de madera para la producción de pasta de papel, energía, postes, construcciones urbano y rurales, etc. Para superar la falta de ese recurso se vienen plantando los géneros de eucalipto y pino, principalmente en las regiones tropicales y subtropicales rurales. Datos del año 2011, indica que el área ocupada por plantaciones forestales con especies de esos dos géneros, en el Brasil, totalizó 6.515.844 ha, siendo 74,8% correspondiente al área de plantaciones de Eucaliptos e 25,2% a los plantíos de Pinos (ABRAF, 2012). Sin embargo falta saber cuál sería la densidad final de los árboles en este sistema, para permitir de ese modo un mejor crecimiento del pasto. En el caso de eucalipto en un SSPs normalmente la densidad va hasta 600 árboles/ha (Nelder, 1962).

Existiendo condiciones mínimas, la radiación solar es el factor más importante en la determinación de las tasas de crecimiento vegetal y de su productividad (Bernardes et al., 1998). El porcentaje de transmisión de luz disponible para pasturas puede

ser obtenida variándose la densidad de los árboles, la cual dependerá de la arquitectura e características de crecimiento de la especie arbórea. Especies de copa amplia requieren de mayor espaciamiento, sin embargo, se la copa fue poco densa, habrá mayor transmisión de luz para el sub-bosque (Carvalho, 1998). Hay normalmente un súper-estimación de crecimiento de la planta dado el tiempo necesario para el cierre de la copa en muchos monocultivos diferentes y, en particular en áreas con espaciamiento y doseles heterogéneos. Hay una cantidad significativa de radiación (1) pasando a través del dosel y siendo parcialmente interceptado por las hojas y ramas como (2) pasando directamente sin interferencia. Asimismo el uso ordenado de la repoblación de pasturas reduce al mínimo los efectos adversos de los elementos climáticos, ya que las especies de árboles desempeñan diferentes funciones en el ecosistema en pasturas, trayendo beneficios para los animales, el medio ambiente y el pasto (Dias-Filho, 2006). Un punto relevante al buen éxito del manejo de pasturas es el reconocimiento de que la producción de forraje se concentra entre siete a ocho meses del año, una vez que en el periodo de seca el rendimiento de las pasturas reduce acentuadamente (Evangelista y Rocha, 2000). Además en un SSPs el uso eficiente de la tierra (UET) puede ser de 20 a 40% superior a los pasturas convencionales (Porfirio Da Silva, 2009).

Este estudio busca dar más opciones para el productor rural que puede aprovechar sus áreas lo máximo posible. Aún hay muchas investigaciones que necesitan ser realizadas, en este trabajo aquí se verificó la disponibilidad de forraje en locales sombreados en comparación con una pastura bien conducida a pleno sol.

## Materiales y métodos

El experimento fue realizado en la Estación Experimental de Ciencias Forestales de Anhembi/SP (EECFA) administrada por el Departamento de Ciencias Forestales de la ESALQ-USP. La Estación también es representativa de una región agrícola del interior del estado de São Paulo donde prevalecen las pequeñas propiedades rurales. Localizándose a 90 km de Piracicaba (22°40' S, 48°10' W) en las márgenes de la represa de Barra Bonita del río Tietê a una altitud de 455 m e alcanza una área total de 663,49 ha. El relieve es plano con la predominancia de latosolos y neosolos quartzarénicos. El clima es definido como Cwa por la clasificación de Köppen con estación seca de invierno e temperatura media anual de 23°C. La precipitación media anual es de 1.100 mm.

Las especies utilizadas fueron *Pinus tecunumanii*, *Eucalyptus urograndis* e *Eucalyptus corymbia citriodora* de alrededor de 11 años de edad. El espaciamiento de las plantaciones fueron 3x1,8m; 3x2m; 3x2m consecutivamente. Además fueron realizadas en ese periodo raleos: uno en pino, que se encuentra actualmente con un espaciamiento media de 3x6m; y dos en *E. urograndis*, donde actualmente se encuentra con un espaciamiento de 4x3m aproximadamente. Dentro de cada una de

estas plantaciones fueron delimitadas una parcela de 50x30m para el inventario forestal.

En el interior de cada una de las plantaciones forestales fueron instaladas dos parcelas de 10x50m. Al inicio del experimento todas las parcelas fueron cortadas a 20 cm de altura con un maquinaria agrícola (Tratamiento con corte - c/c). Para simular la presencia de animales pastadores al forraje; una de ellas fue cortada siempre cuando alcanzaba una altura de 30cm, cuando se procedía al corte hasta 20 cm. La parcela restante se mantuvo con crecimiento libre (Tratamiento sin corte - s/c). Para fines de comparación fue establecida una parcela a pleno sol, como es normalmente conducido en la región. Para la colecta de las muestras de forraje se utilizó una moldura de madera con dimensiones de 0,5x0,5m (0,25 m<sup>2</sup>). En cada uno de los tratamientos fueron realizadas 5 repeticiones y esto fue replicado en las demás especies forestales como también en el testigo (pastizal puro a pleno sol). Todo material vegetal del forraje localizado en el interior del cuadro fue colectado y colocado en sacos de papel debidamente codificados. Luego fue llevado a laboratorio donde se procedió a secarlo en una estufa de ventilación forzada a 65°C hasta alcanzar peso

constante. Seguidamente se pesaron el material vegetal en una balanza de precisión de dos decimales, (Marca adventure TM - modelo ARC120) para luego obtener la materia seca total del forraje. Con los resultados se procedió al cálculo de materia seca total en kg/m<sup>2</sup>.

Para evaluar el índice de cobertura relativa del dosel de los árboles, en la parcela de 30x50m fue utilizado un cuadro reticulado de 50 x 50 cm. La moldura tenía en su interior un fino plástico que fue dibujado de modo a formar una plantilla con 100 subdivisiones. El conteo se realizó buscando

la plantilla y contando el número de retículas en las hojas y ramas obstruyendo la visión del observador. Se consideraron como marcos cerrados el punto de mira de más de 50% de obstrucción. La primera lectura se ejecutó manteniendo recto los brazos y la cabeza por encima horizontalmente y los otros dos en direcciones ortogonales con una inclinación de 45 °. Con 3 repeticiones de datos se calculó el valor de rendimiento promedio de la tasa de cobertura expresado en porcentaje (%). Este mismo procedimiento se llevó a cabo en las demás plantaciones.

## Resultados y discusión

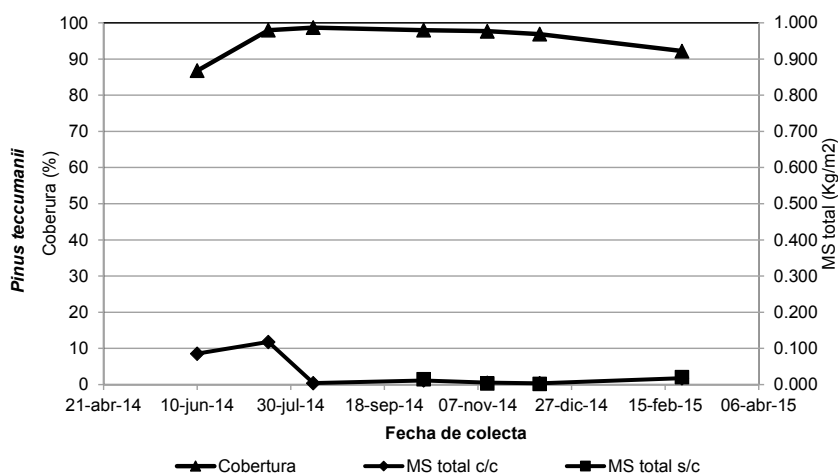
En cada una de las parcelas inventariadas se tuvo los siguientes datos: *Pinus tecunumanii* tuvo un promedio de altura en 21,23 m; dap de 20,43 cm y un diametro de copa de 6,85 m. En *Eucalipto Corymbia citriodora* tuvo un promedio de altura de 26,38 m; dap de 18,77 cm y un diametro de copa de 6,9 m. Finalmente en la especie *Eucalipto urograndis* tuvo un promedio de altura de 34 m; dap de 27,9cm y un diametro de copa de 6,1m.

La producción de materia seca total dentro de las parcelas estudiadas fueron las siguientes: En *Pinus tecunumanii* 0,045 kg/m<sup>2</sup>; *Eucalipto Corymbia citriodora* 0,059 kg/m<sup>2</sup> y en *Eucalipto urograndis* 0,206 kg/m<sup>2</sup>. Asimismo el testigo obtuvo 0,974 kg/m<sup>2</sup> de materia seca total.

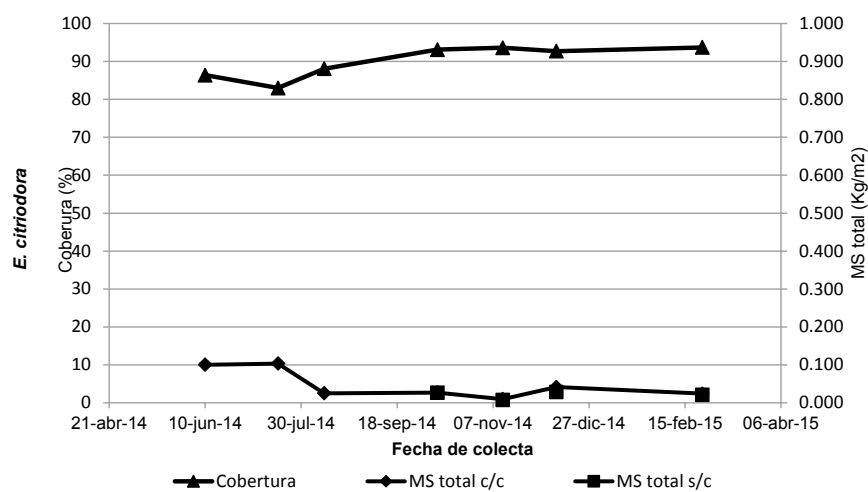
La producción de materia seca total respecto a los dos tratamientos en las parcelas de 10x50m fueron: En *Pinus tecunumanii* 0,035 kg/m<sup>2</sup> con corte y 0,010 kg/m<sup>2</sup> sin corte. *Eucalipto Corymbia citriodora* 0,038 kg/m<sup>2</sup> con corte y 0,021 kg/m<sup>2</sup> sin corte. *Eucalipto urograndis* 0,106 kg/m<sup>2</sup> con corte y 0,100 kg/m<sup>2</sup> sin corte. Asimismo el testigo obtuvo 0,373 kg/m<sup>2</sup> con corte y 0,601 kg/m<sup>2</sup> sin corte.

Como se observa en los Figura 1; los tratamientos con corte (c/c) y sin corte (s/c), varió en el transcurso de los meses en materia seca en cada situación. La mayor parte de fue decreciente, ya que en el comienzo hubo un aumento. Luego disminuyo la gradualmente entre los meses de Julio a Diciembre, meses de sequía anormal que afectó al estado de São Paulo en el en año 2014. Concordando con EVANGELISTA y ROCHA (2000) que señalan que la producción de forraje se concentra entre siete a ocho meses del año y que en el periodo de seca el rendimiento del pasto reduce acentuadamente. De modo diferente el testigo produjo más materia seca en el tratamiento sin corte. Respecto al grado de cobertura del dosel en la especie *Pinus tecunumanii* se mantuvo próximo al 100% se cobertura, a comparación de las especies *Eucalipto Corymbia citriodora* y *Eucalipto urograndis* tuvieron similitud en el grado de cobertura en un promedio del 90% y esto favoreció al aumento de forraje dajo dosel, debido al porcentaje de transmisión de luz disponible para la pastura. Esta última depende en gran parte de la densidad, arquitectura y características de crecimiento de la especie arborea (CARVALHO, 1998).

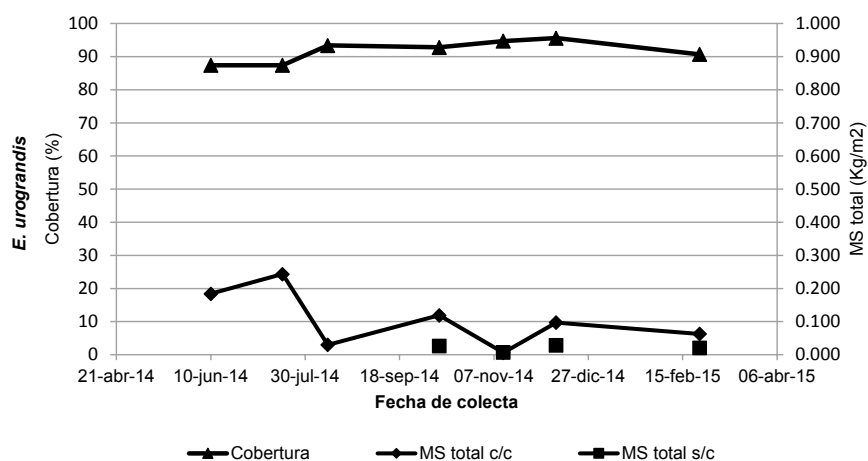
Figura. 1: Variación mensual de forraje (materia seca total - kg/m<sup>2</sup>) en función al grado de cobertura de dosel arbóreo en cada plantación.



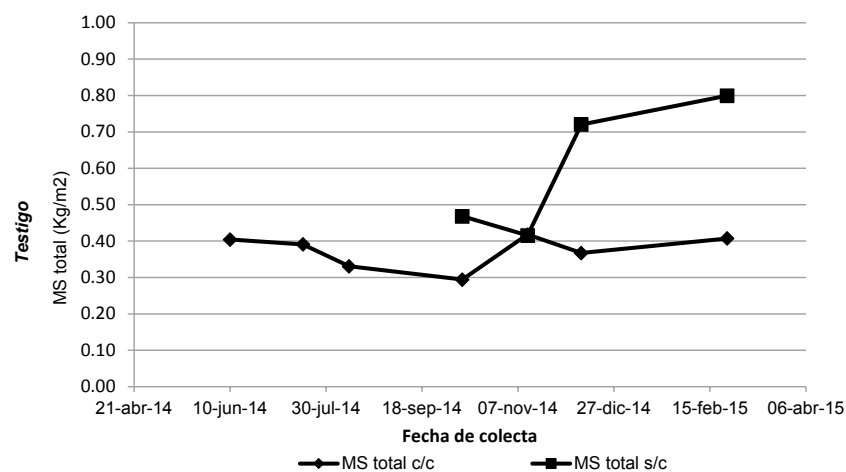
A



B



C



D

## Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que la especie *Eucalypto urograndis* obtuvo 31% y 37% mayor producción de forraje total en comparación de las especies *Eucalypto Corymbia citriodora* y *Pinus tecunumanii* respectivamente. El espaciamiento es un factor clave en el desarrollo de pasturas bajo dosel arbóreo. El espaciamiento de *Eucalyptus urograndis* favoreció la mayor presencia de pastura en su interior. Son necesarios más investigaciones relacionado a cobertura de árboles que permitan una mayor entrada de radiación solar para así desarrollar una solución simple de manejo para el agricultor.

## Bibliografía

- BERNARDES, M.S.; FURIA, L.R.R.; TERAMOTO, E.R.; BERNARDO, K.T. 1998. Interações abaixo da superfície do solo em sistema agroflorestal de seringueira (*Hevea brasiliensis*) e milho (*Zea mays*). In: CONG. BRAS. SIST. AGROFLORESTAIS, 2. Belém, 1998. Resumos expandidos. Belém: Embrapa CPATU, 14-16 p.
- CARVALHO, M.M. 1998. Arborização de pastagens cultivadas. Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 37 p. (Embrapa-CNPGL. Documentos, 64).
- DIAS-FILHO, M.B. 2006. Sistemas silvopastoris na recuperação de pastagens tropicais degradadas. Simpósios da reunião da sociedade brasileira de zootecnia-Suplemento Especial da Revista Brasileira de Zootecnia, v. 3, 535-553 p.
- EVANGELISTA, A.R.; ROCHA, G.P. 2000. Forragicultura. Lavras: UFLA/FAEPE. 134 p.
- IBGE. Censo demográfico 2010: Características da população e dos domicílios Resultados do universo Brasil. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas\\_da\\_populacao/resultados\\_do\\_universo.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf)> Acesso em 05 mar. 2014.
- NELDER, J.A. 1962. New kinds of systematic designs for spacing experiment biometrics, nº 18, 283-307 pp. -
- PORFIRIO DA SILVA, V. 2009. O Sistema silvopastoril e seus benefícios para a sustentabilidade da pecuária. Palestra no “Simpósio ABCZ-CNPC Pecuária Sustentável”. ExpoZebu. Uberaba, MG. 1-11p.
- RIBASKI, J.; RAKOCEVIC, M. 2002. Disponibilidade e qualidade da forragem de braquiária (*Brachyaria bryzantha*) em um sistema silvopastoril com eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) no noroeste do estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4, Ilhéus-Bahia.
- RIBASKI, J. 2006. Sistemas agroflorestais pecuários: Algumas experiências desenvolvidas no Brasil. Embrapa. Artigo científico. Colombo, Pr, Brasil. 1-7 p.
- ZULUAGA, A. 2012. Sistemas silvopastoriles como herramienta para La adaptación y mitigación al cambio climático. Presentación proyecto ganadería colombiana sostenible. Bogotá, Colombia. 51 p.

# Composición nutricional y degradabilidad de la materia seca de dietas de sistemas silvopastoriles intensivos y tradicionales en Colombia

J. E. Rivera Herrera\*, I. C. Molina Botero\*, G. Donney's Lemos\*, G. Villegas Sánchez\* y R. Barahona Rosales\*\*.

## Resumen

Con el objetivo de aumentar el conocimiento de la calidad nutritiva de dietas ofrecidas bajo condiciones tropicales, se evaluó la composición nutricional y la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) en algunos sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) y tradicionales (ST) en distintas regiones de Colombia. La composición nutricional fue determinada por un análisis proximal y la DIVMS (48 h) se evaluó en un incubador Daisy II®. Las dietas de SSPi presentaron mayor aporte de nutrientes, especialmente de PC y menores tenores de FDA y FDN. En los SSPi con *Leucaena leucocephala* se mejoró la calidad nutricional de la dieta, incrementando en 25% el aporte de PC y disminuyendo en 15 y 6% el porcentaje de FDN y FDA, respectivamente, cuando esta leguminosa constituyó una cuarta parte de la dieta. En los sistemas con *Tithonia diversifolia*, la calidad de la dieta también mejoró, con aumentos de 30% en contenidos de PC (siendo mayor en la zona del Cesar) y disminuyendo en 16% el contenido de FDN. Además, se aumentaron los contenidos de calcio y fósforo en 6,5 y 2,5%, respectivamente. Con respecto a la DIVMS, todos los SSPi tuvieron mayores porcentajes de desaparición de la MS, a excepción de un escenario en el departamento del Valle del Cauca. La mayor diferencia en DIVMS entre sistemas se encontró en la región del Cesar (19% más en el SSPi), lo cual favorece la disponibilidad de nutrientes en estas zonas cuando es incluida *T. diversifolia* en pasturas de baja calidad a base de Brachiarias. En el caso de leucaena, el SSPi tuvo 10% más de degradación.

Se concluye que al incluir arbustivas como *T. diversifolia* y *L. leucocephala* en los SSPi se incrementa la oferta de nutrientes y la degradabilidad de la MS frente a sistemas tradicionales.

**Palabras clave:** Arbustivas, botón de oro, , calidad nutricional, *Leucaena*, productividad animal.

## Nutritional composition and degradability of diets offered in traditional and intensive silvopastoral systems in Colombia

## Abstract

With the aim of increasing awareness of the nutritional quality of diets offered under tropical conditions, nutritional composition and IVDMD of the diet of some intensive silvopastoral (ISS) and traditional systems from different regions of Colombia were evaluated. The nutritional composition was determined by a proximal analysis and IVDMD (48 h) was evaluated in a Daisy II® incubator. ISS diets supplied a greater amount of nutrients, especially CP and lower ADF and NDF content. In ISS with *Leucaena leucocephala*, the nutritional quality of the diet was improved, increasing in 25% the CP content and decreasing in 15 and 6% the content of NDF and ADF, respectively, when this legume constituted 25% of the diet. In systems with *Tithonia diversifolia*, the quality of the diet was also improved, with increases of 30% in CP content (being higher in the Cesar region) and decreasing NDF content by 16%. In addition, calcium and phosphorus content were increased 6.5 and 2.5%, respectively. Regarding IVDMD, all ISS had greater IVDMD, except for a scenario in Valle del Cauca. The biggest difference in IVDMD between systems was found in the region of Cesar (19% greater for the ISS diet), which favours nutrient availability in these areas where *T. diversifolia* is included in low quality pasturelands based on Brachiaria. In the case of leucaena, the ISS diet had 10% greater degradation.

**Keywords:** Animal productivity, cattle is grazing, *Leucaena*, Mexican sunflower, nutritional quality, shrubs.

\* Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV. Carrera 25 No 6-62 Cali, Colombia. jrivera@fun.cipav.org.co. \*\*Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

## Introducción

En los sistemas ganaderos, no solo de Colombia sino de Latinoamérica y el trópico, la alimentación depende casi exclusivamente del forraje producido por las praderas (Barahona y Sánchez, 2005; Murgueitio et al., 2011). Durante los largos períodos de sequía que se presentan en la mayoría de las regiones ganaderas, la producción y calidad del forraje se reducen en forma dramática, constituyéndose en las principales causas de los bajos índices zootécnicos de la ganadería nacional (Mahecha, et al., 2003; Cuartas, 2013). Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) han mostrado ser una alternativa tecnológica que mejora la competitividad de la ganadería, dado que mejoran sustancialmente los indicadores productivos vegetales y animales, mejoran el bienestar animal (Tarazona et al., 2013) y simultáneamente introducen prácticas de manejo en el sistema que hacen más eficiente

la producción ganadera (Murgueitio et al., 2011; Cuartas et al., 2014).

El conocimiento de la calidad nutritiva de los forrajes es clave para un adecuado ajuste de planes de alimentación y para lograr mejores parámetros productivos (Barahona y Sánchez, 2005; Rivera et al., 2012). Es por esto que la investigación de nuevas especies forrajeras, la manera de utilizarlas más eficientemente, el uso de herramientas eficaces para su análisis y el conocimiento del comportamiento productivo animal deben ser objeto de constante estudio.

Con el objetivo de ampliar el conocimiento de algunas dietas ofrecidas bajo condiciones de pastoreo, se evaluó la oferta de nutrientes y degradabilidad de la materia seca en diferentes SSPi y sistemas tradicionales en distintas regiones de Colombia.

## Materiales y métodos

**Sistemas y dietas evaluadas:** Cuatro sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) y cinco sistemas tradicionales (ST) fueron evaluados en diferentes zonas de Colombia bajo condiciones contrastantes de producción, específicamente en los departamentos de Antioquia, Cesar y Valle del Cauca.

Los SSPi evaluados fueron: (1) SSPi con *Leucaena Leucocephala* (Lam.) de Wit. (>8000 arb/ha) y *Cynodon plectostachyus* (K.Schum.) Pilg. asociados a árboles dispersos en potrero con suplementación; (2) SSPi con *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. (> 4000 arb./ha) y pasturas del género *Brachiaria* y guineas asociados a árboles maderables en zonas secas y ácidas; (3) SSPi con *T. diversifolia* (> 3000 arb./ha) y *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. más

suplementación en condiciones de trópico de altura (>2000 m.s.n.m) y, (4) SSPi con *L. Leucocephala* y *C. plectostachyus* sin suplementación en condiciones de bs- T; y los ST fueron: (1) ST basado en *C. plectostachyus* más suplementación en condiciones de bs - T; (2) ST basado en *Brachiarias* y guineas en zonas secas y ácidas en el norte de Colombia; (3) S. T. de *P. clandestinum* más suplementación en zonas de trópico de altura; (4) ST basado en *C. plectostachyus* sin suplementación y (4) ST de *Axonopus catarinensis* Valls en zonas de altura (>2300 m.s.n.m). En la Tabla 1 se muestran las características de las zonas donde se encontraban los sistemas y en la Tabla 2 se presenta los diferentes componentes que conformaron las dietas. Cabe destacar que los porcentajes de inclusión fueron

**Tabla 1.** Características medioambientales de las zonas donde se encontraban los diferentes sistemas evaluados

	Valle del Cauca*	Cesar**	Antioquia***	Valle del Cauca****	Antioquia****
Zona de Vida	bs - T	bs - T	bmh - MB	bs - T	bmh - MB
Altura sobre el nivel del mar (m)	1000	76	2350	960	2350
Precipitación promedio anual (mm)	750	1100	2500	1110	2500
Temperatura media anual (°C)	25	30	16	26	16
Tipo de suelos	Franco con pH de 6,7	Franco arcillo arenosos con pH de 5,4	Franco arenosos con pH de 5,5	Franco con pH de 6,8	Franco arenosos con pH de 5,9
Tipo de pastoreo	rotacional	rotacional	rotacional	rotacional	rotacional
Orientación bovina	levante - lechería	levante - ceba	lechería	levante- lechería	levante- lechería
Coordenadas	3° 38' 39" N - 76° 19' 11" O	8°57'14.20" N - 73°39'12.87" O	6° 8' 27.35" N - 75° 28' 5.45" O	4° 13' 07" N - 76° 09' 03" O	6° 8' 27.35" N - 75° 28' 5.45" O

\*SSPi con *L. Leucocephala* y *C. plectostachyus* con suplementación y S. tradicional basado en *C. plectostachyus* más suplementación;

\*\*SSPi con *T. diversifolia* y pasturas del género *Brachiaria* y guineas, y S. tradicional basado en *Brachiarias* y guineas; \*\*\* SSPi con *T. diversifolia* y *P. clandestinum* más suplementación y S. tradicional basado en *P. clandestinum* más suplementación; \*\*\*\* SSPi con *L. Leucocephala* y *C. plectostachyus* y S. tradicional basado en *C. plectostachyus* sin suplementación, \*\*\*\*\**Axonopus catarinensis* Valls

determinados por medio de aforos en cada uno de los sistemas y al pesaje de los suplementos al momento de ser ofrecidos. Además, todas las pasturas y arbustivas fueron colectadas en época de verano.

**Análisis bromatológico:** Las dietas fueron analizadas en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, por su contenido de: porcentaje de N y proteína cruda (PC; método de Kjeldahl según NTC 4657, 1999), FDN y FDA (técnica secuencial de Van Soest et al., 1991) y extracto etéreo (EE; extracción Soxhlet por inmersión, NTC 668, 1973). El contenido de cenizas se determinó por incineración directa en una mufla a 500 °C según AOAC 942.05 (2005) y el contenido de los minerales Ca y P se determinó por espectrofotometría AA y U.V- VIS basado en NTC 5151 (2003) y 4981 (2001), respectivamente. Adicionalmente el contenido de MS fue determinado en estufa de aire forzado a 105 °C hasta alcanzar peso constante (ISO 6496).

**Degradación de la materia seca:** Para esta determinación (digestibilidad *in vitro* de la MS a las 48 horas; DIVMS), se

siguió el protocolo recomendado para el incubador Daisy II<sup>®</sup>, (ANKOM Technology, Fairport, NY-USA) (ANKON, 2008), usando bolsas FN° 57 con un tamaño de poro de 25 µm y dimensiones de 5 x 4 cm fabricadas de poliéster/polietileno. En estas se depositaron 0,5 g de muestra para obtener un área efectiva por bolsa de 20 cm<sup>2</sup> lo que corresponde a una relación tamaño de la muestra y superficie de la bolsa de 25 mg/cm<sup>2</sup> (ANKON, 2008). En cada una de las cuatro jarras de digestión se incubaron al azar tres réplicas de cada dieta (27 bolsas/jarra). Para la digestión se adicionó líquido ruminal a cada jarra en una proporción de 4:1 (Mauricio et al., 2001). La solución fue agitada vigorosamente para permitir una mezcla uniforme y fue saturada continuamente con CO<sub>2</sub>, hasta ser llevada al sistema Daisy II.

**Análisis estadístico:** Los resultados se analizaron utilizando un diseño en bloques completos al azar con cuatro bloques (jarras) y tres repeticiones por dieta en cada una de las jarras. La comparación de las medias se hizo mediante la prueba de Tukey. Para los análisis estadísticos se usó el software SAS<sup>®</sup>, versión 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2001).

**Tabla 2.** Composición de las dietas evaluadas como porcentaje (%) de inclusión de los diferentes componentes de la MS total

	Valle del Cauca*		Cesar**		Antioquia***		Valle del Cauca****		Antioquia *****
	SSPi	ST	SSPi	ST	SSPi	ST	SSPi	ST	
<i>M. maximus</i>	-	-	-	-	-	-	42,0	54,0	-
<i>L. leucocephala</i>	16,86	-	-	-	-	-	27,0	-	-
<i>C. plectostachyus</i>	50,73	46,04	-	-	-	-	31,0	46,0	-
<i>T. diversifolia</i>	-	-	34	-	30,0	-	-	-	-
<i>P. clandestinum</i>	-	-	-	-	63,0	91,0	-	-	-
Salvado de Arroz	24,54	-	-	-	-	-	-	-	-
Germen de Maíz	7,87	-	-	-	-	-	-	-	-
Concentrado Pellet	-	31,67	-	-	-	-	-	-	-
Concentrado Harina	-	10,56	-	-	7,0	9,0	-	-	-
Cogollo de Caña	-	11,73	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. caterinensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	100,0
<i>Brachiarias</i>	-	-	66	100	-	-	-	-	-

\*SSPi con *L. Leucocephala* y *C. plectostachyus* con suplementación y S. tradicional basado en *C. plectostachyus* más suplementación;

\*\*SSPi con *T. diversifolia* y pasturas del genero *Brachiaria* y guineas, y S. tradicional basado en *Brachiarias* y guineas; \*\*\* SSPi con *T. diversifolia* y *P. clandestinum* más suplementación y S. tradicional basado en *P. clandestinum* más suplementación; \*\*\*\* SSPi con *L. Leucocephala* y *C. plectostachyus* y S. tradicional basado en *C. plectostachyus* sin suplementación, \*\*\*\*\**Axonopus caterinensis* Valls

## Resultados y Discusión

En la Tabla 3 se muestran las fracciones químicas de las dietas evaluadas. En cada localidad se contrastaron los SSPi con sus respectivos ST para así determinar cambios en sus características químicas.

Para cada uno de los escenarios, los SSPi presentaron mayor aporte de nutrientes, especialmente de PC y menores tenores de FDA y FDN. En los SSPi con *L. leucocephala* (Valle del Cauca) la presencia de esta leguminosa como parte del 25%

de la dieta total permitió un aumento de 25% en PC y una disminución de 15 y 6% en el contenido de FDN y FDA respectivamente y un aumento de 30% en contenido de calcio.

Molina et al. (2013) reportaron que *L. leucocephala* puede contener hasta tres veces más de PC que las pasturas comúnmente ofrecidas en condiciones de bosque seco tropical. Asimismo, Cardona et al. (2002), y Yousuf et al. (2007), reportaron un alto contenido de proteína en leucaena (22,3 y 30,0%, respectiva-

## Area 1: Producción agropecuaria y forestal en los sistemas silvopastoriles y agroforestales

**Tabla 3.** Composición química (%) de las dietas evaluadas en SSPi y sistemas tradicionales

	Valle del Cauca*		Cesar**		Antioquia***		Valle del Cauca****		Antioquia****
	SSPi	ST	SSPi	ST	SSPi	ST	SSPi	ST	
<b>Hum</b>	79,41	76,83	78,23	76,7	76,89	77,78	76,24	75,86	81,42
<b>PC</b>	17,5	16,25	12,11	6,3	18,98	16,38	15,94	11,69	12,7
<b>FDN</b>	47,9	51,3	57,74	69,1	48,51	54,93	60,78	69,84	67,8
<b>FDA</b>	26,9	29,2	40,40	42,1	38,55	28,80	38,6	40,87	34,3
<b>EE</b>	1,58	2,8	2,28	1,56	2,63	3,42	1,58	1,46	2,03
<b>Cen</b>	8,99	10,08	10,09	8,22	11,30	10,27	10,76	11,83	9
<b>Ca</b>	0,41	0,73	0,84	0,24	1,62	0,67	0,45	0,28	0,54
<b>P</b>	0,73	0,24	0,24	0,14	0,30	0,28	0,27	0,28	0,24

Hum: Humedad; PC: Proteína Cruda; FDN: Fibra insoluble en detergente neutro; FDA: Fibra insoluble en detergente ácido; EE: Extracto etéreo; Cen: Cenizas; Ca: Calcio; P: Fósforo; \*SSPi con *L. leucocephala* y *C. plectostachyus* con suplementación y S. tradicional basado en *C. plectostachyus* más suplementación; \*\*SSPi con *T. diversifolia* y pasturas del género *Brachiaria* y guineas, y S. tradicional basado en *Brachiarias* y guineas; \*\*\* SSPi con *T. diversifolia* y *P. clandestinum* más suplementación y S. tradicional basado en *P. clandestinum* más suplementación; \*\*\*\* *A. catarinensis*.

mente). Por su parte, Tedonkeng et al. (2005) encontraron contenidos de proteína de 24,88 y 28,02% en muestras de leucaena cosechada en época seca y lluviosa respectivamente.

En cuanto a los contenidos de FDA y FDN en *L. leucocephala*, García et al. (2009) reportaron contenidos promedio de 23,4 y 39,5% para ambas fracciones respectivamente, porcentajes muy inferiores a lo comúnmente descrito por pasturas tropicales, que fácilmente pueden sobrepasar el 50% (Barahona y Sánchez, 2005). Por esta razón, la inclusión de leguminosas como *L. leucocephala* puede favorecer la oferta de nutrientes y por consiguiente, aumentar la productividad animal (Murgueta et al., 2011; Cuartas, 2012).

En los sistemas evaluados en los departamentos de Antioquia y Cesar se observó también un efecto de *T. diversifolia* sobre la calidad de dietas de zonas altas basadas en *P. clandestinum* y dietas de zonas bajas y cálidas basadas en pastos del género *Brachiaria*. A pesar de que esta arbustiva no es leguminosa, su inclusión aumentó en 30% el contenido promedio de PC (siendo este efecto mayor en la zona del Cesar) y disminuyó en promedio en 16% el contenido de FDN. Además, se aumentó el contenido de calcio y fósforo en 6,5 y 2,5% en promedio respectivamente. *Tithonia diversifolia* es una arbustiva de alta capacidad de adaptación a múltiples condiciones no solo de clima sino también de suelo. Su capacidad de rebrote y crecimiento, alto valor nutritivo, gran volumen radicular y fácil manejo la hacen una especie de gran importancia alimenticia bajo pastoreo (Olabode et al., 2007; García et al., 2009).

Con respecto a la degradación de la MS (Tabla 4), todas las dietas de los SSPi tuvieron mayores porcentajes de desaparición a excepción de uno de los escenarios evaluados en el departamento del Valle del Cauca donde el ST tenía una importante cantidad de suplementación basada en alimentos concentrados (42%).

La mayor diferencia entre sistemas se encontró en la región del Cesar (19% más degradación en el SSPi), siendo la degradación aumentada por la inclusión de *T. diversifolia* en dietas basadas pasturas de baja calidad del género *Brachiaria*, esperándose una mejora en el desempeño animal cuando esta dieta es disponible a los animales. También cabe mencionar el incremento de la degradación en una de las zonas del Valle del Cauca, donde en la presencia de leucaena, este parámetro aumentó en 7%.

Es importante destacar que aunque la degradación de arbustivas como *L. leucocephala* y *T. diversifolia* puede parecer modesta, su aporte de N ocurre tanto en rumen como en duodeno, al existir un aporte considerable de proteína de sobrepaso que en condiciones de producción contribuiría a un aporte equilibrado de N para la síntesis de proteína microbiana y para las necesidades del animal (La O et al., 2003; Rodríguez et al., 2005). Además, aunque el forraje de ambas especies contiene metabolitos secundarios, varios estudios han indicado que éstos no tienen efectos sobre la producción de gas, aunque habría que examinar su efecto sobre la degradación del N (La O et al., 2003; Rodríguez et al., 2005).

**Tabla 4.** Degradación de la materia seca (MS) en porcentaje (%) para las dietas evaluadas.

	Valle del Cauca*	Cesar**	Antioquia***	Valle del Cauca****	Antioquia****
SSPi	58.15b	60.74a	63.92a	59.93a	-
ST	60.11a	53.28b	61.54b	56.07b	65.89

<sup>a, b</sup> Letras distintas en una misma columna indican diferencia estadística ( $p < 0,05$ ). \*SSPi con *L. leucocephala* y *C. plectostachyus* con suplementación y S. tradicional basado en *C. plectostachyus* más suplementación; \*\*SSPi con *T. diversifolia* y pasturas del género *Brachiaria* y guineas, y S. tradicional basado en *Brachiarias* y guineas; \*\*\* SSPi con *T. diversifolia* y *P. clandestinum* más suplementación y S. tradicional basado en *P. clandestinum* más suplementación; \*\*\*\* *Axonopus catarinensis* VALLS



## Conclusiones

En diferentes condiciones ambientales y de manejo, la presencia de arbustivas como *T. diversifolia* y *L. leucocephala* en los SSPi puede incrementar la oferta de nutrientes como PC y algunos minerales, además de disminuir los contenidos de fibra

(FDN y FDA), y mejorar la degradabilidad de la materia seca de la dieta en comparación a sistemas convencionales favoreciendo al productividad animal y la rentabilidad del sistema.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al convenio: “*Análisis de sistemas productivos en Colombia para la adaptación al cambio climático*”, liderado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR). Se igual forma se dan los agradecimientos a los predios Lucerna, Cien Años de Soledad, Sinaí, El Hatico y El Trejito por haber permitido el desarrollado de algunas actividades dentro de sus instalaciones.

## Bibliografía

- Ankom Technology., 2008. Procedures for fiber and in vitro analysis. Disponible en: [http://www.ankom.com/09\\_procedures/Daisy%20method.pdf](http://www.ankom.com/09_procedures/Daisy%20method.pdf)
- Association Of Official Analytical Chemists (AOAC)., 2005. Official Method 942.05. Determination of Ash in Animal Feed. En Official Methods of Analysis of AOAC International (18 ed.). Gaithersburg, MD, USA. pp 8.
- Barahona, R., Sánchez, S., 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. Revista Corpoica. 6, 69 – 82.
- Carmona, J. C., Bolívar, D., Giraldo, L. A., 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. Rev Col Cienc Pec, 18 (1), 49 – 63.
- Cuartas, C. A. 2013. Evaluación de la utilización de los nutrientes y comportamiento productivo de bovinos pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*. Tesis para optar el título de P. hD. Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias. Medellín. pp 172.
- Cuartas C., J. Naranjo, A. Tarazona, E. Murgueitio, J. Chará, J. Ku, J., M. Flores- Xóchilt, B. Solorio, R. Barahona., 2012. Contribution of intensive silvopastoral systems to the adaptation and mitigation of climate change in the livestock sector. Rev. Col. Cienc. Pec. 27,76-94
- García, D. E., Medina, M. G., Cova, L. J., Clavero, T., Torres, A., Perdomo, D., Santos O., 2009. Evaluación integral de recursos forrajeros para rumiantes en el estado Trujillo, Venezuela. Rev. Fac. Agron. 26: 555-582.
- Holdridge, L., 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), San José. pp 216.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)., 1973. NTC 668. Alimentos y materias primas. Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)., 1999. NTC 4657. Alimento para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl. Bogotá, Colombia
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)., 2001. NTC 4981. Alimentos para animales. Determinación del contenido de fósforo. Método espectrofotométrico. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)., 2003. NTC 5151. Alimento para animales. Determinación de los contenidos de Calcio, Cobre, Hierro, Magnesio, Manganeso, Potasio, Sodio y Zinc. Método usando espectrometría de absorción atómica. Bogotá, Colombia.
- International Organization for Standardization. (1999). Animal feeding stuffs. Determination of moisture and other volatile matter content. ISO 6496. Geneva, Switzerland.
- La O, O., Chongo, B., Delgado, D., Ruiz, T.E., Elías, A., Stuart, J.R., Torres, V., 2003. Dry matter and total nitrogen ruminal degradability of six ecotypes of *Leucaena leucocephala*. Cuban J. Agric. Sci., 37, 265- 270.
- Mahecha, L. 2003. Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 16 (1), 11 – 18.
- Mauricio, R. M., Owen, E., Mould, F. L., Givens, D. I., Theodorou, M. K., France, J., Davies, D. R., Dhanoa, M. S., 2001. Comparison of bovine rumen liquor and bovine faeces as inoculum for an in vitro gas production technique for evaluating forages. Animal Feed Science and Technology, 89, 33–48

- Molina, I., Cantet, J. M., Montoya, S., Correa, G., Barahona, R., 2013. Producción de metano *in vitro* de dos gramíneas tropicales solas y mezcladas con *Leucaena leucocephala* o *Gliricidia sepium*. Revista CES de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 8 (2), 15 – 31.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B., 2010. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. Forest Ecology and Management. 261 (10), 1654–1663
- Olabode, O.S., Sola, O., Akanbi, W. B., Adesina, G. O., Babajide, P. A., 2007. Evaluation of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray for Soil Improvement. World Journal of Agricultural Sciences 3 (4): 503-507
- Rivera, J. E., Naranjo, J. F., Cuartas, C. A. y Arenas, F. A., 2013. Fermentación in vitro y composición química de algunos forrajes y dietas ofrecidas bajo un Sistema Silvopastoril en el trópico de altura. Livestock Research for Rural Development. Volume 25, Article #174. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd25/10/rive25174.htm>
- Rodríguez, R., Solanas, E., Fondevila, M., 2005. Evaluation of four tropical browse legumes as nitrogen sources: Comparison of in vitro gas production with other methods to determine N degradability. Anim. Feed Sci. Technol, 123 (124), 341-350.
- SAS®. SAS/STAT User's Guide. Institute Inc. Statistical Analysis Systems Institute. Version 9.0 th Ed. Cary, NC.: SAS Institute Inc. 2003.
- Tarazona, A. M., Ceballos, M. C., Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., Murgueitio, E., & Barahona, R. (2013). The relationship between nutritional status and bovine welfare associated with adoption of intensive silvopastoral systems in tropical conditions. In FAO (Ed.), Enhancing animal welfare and farmer income through strategic animal feeding - Some Case Studies (pp. 69 – 78). Italy.
- Tedonkeng, E., Fonteh, F., Tendongkeng, F., Kana, J., Boukila, B., Djaga, P., Fomewang, G., 2006. Influence of supplementary feeding with multipurpose leguminous tree leaves on kid growth and milk production in the West African dwarf goat. Small Ruminant Res, 63, 142-149.
- Van Soest, P. J., 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feed. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. J Assoc Off Anal Chem, 46 (5), 829.
- Yousuf, M. F., Belewu, M. A., Daramola, J. O., Ogundun, N. I., 2007. Protein supplementary values of cassava, leucaena and gliricidia leaf meals in goats fed low quality *Panicum maximum* hay. Research for Rural Development, 19. Article # 23. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd19/2/yous19023.htm>

# Evaluación de variables de crecimiento animal bajo sistema silvopastoril con dos forrajeras en Misiones

A.J. Pantiu<sup>1</sup>; A. Capellari<sup>1</sup>; L.I. Giménez<sup>2</sup>; V. Kurtz<sup>3</sup>.

## Resumen

Con el objetivo de evaluar variables de crecimiento animal bajo un sistema silvopastoril con dos especies forrajeras, se instaló un ensayo en la localidad de Puerto Esperanza, provincia de Misiones. Se trabajó con dos sistemas silvopastoriles constituidos por *Pinus elliottii* var *elliottii* x *Pinus caribaea* var *Hondurensis* F2 como componente forestal, *Axonopus catarinensis* var Valls y *Brachiaria brizantha* cv MG5 como componente forrajero y vaquillonas tipo Braford, componente animal. Del forraje se midió proteína bruta y disponibilidad, por la técnica botanal. Cada dos meses se midió el peso vivo de los animales por medio del uso de una balanza tipo báscula individual y alzada a la cruz y grupa con el uso de una cinta métrica. Los datos se analizaron en un contexto de modelos lineales mixtos con estructura autorregresiva para medidas repetidas en el tiempo. Los resultados de producción animal obtenidos después de 190 días de evaluación, indican diferencias significativamente estadísticas de todas las variables de crecimiento animal evaluadas entre los animales que pastorearon *Axonopus catarinensis* respecto a los que estuvieron en la *Brachiaria brizantha*.

**Palabras clave:** *Axonopus catarinensis*, *Brachiaria brizantha*, producción animal.

## Evaluation of variables of animal growth under silvopastoral system with two forage in Misiones

## Abstract

With the objective of evaluating animal growth variables under a silvopastoral system with two forage species, a trial was installed in the town of Puerto Esperanza, Misiones. It worked with two silvopastoral systems consisting of *Pinus elliottii* var *elliottii* x *Pinus caribaea* var *Hondurensis* F2 as forestry component, *Axonopus catarinensis* var Valls and *Brachiaria brizantha* cv MG5 as a forage component and Braford heifers type, animal component. Crude protein and forage availability was measured by botanal technique. Every two months the live weight of the animals was measured by use of a standard balance individual scale and height at the withers and croup using a tape measure. Data were analyzed in the context of mixed linear models with autoregressive structure for repeated measures in time. The results of animal production obtained after 190 days of evaluation, statistics indicate significant differences for all variables evaluated animal growth among the animals that grazed *Axonopus catarinensis* respect to those who were in *Brachiaria brizantha*.

**Key words:** *Axonopus catarinensis*, *Brachiaria brizantha*, animal production.

<sup>1</sup> Universidad de Nacional del Nordeste (Facultad de Ciencias Veterinarias) Av. Sargento Cabral 2139 (CP 3400) Corrientes, Argentina. e-mail: apantiu@gmail.com. <sup>2</sup> Universidad de Nacional del Nordeste (Facultad de Ciencias Agrarias). <sup>3</sup> Agencia de Extensión Rural, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Eldorado Misiones, Argentina.

## Introducción

En Argentina, las pasturas constituyen la fuente de alimentación más barata para los rumiantes, por lo cual es fundamental potenciar su productividad y la eficiencia con que el forraje es cosechado por los animales y transformado en producto final (Cangiano y Brizuela, 2011). En el NEA, las pasturas tienen limitaciones para aportar los nutrientes necesarios a los animales, debido a su crecimiento estacional. Los sistemas pastoriles están muy expuestos a las variaciones climáticas y con estas variaciones cambia el aporte de forraje (Pizzio *et al.*, 1999).

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son una opción para contribuir a la base alimentaria en los sistemas ganaderos; ya que en estos sistemas, la producción total de biomasa es usualmente mayor que en los monocultivos. Sin embargo, las in-

teracciones que se producen entre los componentes de estos sistemas pueden determinar su capacidad productiva. Esta varía según sea la modalidad del sistema silvopastoril. Giraldo y Vélez (1993) señalaron que la producción de biomasa de estos sistemas dependerá, entre otros factores, de las especies seleccionadas, de la densidad del componente arbóreo, del arreglo espacial y del manejo aplicado.

Por lo tanto, es necesario escoger el forraje que puede ser utilizado en condiciones de luminosidad reducida (Castro *et al.*, 1999). Actualmente el *Axonopus catarinensis* y las gramíneas del género *Brachiaria* son las forrajeras más utilizadas en estos sistemas. Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue evaluar variables de crecimiento animal bajo un sistema silvopastoril con dos especies forrajeras, en el norte de la provincia de Misiones.

## Materiales y Métodos

El ensayo se llevó a cabo en la propiedad de la empresa “El Molino”, localizado en Puerto Esperanza, Iguazú, Misiones; siendo las coordenadas geográficas 26° 01' sur y 54° 34' oeste. El clima de la región es subtropical húmedo con temperaturas medias anuales del orden de los 21,5°C y precipitaciones isohigras del orden de los 1800 mm anuales (PTR, 2006-2008). Se trabajó con dos SSP con una superficie de 24 ha cada uno; uno de ellos constituido por Pino híbrido F2-Pee x Pch de 6 años como componente forestal, *Brachiaria brizantha* cv MG5 como componente forrajero y vaquillonas tipo Braford como componente animal; mientras que el otro SSP, presentó el mismo componente forestal y animal, pero el componente forrajero fue el *Axonopus catarinensis* Valls.

La plantación del pino híbrido F2, se realizó en octubre del 2005 con un espaciamiento de 4 x 2 m, cuya densidad inicial fue de 1.250 árboles/ha. Los tratamientos silvoculturales que se realizaron fueron el control de plagas (hormigas) y malezas. En el 2007 los árboles fueron podados hasta 0,70 - 0,80 m de altura; en el 2008 hasta 2,50 - 3 m; y en el 2010 hasta 5 - 6 m de altura.

El *Axonopus catarinensis*, fue implantado en septiembre del 2007, por medio de tubetes forestales; con un espaciamiento de 2 x 1,5 m y una densidad inicial de plantación de 2.220 plantas/ha. La *Brachiaria brizantha*, fue implantada en septiembre del 2006, a una densidad de 8 kg de semillas/ha.

Los animales fueron seleccionados de un lote de vaquillonas para cría provenientes de un establecimiento de la provincia de Misiones, con un peso vivo promedio de 129 kg. Para el ensayo, utilizamos un total 112 vaquillonas de reposición biotipo racial

Braford, que fueron identificadas mediante caravanas y asignadas al azar a los tratamientos (*Axonopus catarinensis* y *Brachiaria brizantha*). Todos los animales se sometieron a las mismas condiciones de manejo y sanitarias, con iguales asignaciones de forraje, o sea igual carga animal.

Del marco experimental, la toma de muestra para la evaluación de la pastura se realizó con un aro de 1 m<sup>2</sup> de superficie; para lo cual las parcelas fueron subdivididas en 5 subparcelas, en las cuales se ha lanzado el aro 20 veces al azar; luego se cortó el pasto respetando una altura de 15 cm aproximadamente. Estas muestras fueron llevadas a laboratorio donde el material de cada aro fue pesado en fresco y secado a estufa con aire forzado a 60°C hasta peso constante, luego de lo cual se pesó para obtener la cantidad de materia seca. De cada subparcela se tomó una muestra representativa de todos los cortes y se llevaron al laboratorio para la determinación de proteína bruta (PB) por la técnica de micro Kjeldahl (A.O.A.C., 1980). Del componente animal, se determinó peso vivo usando una balanza tipo báscula individual cada dos meses desde el ingreso (julio de 2011) de los animales hasta su egreso (enero del 2012) por un período de 190 días. Se realizó en cada pesada la medición de la alzada a la cruz y grupa con el uso de una cinta métrica.

Para un diseño completo al azar se realizó análisis de la varianza para las variables del componente forrajero; mientras que las variables del componente animal se analizaron en un contexto de modelos lineales generales y mixtos con estructura autorregresiva para medidas repetidas en el tiempo, utilizando el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

## Resultados y Discusión

Del componente forrajero, la disponibilidad inicial de MS/ha fue mayor en la *Brachiaria* marcando diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) respecto al *Axonopus*, y posteriormente se mantuvieron similar hasta el final del ensayo (tabla 1).

La disponibilidad promedio de *B. brizantha* fue de 3.517±158

kg MS/ha, mientras que del *A. catarinensis* fue de 3.199±158 kg MS/ha. Se ha documentado que *A. catarinensis* en SSP bajo pino produce entre 6.000 y 9.000 kg de MS/ha/año (Rossner *et al.*, 2008). Algunos autores mencionan que esta pastura alcanza máximos de producción con niveles de sombra del orden del 30 % al 50 % (Pavetti *et al.*, 1999; Peri, 1999; Pachas *et al.*, 2004;

Tabla 1: Medidas de resumen de los resultados de disponibilidad de materia seca (MS)/ha de las muestras obtenidas en el tiempo del ensayo bajo sistema silvopastoril en el norte de Misiones.

Especia forrajera	Fecha	n	Media kg MS	E.E.	Mín.	Máx.
<i>Brachiaria</i>	09/07/11	5	5.959 a	5,42	4.228	7.224
<i>Axonopus</i>	09/07/11	5	4.341 b	2,67	3.747	5.160
<i>Brachiaria</i>	30/09/11	5	2.812 a	1,34	2.478	3.234
<i>Axonopus</i>	30/09/11	5	3.232 a	1,82	2.810	3.810
<i>Brachiaria</i>	17/10/11	5	1.780 a	2,06	964	2.054
<i>Axonopus</i>	17/10/11	5	2.025 a	0,61	1.902	2.200

a,b: letras distintas denotan diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre promedios.

Tabla 2: Medidas de resumen de los resultados de porcentaje de proteína bruta (% PB) de las muestras obtenidas en el tiempo del ensayo bajo sistema silvopastoril en el norte de Misiones.

Especie Forrajera	Fecha	N	Media % PB	E.E.	Mín.	Máx.
<i>Brachiaria</i>	09/07/11	5	7,25 b	0,98	5,39	11,01
<i>Axonopus</i>	09/07/11	5	10,43 a	0,79	8,33	12,79
<i>Brachiaria</i>	30/09/11	5	14,68 a	0,81	13,84	15,26
<i>Axonopus</i>	30/09/11	5	15,10 a	0,42	13,75	16,13
<i>Brachiaria</i>	17/10/11	5	11,62 b	0,16	10,49	12,69
<i>Axonopus</i>	17/10/11	5	13,14 a	0,62	12,63	14,00

a,b: letras distintas denotan diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre promedios.

Lacorte *et al.*, 2004; Fassola *et al.*, 2005). Este comportamiento también es observado en *B. brizantha* (Benvenuti *et al.*, 2000; Pachas *et al.*, 2004; Lacorte y Esquivel 2009). En nuestro ensayo, alcanzamos valores inferiores a lo reportado por dichos autores, donde se destaca una reducción de la disponibilidad de ambas pasturas en los últimos meses (tabla 1).

Por otra parte, se obtuvieron diferencias significativas ( $p<0,05$ ) con la variable proteína bruta a favor del *Axonopus*, indicando que la misma presenta mejor contenido de PB respecto a la *Brachiaria* (tabla 2). El porcentaje de proteína promedio fue de  $11,18\pm0,35$  y  $12,89\pm0,35$  % para *B. brizantha* y *A. catarinensis* respectivamente (Tabla 2). Nuestros resultados coinciden con Cuadrado *et al.*, (2004) que obtuvieron un 11,8 % PB en *B. brizantha*; Pachas *et al.* (2014), quienes obtuvieron un 12,6 % PB y Tcacento y Soprano (1997) que alcanzaron un 11,9 % PB en el *A. catarinensis*.

Los resultados del componente animal, indican diferencias significativamente estadísticas ( $p<0,05$ ) de todas las variables de crecimiento evaluadas entre los animales que pastorearon *Axonopus* respecto a los que estuvieron en la *Brachiaria* (tabla

3). Este resultado puede ser atribuido a la calidad forrajera, ya que el *Axonopus* presento mejor contenido de PB, aunque cabe destacar, que los animales que pastorearon *Axonopus*, iniciaron el ensayo con un peso relativamente superior y terminaron más pesados respecto de los animales que estuvieron en la *Brachiaria brizantha*.

Las medias aritméticas fueron  $199,3\pm0,49$  y  $190,29\pm0,49$  kg PV;  $108,25\pm0,38$  y  $105,15\pm0,38$  cm alzada a la cruz;  $110,16\pm0,45$  y  $107,53\pm0,45$  cm alzada a la grupa para los animales que estuvieron sobre el *Axonopus* y *Brachiaria* respectivamente.

Por lo tanto es posible obtener un mayor crecimiento y desarrollo corporal en los animales cuando la base forrajera es el *Axonopus* (gráfico 1). Nuestros resultados concuerdan con Colcombet *et al.*, (2009) quienes destacan que es posible lograr SSP más equilibrados y productivos cuando la especie forrajera está representada por el *Axonopus*; mientras que Carvallo *et al.*, (2014) sugieren que los sistemas agrosilvopastoriles cuya especie forrajera es la *Brachiaria* parece ser una buena opción para productores dispuestos a diversificar sus fuentes de ingresos sin la disminución de la producción animal por hectárea.

Tabla 3: Medias de mínimos cuadrados ajustadas en los distintos tiempos y error estándar para fecha de los tratamientos *Axonopus* y *Brachiaria*, de las variables de crecimiento y desarrollo corporal: peso vivo (kg); alzada a la cruz (AC cm) y alzada a la grupa (AG cm), de los animales del ensayo en el SSP, Puerto Esperanza Misiones.

Fechas	Peso (kg)		AC (cm)		AG (cm)	
	<i>Axonopus</i>	<i>Brachiaria</i>	<i>Axonopus</i>	<i>Brachiaria</i>	<i>Axonopus</i>	<i>Brachiaria</i>
Jul	132,5 $\pm$ 0,98g	125,7 $\pm$ 0,98h	98,5 $\pm$ 0,5f	97,9 $\pm$ 0,5f	102 $\pm$ 0,6f	101,3 $\pm$ ,06f
Sep	174,4 $\pm$ 0,98e	164,1 $\pm$ 0,98f	105,6 $\pm$ 0,5d	101,8 $\pm$ 0,5e	107,6 $\pm$ 0,6d	103,8 $\pm$ 0,6e
Nov	233,1 $\pm$ 0,98c	222,8 $\pm$ 0,98d	113,3 $\pm$ 0,5b	109,1 $\pm$ 0,5c	114,5 $\pm$ 0,6b	111,3 $\pm$ 0,6c
Ene	257,4 $\pm$ 0,98a	248,6 $\pm$ 0,98b	115,6 $\pm$ 0,5a	111,7 $\pm$ 0,5b	116,5 $\pm$ 0,6a	113,7 $\pm$ 0,6b

Letras distintas denotan diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre promedios.

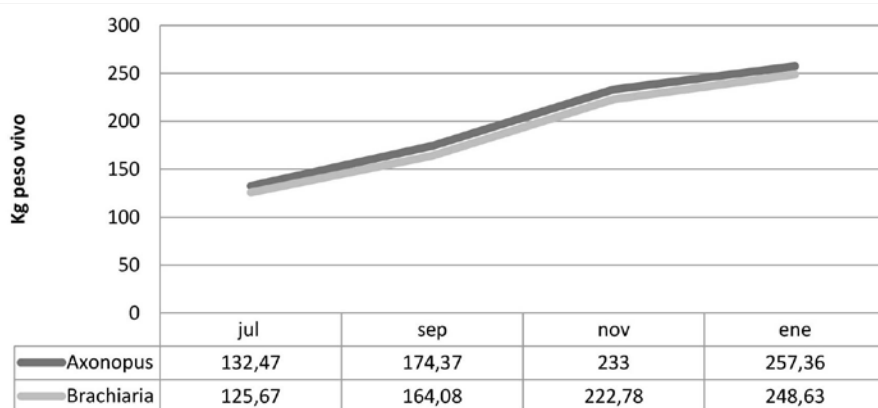


Gráfico 1: Diferencias entre tratamientos de los pesos promedios (kg) en el tiempo luego de 190 días de evaluación con un valor de significancia al 95% del nivel de confianza, de ensayo en SSP del norte de Misiones.

## Conclusiones

Brachiaria brizantha alcanzó mayor disponibilidad forrajera, mientras que el *Axonopus catarinensis* demostró presentar mejor calidad en cuanto a su contenido de proteína bruta. En este ensayo obtuvimos un crecimiento y desarrollo corporal

superior en los animales que pastorearon *Axonopus*, indicando que dicha especie forrajera bajo sistemas silvopastoriles, en las condiciones de esta experiencia, resulta ser más eficiente para la producción bovina.

## Agradecimientos

Se agradece a la empresa “El Molino”, por ofrecer su establecimiento donde se llevo a cabo este ensayo; principalmente al Señor Walter Khönke y al personal del campo que participaron en la realización del mismo.

## Bibliografía

- A.O.A.C. 1980. Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis. Washington, D.C. 1018p.
- Benvenuti, M.A., Pavetti, D.R., Correa, M., Perego, J.L. 2000. Evaluación de especies forrajeras gramíneas tropicales en distintos niveles de iluminación bajo monte forestal de pino para uso en sistemas forestogaderos. EEA Cerro Azul. 18p. (Informe Técnico N° 79).
- Cangiano C., Brizuela M. A. 2011. Los forrajes en la alimentación de rumiantes. Producción Animal en Pastoreo. Ediciones INTA.
- Castro, C.R., García, R., Carvalho, M.M., Couto, L. 1999. Producao forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. Revista Brasileira de Zootecnia. 28:919
- Carvalho de Oliveira, C., Junqueira Villela, C.J., Giolo de Almeida, R., Villa Alves, F.; Behling-Neto, A.; Macedo de Almeida Martins, P.G. 2014. Performance of Nelore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of Brachiaria brizantha grass in integrated production systems. Tropical Animal Health and Production. 46: 167–172.
- Colcombet; L., Pachas, N.A., Fassola, H.E. 2009. Sistemas silvopastoriles de Pinus elliottii var. elliottii x caribaea var. Hondurensis (F2), Brachiaria brizantha (Hochst) Stapf y Axonopus catarinensis Valls, a diferentes densidades arbóreas en el NO de Misiones. Aspectos relacionados al componente forestal. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Argentina. pp. 271-276.
- Cuadrado H.C., Torregroza L.S., Jiménez, N.M. 2004. Comparación bajo pastoreo con bovinos machos de ceba de cuatro especies de gramíneas del género Brachiaria. MVZ-Córdoba. 9(2): 438-443.

- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C.W. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Fassola, L.E., Lacorte, S.M., Pachas, N., Pezzuti, R. 2005. Factores que influncian la producción de biomasa forrajera de *Axonopus jesuiticus* Valls, bajo dosel de *Pinus taeda* L. en el nordeste de Corrientes. RIA 34 (3): 21-38. Diciembre. Edición INTA, Argentina.
- Giraldo, L. A., Vélez, G. 1993. El componente animal en los sistemas silvopastoriles. Industrias Producción Agropecuaria. Azooidea, Medellín 1:27.
- Lacorte, S.M., Esquivel, J.L. 2009. Sistemas Silvopastoriles en la Mesopotamia Argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. I Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: Actas. 1er edición. Buenos Aires, INTA.
- Lacorte, S.M., Fassola, L.E., Pachas, N., Colcombet, L. 2004. Efectos de diferentes grados de sombreado con y sin fertilización fosfórica, sobre la producción de un pastizal modificado con predominio de *Axonopus compressus* (Swartz) Beauv en el sur de Misiones, Argentina. INTA Montecarlo, XI Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. 9 p.
- Pachas, A.N.A., Fassola, H.E., Lacorte, S.M. 2004. Asignación de biomasa aérea y radical en plantas de *Axonopus catarinensis* bajo diferentes niveles de luz y agua. EEA INTA Montecarlo.
- Pachas, A.N., Jacobo E.J., Goldfarb, M.C., Lacorte, S.M. 2014. Response of *Axonopus catarinensis* and *Arachis pintoi* to shade conditions. Forrajes Tropicales. 2: 111–112.
- Pavetti, D.R., Benvenutti, M.A., Peruchena, C.O., Gunther, D.F., Correa, M., Temchuk, E. 1999. Alternativas de producción intensiva de carne bajo sistemas ganaderos y forestoganaderos en Misiones. Cerro Azul: EEA Cerro Azul, 18p. (Informe de Avance N° 4).
- Peri, P. 1999. Efecto de la sombra sobre la producción y calidad de pasturas en sistemas silvopastoriles. En: SAGPyA Forestal 13: 17-27.
- Pizzio, R.M., Peruchena, C.O., Chaparro, C. 1999. Estrategias de uso e integración de los recursos forrajeros en la alimentación de los rodeos. Jornada Ganadera del NEA. Publicación Técnica. pp. 5 –21.
- Plan de Tecnología Regional (PTR). INTA. Centro Regional Misiones. (2006 - 2008). 48 p. Documento inédito.
- Rossner, M.B., Houriert, J.L., Pavetti, D.R. 2008. Descripción de las pasturas evaluadas en sistemas silvopastoriles del Centro Sur de la Provincia de Misiones. Cerro Azul: EEA Cerro Azul. 32p. (Miscelánea N° 60).
- Tcacenco F.A., Soprano, E. 1997. Produtividade e qualidade da grama missioneira gigante (*Axonopus jesuiticus* Araújo Valls) submetida a varios intervalos de corte. Rev. Pasturas tropicales. 9(3): 28-35.

# Producción Primaria Neta Aérea del Componente Herbáceo de Sistemas Silvopastoriles en la Llanura Ondulada del sur de Córdoba

Plevich<sup>1</sup>, J. O.; Utello M. J.; Gyenge, J.; Tarico J. C.; Fiandino S. y A. R. Sanchez Delgado.

## Resumen

El objetivo del trabajo fue estudiar la producción primaria neta aérea y la eficiencia del uso del agua (EUA) de un verdeo de *Avena sativa* en tres sistemas silvopastoriles. El ensayo se desarrolló en el campo de docencia y experimentación Pozo del Carril, ubicado a los 32° 58' S y 64° 40' O. Los sistemas silvopastoriles fueron instalados en la primavera de 1998 mediante una plantación de tres especies forestales que determinó callejones cultivables. En marzo de 2012 se realizó la siembra de avena en dichos callejones y en un lote testigo sin árboles. Los resultados mostraron que en las parcelas integradas por *Pinus elliottii* y en *Quercus robur* la producción de avena no presentó diferencias con respecto al testigo sin árboles ( $p < 0,05$ ), mientras que en la que estuvieron integradas por *Eucalyptus viminalis* la producción de forraje fue menor. La biomasa herbácea en la zona central de los callejones, tanto en *P. elliottii*, como en *Q. robur* fue similar o superior a la del testigo dependiendo si la disponibilidad de agua fue suficiente o menor a la demanda hídrica del cultivo, respectivamente ( $p < 0,05$ ). La EUA mostró un patrón similar a la de la biomasa aérea. Las parcelas integradas por *E. viminalis* fueron las menos eficientes, mientras que en los sistemas con *P. elliottii* y *Q. robur*, el sector del callejón donde se encontró la mayor EUA fue la zona central y las exposiciones al norte de las hileras de árboles.

**Palabras clave:** sistemas agroforestales; *Avena sativa*; sistemas en callejones; biomasa herbácea; eficiencia del uso del agua.

## Net Primary Air Production of the Herbaceous Component of Silvopastoral Systems in the Rolling Plains of Southern Córdoba

### Abstract

The objective was to study the net primary air production and water use efficiency (WUE) of a pasture of *Avena sativa* in three silvopastoral systems. The test was carried out in the teaching and experimentation field, Pozo del Carril, located at 32° 58' S and 64° 40' W. The silvopastoral systems have an alley structure and the trees were planted in the spring of 1998. In March 2012 oat was planted in these alleys as well as in a control field without trees. The results showed that in the plots of *Pinus elliottii* and those of *Quercus robur* the oat production did not present any differences compared to that of the control field without trees ( $p < 0.05$ ), while in the case of *Eucalyptus viminalis* the herbage production was inferior. In the case of the *Pinus elliottii* and that of *Quercus robur*, when the demand for water was met, in the central area of the alleys the herbaceous biomass increased to control values. But when moisture conditions were insufficient, the central points of the same alleys had a higher production than that of the control ( $p < 0.05$ ). As for the WUE, the eucalyptus plots were the least efficient. With regard to pine and oak, the area of the alley with the greatest water use efficiency was found in the central area and the area exposed on the north side of the lines of trees.

**Key words:** agroforestry systems; *Avena sativa*; alley farming; herbaceous biomass; efficiency of water use.

<sup>1</sup> Área Dasonomía, Depto de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta Nacional 36, Km 601, Río Cuarto (5800). Cba Argentina. oplevich@ayv.unrc.edu.ar



## Introducción

La agroforestería es el conjunto de técnicas de manejo de tierras, que implican la combinación de árboles forestales, ya sea con la ganadería, o con los cultivos (Combe y Budowski, 1979). Numerosos ejemplos dan cuenta que la interacción entre ambos estratos vegetales modulan la productividad del sistema, pudiendo ser ésta mayor, igual o menor en sistemas mixtos que en aquellos monoespecíficos. Esta observación indica que existen combinaciones entre distintas especies forestales y de cultivos que maximizarían la productividad de cada estrato en particular y del sistema en general. La productividad primaria neta es una variable integradora del funcionamiento del ecosistema y refleja la entrada de energía a la cadena alimenticia (McNaughton *et al.*, 1989).

En Argentina, las combinaciones de leñosas perennes con pasturas y animales se presentan en formas muy diversas, lo

que ha generado diferentes tipos de sistemas silvopastoriles (SSP), siendo los que más se destacan: pastoreo en plantaciones maderables, árboles y arbustos dispersos en potreros, y cortinas rompevientos (Plevich *et al.*, 2002).

Pese a la utilización de los sistemas silvopastoriles, existe muy poca información sobre producción de sus componentes, en especial para la región de estudio en donde la disponibilidad de agua limitaría el rendimiento de los sistemas productivos (Bricchi *et al.*, 1991, Plevich *et al.*, 2002). Basado en estos motivos, los objetivos de este trabajo fueron estudiar la producción primaria neta aérea del componente herbáceo (PPNA) de sistemas silvopastoriles desarrollados en la llanura ondulada del sur de Córdoba, así como analizar la dinámica de la evapotranspiración (ETR) asociada a esta, y su eficiencia en el uso del agua en sitios más o menos cercanos a los árboles.

## Materiales y Métodos

### Sitio de estudio:

El trabajo se desarrolló en el campo de docencia y experimentación (CAMDOCEX) Pozo del Carril, perteneciente a la universidad Nacional de Río Cuarto, ubicado a los 32° 58' S y 64° 40' O, a 550 m.s.n.m., Dpto. Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Este ambiente se ubica en la provincia geomorfológica llanura chaco-pampeana y dentro de ella pertenece a la asociación geomorfológica Faja Eólica Ondulada Periserrana.

### Tratamiento y diseño experimental:

El diseño del ensayo consistió en cuatro bloques completos aleatorizados de manera de controlar la heterogeneidad del terreno. Los mismos se ubicaron en función de la pendiente del ensayo. Para el experimento se contemplaron tres sistemas silvopastoriles: *Pinus elliottii*-*Avena sativa*; *Eucalyptus viminalis*-*Avena sativa* y *Quercus robur*-*Avena sativa*. Para contar con un testigo el cultivo *Avena sativa* también se implantó en un potrero vecino sin árboles. Los árboles fueron plantados en la primavera de 1998 en doble hileras con un marco de plantación de 2×2m, separadas por callejones de 21m. Tanto en los sistemas silvopastoriles como en el testigo la avena se sembró el 5 de marzo de 2012 y se lograron aproximadamente 220 plántulas/m<sup>2</sup>.

### Recolección y análisis de datos:

Para llevar adelante la determinación de la distribución espacial y temporal de la productividad primaria neta (PPNA) del verdeo y la evapotranspiración (ETR) asociada, se tomaron muestras en los callejones a diferentes distancias desde el fuste (2,5; 5; 7,5; 10; m) y en dos exposiciones: al norte y al sur de la hilera de árboles; además del testigo sin árboles. El ensayo considero cuatro repeticiones.

En relación a la PPNA, en cada uno de los puntos propuestos, se consideraron dos momentos de muestreo: uno el 5 de

mayo, antes del primer pastoreo (primer ciclo) y el otro muestreo el 15 de octubre, antes del segundo y último pastoreo (segundo ciclo). En ambas fechas se cortó toda la biomasa aérea presente en una superficie de 0,25 m<sup>2</sup> (a ras del piso). Posteriormente, las muestras se secaron en estufa a una temperatura de 100°C hasta peso constante para la obtención de la materia seca. Los pastoreos se efectuaron con vacas de cría de raza Aberdeen angus con una alta carga instantánea estableciendo la salida de los animales cuando la altura del remanente llegó a los 10 cm.

Para analizar la evapotranspiración (ETR), en cada punto donde se muestreó la biomasa aérea de la herbácea se tomaron muestras de suelo (Haplustol típico) en los siguientes horizontes A (0-20 cm), AC (20-40 cm) y C (40-60 cm) al momento de la siembra, y en los dos momentos de muestreo del material vegetal. Con estas muestras y según el procedimiento descrito por Gil y Martelotto (1993), se obtuvieron las láminas de agua útil (mm). Con los datos de láminas útiles de agua para las fechas mencionadas y siguiendo los lineamientos propuestos por Martelotto *et al.* (2004) se efectuó el balance hídrico para cada punto de muestreo a los fines de obtener la evapotranspiración real en cada uno de ellos. Posteriormente los datos de PPNA y la ETR en *A. sativa* fueron relacionados para obtener la eficiencia en el uso del agua (EUA).

Los datos PPNA y EUA obtenidos dentro de los callejones de los sistemas silvopastoriles y el testigo se analizaron mediante ANAVA y test de comparación de medias (DGC) utilizando el programa Infostat (Balzarini *et al.*, 2008). En primer lugar se evaluó el efecto de la leñosa acompañante (factor principal) sobre la herbácea con respecto al testigo. Luego se introdujo un factor más al análisis: la interacción especie arbórea y distancia al fuste, lo que permitió estudiar la influencia de los árboles dentro del callejón con respecto a la situación sin árboles.

## Resultados y Discusión

La temporada de crecimiento del verdeo comprendió desde el 5 de marzo al 15 de octubre de 2012 presentando ciertas particularidades en cuanto a la marcha de las temperaturas y a la cantidad y distribución de las precipitaciones. Dichas particularidades se vieron al comienzo de la temporada, con un otoño muy húmedo y cálido con respecto al promedio de los últimos 20 años. En el invierno se manifestaron temperaturas y precipitaciones acordes a la media de la región. Luego en la primavera volvieron a darse registros pluviométricos superiores al promedio de los últimos veinte años.

La lluvia acumulada durante la temporada de crecimiento fue de 733 mm mientras que si consideramos dicho temporada con respecto al promedio de los últimos 20 años solo llega a 426mm. Esto queda expresado en la buena respuesta que tuvieron todos los tratamientos (de 383 a 689 g/m<sup>2</sup>, tabla 1). A manera de comparación, en un ensayo llevado a cabo en la región con una precipitación acumulada de 437mm se lograron un promedio 320 g/m<sup>2</sup>, cuando se compararon 9 variedades de *A. sativa* y *Secale cereale* (Perotti, J. 2000), esto representa, casi la mitad de la mayoría de los tratamientos en nuestro ensayo.

No se advirtió que los árboles tuvieran un efecto neto facilitador sobre los verdeos (tabla 1) como han encontrado otros investigadores en ambiente semiáridos (Fernández, 2003). De esta manera, la producción de *A. sativa* de todo el callejón y tomando todo el período de cultivo, fue significativamente inferior cuando creció acompañada por *E. viminalis*, que cuando lo hizo con *P. elliotti* y *Q. robur*, en donde la PPNA del cultivo fue similar entre sí y la del testigo (tabla 1).

Es interesante recalcar que la PPNA varió a lo ancho del callejón, siendo mayor en la parte central que en los sitios más cercanos a los árboles (figura 2). En las parcelas integradas por *E. viminalis*, se observó una menor o similar PPNA del cultivo en todas las porciones del callejón que la estimada en el resto de los tratamientos en ambos ciclos. Esto indicaría que la competencia o eventual alelopatía que produce la leñosa (Ávila *et al.*, 2007), superan ampliamente a la posible facilitación que pudieran estar generando la presencia de este tipo de estrato arbóreo.

Cuando se compararon los tratamientos más cercanos al fuste en los callejones acompañados por *P. elliotti* y *Q. robur* (2,5 m tanto al norte como al sur de la cortina forestal), se encontraron diferencias de PPNA entre ellos durante el primer ciclo de *A. sativa* donde las condiciones hídricas fueron muy favorables. En el sistema con *P. elliotti*, a diferencia de *Q. robur*, la posición expuesta al sur más cercana al fuste (2,5 metros) difiere significativamente mostrando PPNA superiores; esto podría estar asociado a sus diferencias morfofisiológicas entre estos árboles.

Más allá de la influencia de las copas de estas dos especies en las zonas más alejada de los árboles (> 2,5 m N y > 5 m S), la facilitación que generan las cortinas (Basurto y Hadley, 2006) durante el primer ciclo de la *A. sativa*, en este año húmedo, no se observan, ya que no hubo diferencias en cuanto a la PPNA del cultivo si lo comparamos con la observada en el testigo sin árboles. Las modificaciones microclimáticas que se esperaría de las cortinas (Djimde *et al.*, 1989) no parece tener gran influencia y pudieron haber quedado ocluidas.

En el segundo ciclo (figura 2b derecha) las facilitaciones (Basurto y Hadley, 2006) y complementariedades (Vishwanatham *et al.*, 1999), que generan los sistemas mixtos pueden apreciarse en la PPNA en la región central del callejón (7,5 y 10 m), tanto en *P. elliotti*, como en *Q. robur*. En estas situaciones, la PPNA de la *A. sativa* superó significativamente al resto de los tratamientos inclusive al testigo sin árboles, marcando una clara ventaja de la forrajera que crece en esa posición con respecto a aquellas desprovistas de estas cortinas. Si bien el porcentaje de sombreado no se midió en este trabajo, muchos autores, y para diferentes especies, fundamentalmente en regiones templadas, encuentran que el límite para la producción de forraje ronda el 70% de interceptación de la radiación (Schlichter, 1999; Fernández *et al.*, 2002). Esto permitiría hipotetizar que en ese sector la disminución de la radiación no supera dicho umbral.

La EUA y la PPNA mostraron patrones similares comparando situaciones geográficas dentro de los callejones (figura 3). Así, es posible, apreciar que existe una tendencia de los

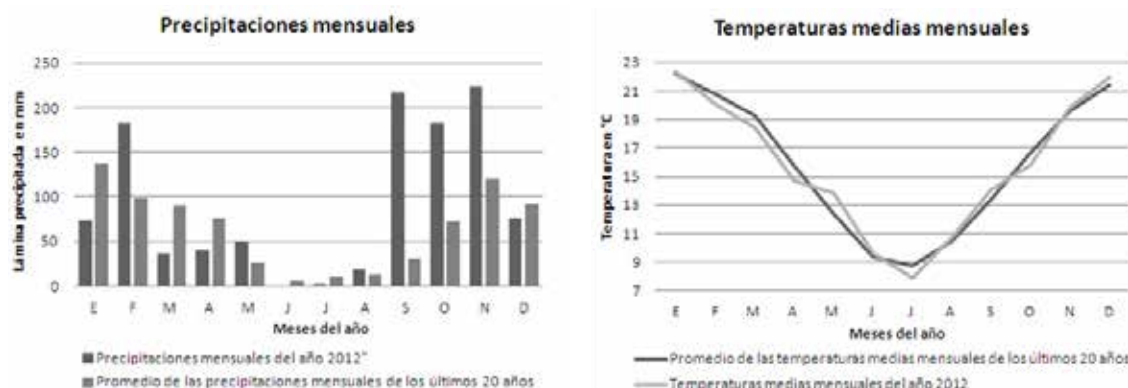


Figura 1. Marcha de las precipitaciones mensuales y temperaturas medias mensuales correspondientes al CAMDOCEX para el año 2012 y al promedio de los últimos 20 años.

Tabla 1. Producción de biomasa seca aérea de Avena sativa en los callejones de sistemas silvopastoriles y en un testigo sin árboles.

Tratamiento	PPNA (g/m <sup>2</sup> )
<i>Q. robur</i>	688,92 b
<i>P. elliotti</i>	659,60 b
Testigo	630,60 b
<i>E. viminalis</i>	383,48 a
R <sup>2</sup>	0,32
CV	30,59
Probabilidad	p<0,0001

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

tres sistemas silvopastoriles en cuanto a la EUA, ya que el sector central de estos y ligeramente expuesto al norte muestran una mayor EUA. Esto se ajusta a la teoría de que estos sistemas logran generar condiciones más favorables (Pezo *et al.*, 1999; Schroth *et al.*, 2003) para el crecimiento y productividad de los verdeos en determinados puntos geográficos

del mismo. Además en ese sector se combinan tres elementos claves como: una buena iluminación; modificaciones microclimáticas citadas por Lynch y Marshall (1969); Djimde *et al.* (1989), que favorecen a la conservación de la humedad del perfil; y se encuentra lo suficientemente lejos de las cortinas, lo que llevan al mínimo la competencia.

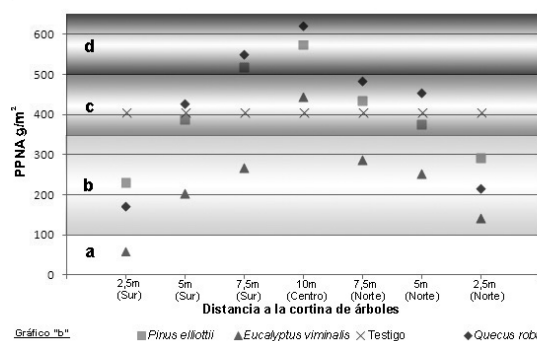
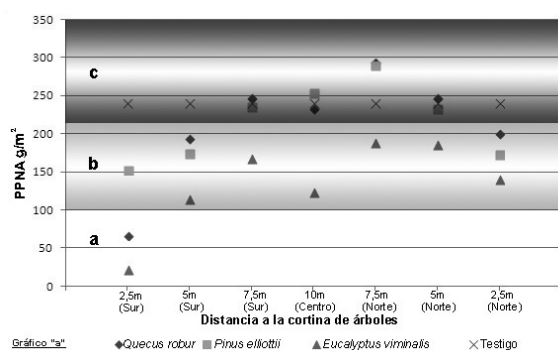
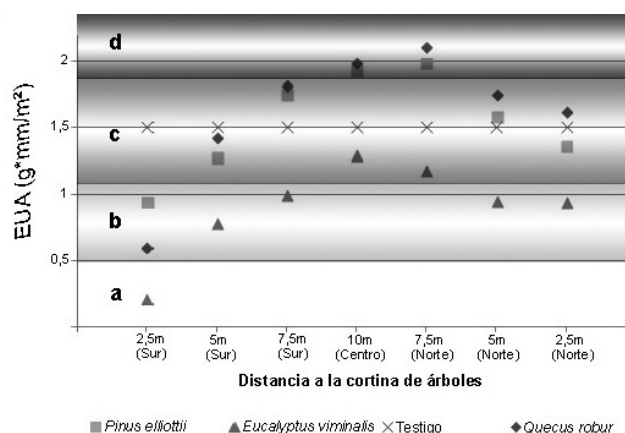


Figura 2. En el gráfico de la izquierda (a) se representa la PPNA de avena destinada al primer pastoreo (1er ciclo) en los callejones silvopastoriles en relación a la distancia al fuste de los árboles y en la situación sin árboles (testigo). En el gráfico de la derecha se representa la misma variable destinada al segundo pastoreo (2do ciclo). Medias dentro de cada faja indicada con una letra no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Figura 3. Representación gráfica de la EUA de la avena en las parcelas de *Pinus elliottii*, *Eucalyptus viminalis*, *Quercus robur* y la del testigo sin árboles.

## Conclusión

De acuerdo a los resultados encontrados en este ensayo, la producción de la herbácea difiere según la especie leñosa acompañante en el sistema silvopastoril, mostrándose *Eucalyptus viminalis* como una especie muy competitiva. En *Pinus elliottii* y en *Quercus robur* la competencia producida sobre el verdeo es contrarrestada en cierto modo por las facilitaciones, lo que permite que ambas especies no difieran estadísticamente con respecto al testigo sin árboles en ese año en particular.

En cuanto a las interacciones leñosa-herbácea los resultados sugieren que cuando las condiciones de humedad no son res-

trictivas, la producción se ve limitada en primera instancia por los altos niveles de sombra. Cuando las condiciones de humedad se tornan limitantes, los puntos que recibieron sombra en determinados momentos, y se encontraban lo suficientemente alejados de la influencia de las raíces de la leñosa, lograron mayor producción ( $p < 0,05$ ) que el testigo. En cuanto a la EUA, solo las parcelas integradas por *Eucalyptus viminalis* fueron inferiores al testigo. En *Pinus elliottii* y en *Quercus robur* el sector del callejón, que hace su uso más eficiente, es la zona central y expuesta al norte.

## Bibliografía citada

- Ávila, L., W. Murillo, E. Durango, F. Torres, W. Quiñones y F. Echeverri. 2007. Efectos alelopáticos diferenciales de extractos de eucalipto. *Scientia et Technica* Año XIII, No 33, 203-204.
- Balzarini, M.G., L. Gonzalez, M. Tablada, F. Casanoves, J.A. di Rienzo y C.W. Robledo. 2008. Infostat. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.
- Basurto, X. y D. Hadley. 2006. Ecosistemas de pastizales, especies en peligro y ganadería Sostenible en tierras fronterizas de México-Estados Unidos: Conferencia Transcripciones.
- Brichi, E., A. Cantero y E. Bonadeo. 1991. Caracterización física de los principales subgrupos de suelos y su relación con cultivos y sistemas de labranza en el Sur Oeste de Córdoba. *Actas XIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo-Bariloche*.
- Combe, J. and G. Budowski. 1979. Classification of traditional agroforestry techniques. In: Workshop on Traditional Agroforestry System in Latin America. (1979, Turrialba, C.P.) Ed. Por De Las Salas, G. Turrialba, C.R.; CATIE. Pp 17-47.
- Djimde, M., F. Terres and W. Migongo-bake. 1989. Climate, animal and Agroforestry. En: Reifsnnyder, W. S. y T. O. Darnhofer (ed). Meteorology and Agroforestry. Nairobi, Kenya. ICRAF. Pp. 463-470.
- Fernández, M.E., J.E. Gyenge, G. Dalla Salda and T. Schlichter. 2002. Silvopastoral systems in NW Patagonia: I. Growth and photosynthesis of *Stipa speciosa* under different levels of *Pinus ponderosa* cover. *Agroforestry Systems*. 55:27-35.
- Fernández, M.E. 2003. Influencia del componente arbóreo sobre aspectos fisiológicos determinantes de la productividad herbácea en sistemas silvopastoriles de la Patagonia Argentina. (Resumen). (En línea). Consultado 10/6/2012 disponible en: <http://crub1.uncoma.edu.ar/carreras/docencia/Biologia/aprobadas/fernandez.pdf>
- Gil R.C. y F.E. Martelotto. 1993. El agua edáfica. Guía práctica para su determinación. Área de Desarrollo Rural, INTA, E.E.A. Manfredi, Córdoba, Argentina.
- Lynch, J.J. and J.K. Marshall. 1969. Shelter: a factor increasing pasture and sheep production. *Australian Journal of Science* 32: 22-23.
- Martelotto, E., P. Salas, E. Iovera, A. Salinas, J.P. Giubergia y S. Lingua. 2004. Planilla de balance hídrico para riego. Proyecto Regional: Agricultura Sustentable y Gestión Agroambiental. INTA, EEA Manfredi, Córdoba, Argentina.
- McNaughton, S., M. Oosterheld, D. Frank and K. Willians. 1989. Ecosystem - level patterns of primary productivity and herbivore in terrestrial habitats. *Nature* 341: 142-144 p.
- Perotti, J. 2000. Sitio argentino de Producción Animal. Ensayo demostrativo de ocho variedades de verdeos de invierno. INTA Adelia María, Pcia. de Córdoba, dpto. Río Cuarto. En: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) consultado: 18/2/15.
- Pezo, D., M. Ibrahim, J. Beer y A. Camero. 1999. Oportunidades para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en América central. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Pp 46.
- Plevich, J.O., C.O. Nuñez, H.R. Pagliaricci, A.E. Ohanian y S.J. Gonzalez. 2002. Sistemas silvopastoriles. Escuela de Posgrado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Schlichter t. 1999. Desarrollo de sistememas silvopastoriles en base a plantaciones de *Pinus spp*. En: [www.inta.gob.ar/bariloche/nqn/forestal/publica/10.pdf](http://www.inta.gob.ar/bariloche/nqn/forestal/publica/10.pdf). Consultado: 15-08-2012.
- Schroth, G., J. Lehmann and E. Barrios. 2003. Soil Nutrient Availability and Acidity. En: *Trees, Crops and Soil Fertility*. G. Schroth, G. Sinclair, F. eds. 2003. CAB International.
- Vishwanathan, M.K., J.S. Samra and A.R. Sharma. 1999. Biomass production of trees and grasses in a silvopasture system on marginal lands of Doon Valley of north-west India. *Agroforestry systems*, v (46): 2. p 197-212.

# Desarrollo de modelos de estimación de forrajimasa disponible para ganado caprino en sistemas silvopastoriles

Rueda, M.; Gómez A. Brassiolo, M

## Resumen

Dentro de la República Argentina, la provincia de Santiago del Estero concentra el mayor stock de ganado caprino (17,4 %) y el mayor número de productores caprinos (28,8%). Estos sistemas productivos se desarrollan en una matriz de bosques secundarios, donde el aporte de forraje que proviene de las leñosas es importante. Se propone específicamente como objetivo del presente trabajo cuantificar la producción de forrajimasa de *Celtis ehrenbergiana* en la estación de crecimiento, en sitios con cobertura natural (T) y en sitios rolados (R2). El área de estudio se localiza en un bosque alto del campo experimental "La María" perteneciente al INTA EEA Santiago del Estero. Se estudiaron destructivamente 40 individuos de *Celtis ehrenbergiana* seleccionados al azar, 20 en cada situación (T y R2), caracterizados mediante variables alométricas. Las estimaciones de los parámetros de los modelos se obtuvieron mediante análisis de regresión por el método de los mínimos cuadrados para  $\alpha = 0,05$ . La bondad de ajuste de los modelos fue comparada mediante el coeficiente de determinación ajustado y del error relativo. En cada modelo se incluyó el tratamiento (variable categórica), para analizar si existen diferencias entre los pesos secos de la forrajimasa de las parcelas roladas y el testigo, para ello se utilizó variables auxiliares (Dummy) a partir del generador de variables auxiliares del programa Infostat. Se obtuvieron 6 modelos que explican entre el 60 a 95% la variación de la forrajimasa. Se hizo la prueba de doble validación cruzada para la variable independiente altura, esta indicó un ajuste aceptable, buen valor predictivo y coeficientes estables. Las ecuaciones simples que se generaron son adecuadas para estimar forrajimasa consumibles para caprino en sitios con cobertura de vegetación natural y bajo tratamiento de rolado para habilitación de sistemas silvopastoriles.

**Palabras clave** *Celtis ehrenbergiana*, funciones de biomasa, rolado, arbustivas forrajeras, ramoneo

## Models development to estimate available forage for goats in silvopastoral systems

### Abstract

Santiago del Estero province, in Argentina, has the largest stock of goats (17.4%) and the largest number of goats (28.8%) farmers. These production systems are developed in a matrix of secondary forests, where the contribution of woody forage is important. The main objective of the present study is to quantify the forage production of *Celtis ehrenbergiana* in the growing season, in places with natural cover and roller-chopped sites (T and R2 treatments, respectively). The study site is located in a high forest on the Experimental Field "La María", of EEA INTA Santiago del Estero, National Route No. 9 Km 1109. By destructive sampling, 40 randomly selected individuals of *Celtis ehrenbergiana* were studied with allometric variables, 20 at each treatment. The goodness of fit of the models was compared using the adjusted coefficient of determination and relative error. In each model treatment (categorical variable) was included as a Dummy variable, to analyze differences in forage biomass between roller-chopped and control plots. We obtained 6 models explaining 60 to 95% of forage biomass variability. The double cross-validation test was conducted for the independent variable height, this indicated an acceptable fit, good predictive value and stable coefficients. Simple equations were generated are suitable for estimating forage biomass available for goats, on sites with natural vegetation cover and low roller-chopping treatment in silvopastoral systems.

**Key words:** *Celtis ehrenbergiana*, biomass functions, roller chopping, shrub species, grazing

## Introducción

La población rural en la Región Chaqueña está asociada a la producción primaria y representa en la estructura agraria el tipo de pequeños productores. Este tipo de productores se caracteriza por desarrollar sus actividades en base a mano de obra familiar, con producción de subsistencia basada en la cría extensiva de ganado mixto: vacuno y caprino principalmente, con nula o escasa tecnificación y con una precaria situación en cuanto al aspecto legal de tenencia de tierra (Bachmann et al. 2007). Este sector productivo, en Santiago del Estero, ha experimentado un leve crecimiento tanto en número de unidades productivas como en el número de cabezas de los diferentes tipo de ganado (Paz & Jara 2011). Actualmente es a nivel nacional la provincia que concentra el mayor stock de ganado caprino (17,4 %) y el mayor número de productores caprinos (28,8%) con 13.454 productores (Lamadrid 2010).

El aporte de forraje en los sistemas áridos y semiáridos que provienen de las leñosas es importante (Kunst 1982; Díaz 2007; Ortín 2007; SAAST 1983). Esto cobra especial importancia en invierno, cuando las hojas, los frutos y la hojarasca son la fuente de alimentación del ganado doméstico (de la

Orden, 2001; Martín, 2007). La receptividad ganadera o capacidad de carga de un sitio depende principalmente de la oferta de forraje. La relación entre la demanda por parte del ganado y la oferta de forraje del sitio se conoce como balance forrajero, y es una herramienta de diagnóstico. Pese a su importancia, no existen técnicas regionalmente aceptadas y confiables para estimar la receptividad. Esta estimación implica determinar la oferta forrajera del sitio. La variabilidad espacio temporal de la PPNA y los métodos de evaluación existentes son, en gran medida, los que ocasionan errores en el cálculo, porque las características estructurales de las comunidades vegetales son una fuerte determinante de la productividad en los sitios a evaluar (Golluscio et al. 2009). La cuantificación del aporte de forrajimasa proveniente de especies arbustivas ha sido menos estudiada. Se propone específicamente como objetivo del presente trabajo cuantificar la producción de forrajimasa de *Celtis ehrenbergiana* en la estación de crecimiento. Se plantea generar, ajustar, y probar ecuaciones para estimar biomasa forrajera para consumo de ganado caprino en sitios con cobertura natural y en sitios rolados.

## Materiales y Métodos

El sitio de estudio se localiza en un lote con bosque alto del campo experimental "La María" perteneciente a la Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, ubicado en Ruta Nacional N° 9, al sur de la ciudad de Santiago del Estero, a 28° 3' S. y 64° 15' O. En agosto de 2006 se instaló un ensayo de rolado de baja intensidad, para lo cual se instalaron 24 parcelas (2,5 ha c/u), las cuales recibieron los siguientes tratamientos: a) Rolado 1 (R1) consiste en una pasada de rolo y siembra simultánea de 5 kg/ha-de semillas de Gatton panic (*Panicum maximum* cv gatton panic); b) Rolado 2 (R2) dos pasadas de rolo, a 45° entre sí con siembra simultánea de la misma pastura, y c) Testigo (T) sin tratamiento en la parcela. (Kunst et al. 2009). A su vez, 12 parcelas recibieron pastoreo rotativo diferido y aprovechamiento forestal. Los muestreos para este trabajo se desarrollaron en las parcelas con tratamientos de rolado, sin pastoreo y sin aprovechamiento forestal, tres años después (2009). Se estudiaron destructivamente 40 individuos de *Celtis ehrenbergiana* seleccionados al azar, 20 en parcelas testigo (T) y 20 individuos en rolado 2 (R2), cubriendo un rango de alturas de 0,23 a 3,63 m en T y 0,39 a 2,19 m en R2.

Para cada individuo se registraron en pie las siguientes variables: a- altura (H): distancia desde el suelo a la parte viva (hoja o rama) más alta (altura natural), b- Diámetro Mayor de Copa (DMay): distancia mayor en la proyección de la copa del individuo y que pasa por el eje, c-Diámetro menor de Copa (DMen): distancia perpendicular al DMay, d-Perímetro de Copa (PERICOPA): medida de la proyección del contorno de la copa en su mayor desarrollo, e-Diámetro a altura de cuello (DAC): segmento que pasa por el centro de la

sección del tallo a altura del cuello del individuo, f- Número de ramas basales (NRB): conteo de las ramificación a la altura del cuello de la planta, g- Longitud de la rama principal (L.RAMA.PP): rama principal a la rama más alta y distancia desde la inserción de la rama al extremo vivo.

En cada individuo se cosechó la parte externa hasta un diámetro de ramas de 6 mm. Se separaron las muestras cosechadas en tejido no lignificado y lignificado. Para cada una de estas categorías en ramas y hojas fue secada la biomasa en estufa a 60 °C hasta peso constante. Luego se pesaron en balanza de precisión (0,01 g.) a) hojas de ramas no lignificadas (PSHRNLIG), b) hojas de ramas lignificadas (PSHRLIG), c) ramas no lignificadas (PSRNLIG), y d) ramas lignificadas (PSRLIG). Se consideró forrajimasa cosechada consumible para ganado caprino (PSFCC\_c) según el siguiente modelo:

$$PSFCC\_c = \sum PSHRNLIG + PSRNLIG + PSHRLIG$$

Se generaron las siguientes variables regresoras:

- Diferencia entre los diámetros de copa (DIF\_DDC),
- Promedio de los diámetros de copa (DCPRO),
- Perímetro del cuello (PERI\_BASE),
- Área de la proyección de copa (Adc Elipse),
- Área de proyección de copa (Axp),
- Volumen de Copa 1 (VOL\_ELIP): calculada como un esferoide (Thorne et al. 2002),
- Volumen de copa 2 (VOL\_CASQ): calculado como el volumen de un casquete semi esférico (Kunst et al. 2009),
- Volumen de copa 3 (VOL\_COPA\_G): calculado como el producto de las secciones basales y de la copa por la altura total (Gaillard et al. 2002),

- i Sección de Copa Mayor (RxDMay): el plano formado por el diámetro mayor de copa y la longitud de la rama principal,
- j Sección de Copa Menor (RxDMen): el plano formado por el diámetro menor de copa y la longitud de la rama principal.

La selección de los modelos de regresión múltiple se llevó a cabo mediante el procedimiento de eliminación hacia atrás y selección por pasos. Se usaron los programas InfoStat (2008) y R versión 2.12.2 (2011).

Las estimaciones de los parámetros de los modelos se obtuvieron mediante análisis de regresión por el método de los mínimos cuadrados para  $\alpha = 0,05$ .

La bondad de ajuste de los modelos fue comparada a través del coeficiente de determinación ajustado y del error relativo. En cada modelo se incluyó el tratamiento (variable ca-

tegórica), para analizar si existen diferencias entre los pesos secos de la forrajimasa de las parcelas roladas y el testigo, para ello se utilizaron variables auxiliares (Dummy) a partir del generador de variables auxiliares del programa Infostat. La validación de los modelos con la variable altura, se realizó mediante el procedimiento doble validación cruzada. El valor predictivo de los modelos de forrajimasa para ganado caprino se evaluó con el coeficiente de determinación de predicción, este indica el porcentaje de variabilidad explicada por el modelo con nuevos datos, la Suma de Cuadrados del Error de Predicción y la Suma Total de Cuadrados (García 2010). Para evaluar el poder predictivo de los modelos también se utilizó el índice de reducción, valores menores a 0,1 indican un modelo muy fiable. Por último se estimó la Desviación Global que es un indicador de la capacidad predictiva de los modelos (Machado Carcasés et al. 2003).

## Resultados y discusión

La forrajimasa cosechada consumible para ganado caprino (PSFCC<sub>c</sub>) determinado en las parcelas T es mayor que en las parcelas R2 para las clases de altura menores a 2 m. mientras que para los individuos de la última clase de altura (>2m) se mantiene constante y menos variable (Figura 1).

Las variables perímetro de copa (PERICOPA) y promedio de los diámetros de copa (DCPRO) presenta mayor correlación con el peso seco de la forrajimasa para ganado caprino ( $r = 0,92$ ;  $p < 0,05$  y  $r = 0,9$ ;  $p < 0,05$  respectivamente)

La prueba de homogeneidad de pendiente de las regresiones simples, cuando se incluyó el tratamiento como variable Dummy, resultó no significativa para todas las variables, por lo que se generó un único modelo para la estimación de la forrajimasa cosechada.

El mejor modelo de predicción de la forrajimasa generado para el ganado caprino es la segunda potencia del diámetro menor de copa (Tabla 1). En la mayoría de los casos el mejor ajuste y el cumplimiento de los supuestos de la regresión (normalidad y homocedasticidad de los residuos) se encontró aplicando una transformación de logaritmo natural a las variables dependientes.

Las ecuaciones que contienen altura como variable indepen-

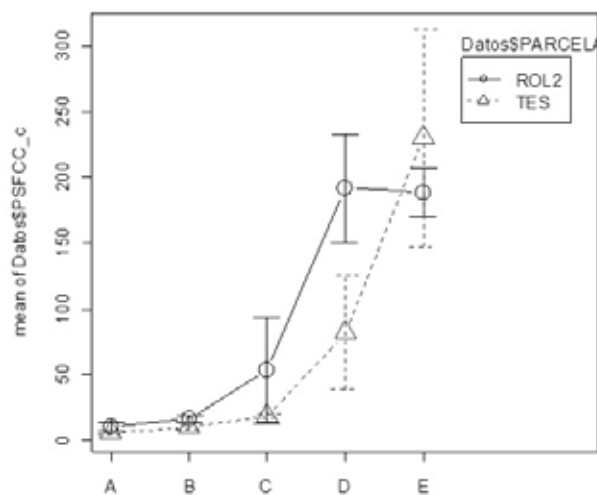


Figura 1. Gráfico de medias y desviación estándar del peso seco de la forrajimasa cosechada para ganado caprino (g). Clases de altura: A: <0,49 m., B: 0,50 a 0,99 m, C: 1 a 1,49 m, D: 1,50 a 1,99 m, E > 2 m.

Tabla 1. Ecuaciones potenciales para predecir forrajimasa consumible por ganado caprino utilizando descriptores de estructura como variables predictoras. PSFCC= peso seco de la forrajimasa consumible para ganado caprino (g); H=altura (m); DMAY=diámetro mayor (m); DMEN=diámetro perpendicular al DMAY (m); PERICOPA= perímetro de copa (m); DAC=diámetro altura de cuello (cm). Todos los modelos fueron estadísticamente significativos ( $P < 0,01$ ) y cumplen con los supuestos de normalidad de los residuos y homocedasticidad. El tamaño de muestra fue de 36 arbustos ( $n=36$ ).

Variable	Nº	Modelo	R2 aj	ECM	Normalidad	Homocedasticidad
H	1	$PSFCC_c = e^{(1,41+1,516H)}$	0,74	0,63	SI (W=0,85 p=0,07)	SI
DMAY	2	$PSFCC_c = e^{(1,97+1,088 DMAY)}$	0,74	0,55	SI (w= 0,98 p=0,90)	SI
DMEN	3	$PSFCC_c = 10,214 + 27,33 DMEN^2$	0,95	510,21	SI (W= 0,94 p=0,31)	SI
PERICOPA	4	$PSFCC_c = -53,471 + 33,722 PERICOPA$	0,86	15514,6	SI (W= 0,97, p=0,75)	SI
DAC	5	$PSFCC_c = e^{(2,121+0,43 DAC)}$	0,59	1,132	SI (W= 0,97, p=0,82)	SI

diente, presentan un buen ajuste. Por ser la altura una variable fácil de medir en el campo, se realizó la validación del modelo. En la Tabla 2 se presentan los modelos de forrajimasa con todos los datos y los grupos de validación.

Los resultados de la doble validación cruzada indicaron que los modelos ajustados con todos los datos y con los conjuntos de estimación y predicción tuvieron similar desempeño, los tres modelos presentaron un ajuste aceptable, buen valor predictivo y coeficientes estables.

De los modelos generados a partir de las variables sintéticas mediante transformación y/o combinación de las variables medidas a campo, se seleccionó la variable DCPROM: promedio de los diámetros de copa ( $R^2_{aj} = 0,86$ ;  $ECM = 1326,08$ ).

$$PSFCC_c = -41,91 + 95,09 \text{ DCPROM}$$

Los modelos fueron seleccionados porque presentan un buen ajuste y cumplen con los supuestos del análisis de la regresión. El mejor ajuste para la estimación de forrajimasa de tala para caprinos presenta una desviación global de 0,57%.

Las ecuaciones generadas son adecuadas para sitios con cobertura de vegetación natural y con tratamiento de rolado para habilitación de sistemas silvopastoriles, sin disturbios de pastoreo y de corta forestal. Estas estimaciones podrían ser adecuadas para otros periodos de tiempo en función de la precipitación. Se ha demostrado en monitoreos de PPNA de leñosas en sistemas semiáridos, que no aumentaría la producción de forrajimasa en función de una mayor precipitación. No se conoce como afectaría a la producción de forrajimasa diferentes niveles de herbivoría, para otras especies leñosas se conoce que la historia de uso afecta la PPNA.

Tabla 2. Modelos de forrajimasa consumible para ganado caprino en función de la altura, ajustados con todos los datos y con los grupos de validación, estadísticos de bondad de ajuste y de valor predictivo de los mismos.  $PSFCC_c$  = peso seco de la forrajimasa consumible para ganado caprino (g); H= altura natural.

Modelo		PSFCC_c
		$PSFCC_c = e^{(1,41+1,516 H)}$
Estadísticos de los modelos ajustados con todos los datos	N	36
	$R^2_{Aj}$	0,742
	CME	0,626
	$EE_{CONST}$	0,227
	$EE_{PENDIENTE}$	0,15
		$PSFCC_c = e^{(1,522+1,405 H)}$
Estadísticos de la primera validación ajustado con conjunto de datos de estimación validad con conjunto de datos de predicción	N	21
	$R^2_{Aj}$	0,724
	CME	0,645
	$EE_{CONST}$	0,287
	$EE_{PENDIENTE}$	0,192
	$R^2_{PREDICCION}$	0,73806
	IR	0,018
	DG	14,7%
		$PSFCC_c = e^{(1,22+1,688 H)}$
Estadísticos de la segunda validación inversión del conjunto de datos.	N	15
	$R^2_{Aj}$	0,757
	CME	0,876
	$EE_{CONST}$	0,384
	$EE_{PENDIENTE}$	0,252
	$R^2_{PREDICCION}$	0,77470
	IR	-0,015
	DG	-27,3%

## Conclusiones

Las ecuaciones simples que se generaron son adecuadas para estimar forrajimasa consumibles para caprino en sitios con cobertura de vegetación natural y bajo tratamiento de rolado para habilitación de sistemas silvopastoriles.

Analizando el ajuste de los modelos simples seleccionados, se concluye que para estimar forrajimasa para cabras la variable más ventajosa, por ser operativas en la medición a campo es el diámetro menor de copa y la altura.



## Bibliografía

- Bachmann, L., Daniele, C., Mereb, J., & Frassetto, A. 2007. Identificación expeditiva de los principales problemas ambientales en el “Gran Chaco” Argentino (p. 35).
- Díaz, Raul Osvaldo. 2007. Naturales, Utilización de Pastizales. 1° Edición. ed. Encuentro Grupo Editor. Cordoba.
- García, M. de los A. 2010. Fijación de Carbono en la Biomasa Arbórea, la Necromasa y el Suelo de Plantaciones de Eucalyptus grandis con Diferentes Manejos en Vertisoles de la Provincia de Entre Ríos. Universidad Nacional de Córdoba.
- Golluscio, R. 2009. Receptividad ganadera: marco teórico y aplicaciones prácticas. Ecología Austral, 19, 215–232.
- Kunst, Carlos. 1982. Descripción, Ecología, Valor Nutritivo, Calidad y Valor Forrajero de Algunas Gramíneas Del Campo Natural de La Provincia de Santiago Del Estero. Recopilación Bibliográfica. INTA EER F. Famaillá.
- Machado Carcasés, E. G., Pereira, A., & Ríos, N. A. 2003. Tabla de volumen para *Buchenavia capitata*, Vahl. Quebracho, 10, 76–82.
- Martin, G. O. (h). 2007. Método para determinar la producción de “forrajimasa foliar ramoneable”, en arbustos xerófilos de pastizales naturales. *Investigaciones En Facultades de Ingeniería Del NOA, Vol. II, Sección IV*, 23–27.
- Ortín, Adriana Elizabeth. 2007. “Recursos Forrajeros Naturales E Implantados.” In ed. Amanecer Rural. Salta.
- Paz, R., & Jara, C. 2011. El campesino en Santiago del Estero (Argentina ): la pobreza de un sector que se resiste a desaparecer (1988-2002), 1–27. doi:10.4422/ager.2011.05
- Subcomite asesor del arido subtropical. 1983. Taller de Arbustos Forrajeros Para Zonas Áridas Y Semiáridas. Mendoza.

# Sistema silvopastoril implantado con algarrobo blanco y Grama rhodes: avances en un demostrador de la región chaqueña

A. Gómez; A. Massa; M. Zárate; J.M. Bonet; L. Clausen; A. Tamer

## Resumen

En los últimos años, la expansión desordenada de la frontera agropecuaria en Argentina, ha provocado grandes áreas degradadas, fragmentación de los bosques nativos y pérdida de germoplasma vegetal de valor actual o potencial. Los sistemas silvopastoriles se presentan como una oportunidad para recuperar la calidad de estos sitios y generar a su vez una actividad productiva. Este proyecto busca desarrollar un área demostrativa silvopastoril que permita probar el uso de las plantaciones de algarrobo (*Prosopis alba* Gris.), como una alternativa productiva para el sector ganadero, de manera tal que el sistema optimice el uso de los recursos mediante la producción conjunta de carne y madera de calidad en un marco de sustentabilidad económica, social y ambiental. El objetivo de esta comunicación es mostrar los avances realizados en uno de los demostradores. La plantación de algarrobo blanco se realizó en marzo de 2013, en un marco de 6 x 3 m (555 pl/ha). La siembra de Grama Rhodes (*Chloris gayana* cv *Fine cut*) se realizó en marzo de 2014, con una densidad de siembra de 6 Kg/ha. Los bovinos corresponden a dos rodeos, uno de la raza Bonsmara (42 animales) y un rodeo general cruza (56 animales) se usaron para evaluar ramoneo con carga instantánea de 3,4 animales/ha durante 6 hs por día aproximadamente, durante 15 días. Los animales ingresaron a pastorear los lotes silvopastoriles a los 18 meses de edad de la plantación. A pesar del ataque de liebre e insectos, la supervivencia fue de 88% luego de 10 meses de plantación. La pastura produjo  $2426 \pm 809,1$  Kg MS/ha luego de 8 meses desde la siembra. El ramoneo con carga instantánea alta, afectó al 31% de las plantas muestreadas por lo que no se aconsejaría un pastoreo hasta que las plantas tengan un promedio de 2 m de altura.

**Palabras clave:** *Prosopis alba*, plantación forestal, *Chloris gayana* cv *Finecut*, ley 25080 (26432)

## Silvopastoral system implanted with algarrobo blanco and Grama rhodes: advances in a demonstrator of the Chaco region

## Abstract

In recent years, the disordered expansion of the agricultural frontier in Argentina has caused large degraded areas, fragmentation of native forests and loss of plant germplasm actual or potential value. Silvopastoral systems are a viable alternative to restore forest cover, and livestock productivity. This project seeks to develop a silvopastoral demonstration area that allows to test the use of plantations of algarrobo (*Prosopis alba* Gris) as a productive alternative for the livestock sector, so that the system optimizes the use of resources through the joint production of meat and wood quality within a framework of economic, social and environmental sustainability. The aim of this paper is to show progress in one of the demonstrators. Algarrobo trees were planted in March 2013, in a 6m x 3m frame (555 pl / ha). Sowing of Grama Rhodes (*Chloris gayana* cv *Fine cut*) was held in March 2014, with 6 kg / ha. Two cattle herds were used to graze in the silvopastoral system, one of the Bonsmara race (42 animals) and a general cross detour (56 animals). We used instantaneous load with grazing animals 3.4 / ha for approximately 6 hours per day, 15 days. The animals graze entered silvopastoral plots at 18 months old plantation. Despite the hare and insects attacks, survival was 88% after 10 months of planting. Pasture produced  $2426 \pm 809.1$  kg MS/ha after 8 months from sowing. Browsing with high instantaneous load, affected 31% of plants sampled; so grazing is not recommended until the plants have an average of 2 m height.

**Keywords:** *Prosopis alba*, forest plantation, *Chloris gayana* cv *Finecut*, law 25080 (26432)

## Introducción

La ganadería y la explotación forestal han generado un profundo cambio en las comunidades vegetales de la región chaqueña (Cabrera 1976). Además en los últimos años, la expansión desordenada de la frontera agropecuaria ha provocado grandes áreas degradadas (920.000 ha desde 1998 a 2002), fragmentación de los bosques nativos (Ragonese 1967, Díaz y Karlin 1987, Adamoli et al. 1990, Tálamo y Caziani 2003, Gasparri y Manghi 2004, Mouillot y Field 2005, Boletta et al. 2006, Gasparri y Grau 2009) y pérdida de germoplasma vegetal de valor actual o potencial (López 2005). Estas actividades antrópicas no son sustentables ni ambiental ni económicamente ya que concentran la renta y disminuyen el trabajo rural (Barsky y Gelman 2001) limitando el desarrollo socioeconómico de los pobladores locales (Pérez-Carrera et al. 2008).

La utilización de *Prosopis* para usos múltiples está ampliamente difundida especialmente en zonas áridas y semiáridas del mundo. Estos sistemas aportan no sólo madera, sino también oferta de frutos como forraje para el ganado y sombra lo que reduce el estrés térmico en particular de algunas razas más susceptibles. En Santiago del Estero, la superficie total

forestada con algarrobo blanco con los instrumentos previstos en la ley 25080 de Inversiones para Bosques Cultivados es de 1.266 ha (DPF SAGPyA, 2011). Por lo que la oportunidad de establecer plantaciones con algarrobo blanco (*Prosopis alba*) y utilizar otras ya realizadas para el uso en sistemas silvopastoriles (SSP) es una alternativa interesante, en especial para los productores ganaderos que no se especializan en la actividad forestal.

Para recuperar cobertura forestal, y a la vez que sean de utilidad para la actividad ganadera se debe desarrollar un paquete tecnológico silvopastoril con algarrobo lo que sería estratégico para la región chaqueña. Por lo tanto el proyecto busca desarrollar un área demostrativa silvopastoril que permita probar el uso de las plantaciones de algarrobo como una alternativa productiva para el sector ganadero, de manera tal que el sistema optimice el uso de los recursos mediante la producción conjunta de carne y madera de calidad en un marco de sustentabilidad económica, social y ambiental. El objetivo de esta comunicación es mostrar los avances realizados en uno de los demostradores.

## Materiales y métodos

### Área de estudio y ensayo a campo

El demostrador se encuentra en un campo de productor de Colonia Dora (28° 37' 22,37" S 62° 55' 53,47" W) ubicado a 185 Km al sudeste de la ciudad de Santiago del Estero. El sitio fue seleccionado por las buenas condiciones ambientales para el desarrollo de la plantación (área de riego o con napa freática alta), el adecuado perfil del productor y por la buena ubicación (sobre Ruta Nacional 34) para la difusión del ensayo demostrador.

La plantación de algarrobo blanco se realizó en marzo de 2013. Se utilizaron plantines producidos en la Estación Forestal Fernández (dependiente de la Universidad Católica de Santiago del Estero). Previamente a la plantación se preparó el suelo mediante dos pasadas cruzadas de un cincel adaptado a los distanciamientos previstos. La primera pasada con 2 púas distanciadas a 6 metros y la segunda pasada (transversal) con una púa más agregada entre las dos anteriores, resultando el distanciamiento de 3 m. De esta manera el sitio quedó marcado y con una mayor profundidad de enraizamiento y de entrada del agua de lluvia. La plantación se realizó en forma manual con riego de asiento (tanque tirado por un tractor) en marzo de 2013. El marco de plantación fue de 6m x 3 m (555 pl/ha), este diseño fue acordado para que durante los primeros años de la plantación y hasta que los algarrobos tengan en promedio 2 m de altura, correspondiente a la altura de escape al ramoneo (Bordón 1988), se realice extracción de rollos de pastura a fin de no dañar los algarrobos, ya que en este tamaño de planta son susceptibles al ramoneo (Distel et al. 1996, Bond 2008)

Un lote de 20 has fue plantado con plantines producidos

con semillas de tres orígenes (Campo Durán, Isla Cuba y Bermejito) y un testigo (semilla local de Fernández-utilizada en el resto de la plantación).

La siembra de Grama Rhodes (*Chloris gayana* cv *Fine cut*) se realizó en marzo de 2014. Previamente se preparó el suelo con una pasada de rastra. Se hizo la calibración de la sembradora para una densidad de siembra de 6 Kg/ha.

Los bovinos utilizados corresponden a dos rodeos, uno de la raza Bonsmara (42 animales) y un rodeo general cruza (56 animales), y se usaron para evaluar ramoneo con carga instantánea de 3,4 animales/ha durante 6 hs por día aproximadamente. Los animales ingresaron a pastorear los lotes silvopastoriles a los 20 meses de edad de la plantación.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con dos tratamientos (sistema silvopastoril con algarrobo+Grama Rhodes y sistema pastoril con Grama Rhodes sola) y 2 repeticiones de 20 ha cada una. Se considerarán 10 animales aproximadamente por repetición y la carga será asignada en función de la cantidad de forraje disponible (aproximadamente 0,5 animales por hectárea). Se realizará un manejo de recría con peso inicial de 160 Kg. aproximadamente y de 300 a la salida (un año después de la entrada). En total se utilizarán 40 ha con plantación y 40 sin plantación de algarrobo, más una reserva de 20 ha extra que se utilizará como área de amortiguamiento.

### Muestreos por componentes (forestal, pastoril y ganadero)

Se midió la plantación para analizar la sobrevivencia y estado sanitario de las plantas post- plantación. Se tomaron 4 par-

celas (230 plantas /parcela) en los lotes plantados; en tres de ellas se procedió a medir el estado de los plantines, el cual se categorizó en: vivo, muerto, ataque de liebre, ataque de insectos y otros (bifurcado, dañado, raquítico o ausente).

Luego de un 10 meses de plantación se realizó monitoreo considerando 4 filas al azar (150 plantas aproximadamente) para verificar supervivencia de la plantación.

Se determinó la oferta forrajera de la pastura mediante el recorrido de transectas tomando 20 muestras con marcos de 0,25 m<sup>2</sup>. El material cosechado se pesó en fresco y allí se

acondicionó una sub-muestra para separación de componentes de la planta (hojas, tallo y senescente) y se colocaron en estufa a 80°C hasta peso constante para la determinación de materia seca.

Para la evaluación del daño por ramoneo se tomaron 200 plantas por lote al azar repartido en grupos de 50 plantas por línea, es decir, 4 líneas por lote. Las variables que se midieron fueron: altura de la planta, altura máxima, altura mínima de ramoneo y cantidad de ramas dañadas. Se consignó presencia, si la planta no presentaba daño.

## Resultados preliminares

La supervivencia post-plantación fue alta, con sólo 4% de fallas. Si bien hubo ataque de liebre y de insectos (Fig. 1), estas plantas se recuperaron y luego de 10 meses de plantación, la supervivencia fue de 88%.

La pastura se implantó correctamente y produjo  $2426 \pm 809,1$  Kg MS/ha luego de 8 meses desde la siembra (Fig 2). El ramoneo con carga instantánea alta, afectó al 31% de las

plantas muestreadas, siendo frecuente el ramoneo de 4 – 5 ramas por planta (Fig. 3) por lo que no se aconseja un pastoreo hasta que las plantas tengan un promedio de 2 m de altura.

Estos son algunos de los resultados que se obtuvieron durante los monitoreos para calibrar metodología y generar los protocolos de medición de cada componente.

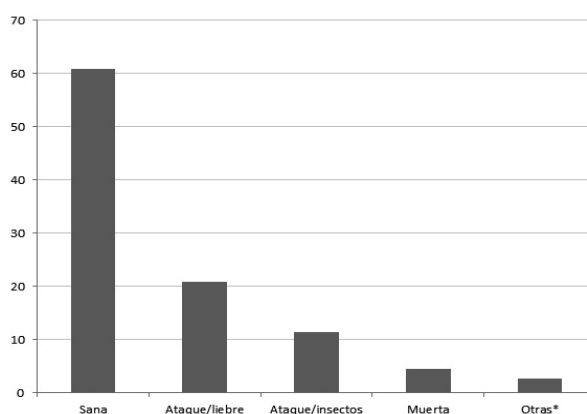


Figura1: Porcentaje de plantas sanas, con ataque de plagas, muertas y otras (Bifurcadas, dañadas, ausente) post-plantación.

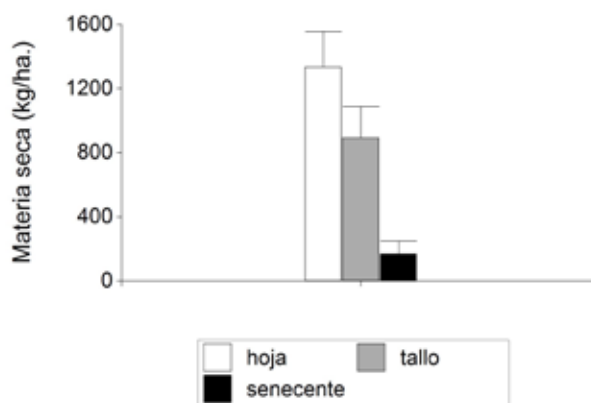


Figura 2: Materia seca Kg/ha de Grama Rhodes en plantación de algarrobo. Relación hoja/tallo= 1,68

Porcentaje del total de plantas dañadas

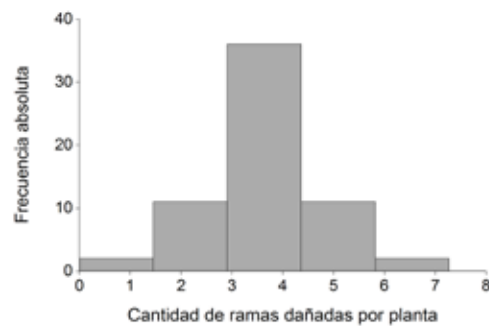


Figura 3: Monitoreo del daños a la plantación de algarrobo blanco por ramoneo de bovinos. a) porcentaje de daño por ramoneo (18 meses posteriores a la plantación). b) Frecuencia de ramoneo sobre ramas.

## Agradecimientos

Este trabajo se lleva a cabo en el marco del Proyecto Plantaciones Forestales Sustentables. “Sistemas silvopastoriles con algarrobo blanco para la región chaqueña” (Convenio INTA-UCAR) el cual financia las actividades en el demostrador. Los autores agradecen al Instituto de Fisiología Vegetal y Recursos Genéticos, al Ing. Anibal Verga por proveer el material genético para el ensayo de orígenes; al Ing. Mauricio Ewens por sus aportes al proyecto a la Ing. Maria Gracia Senillani por su trabajo práctico con los estudiantes en el ensayo y en particular al estudiante Marcelo J. Rodriguez.

## Referencias bibliográficas

- Adamoli, J., E. Sennhauser, J. M. Acero, y A. Rescia. 1990. Stress and Disturbance: Vegetation Dynamics in the Dry Chaco Region of Argentina. *Journal of Biogeography* 17: 491-500.
- Barsky, O., y J. Gelman. 2001. Historia del agro argentino. Grijalbo-Mondolari, Buenos Aires.
- Boletta, P. E., A. C. Ravelo, A. M. Planchuelo, y M. Grilli. 2006. Assessing deforestation in the Argentine Chaco. *Forest Ecology and Management* 228:108-114.
- Bond, W. J. 2008 What Limits Trees in C4 Grasslands and Savannas? *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 39:641-659
- Bordón, A. O. 1988. Forrajeras naturales. Págs. 56-84 en R. R. Casas, editor. Desmonte y habilitación de tierras. Red de cooperación técnica en el uso de recursos naturales en la Región Chaqueña Semiárida. FAO, Santiago de Chile.
- Cabrera, A. L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. 2a. ed. T.2, fasc.1. ACME, Buenos Aires.
- Díaz, R., y U. Karlin. 1987. Las Leñosas en los Sistemas de Producción (Chaco Árido). Págs. 54-56 Taller de Arbustos Forrajeros para Zonas Áridas y Semiáridas. Subcomité Asesor del Árido Subtropical Argentino de la Secretaría de Ciencia y Técnica.
- Distel, R. A., D. V. Peláez, R. M. Bóo, M. D. Mayor, y O. R. Elia. 1996. Growth of *Prosopis caldenia* seedlings in the field as related to grazing history of the site and in a greenhouse as related to different levels of competition from *Stipa tenuis*. *Journal of Arid Environments* 32:251-257.
- Gasparri, I., y E. Manghi. 2004. Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regiones forestales argentinas., Dirección de bosques-Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable, Buenos Aires.
- Gasparri, N. I., y H. R. Grau. 2009. Deforestation and fragmentation of Chaco dry forest in NW Argentina (1972-2007). *Forest Ecology and Management* 258:913-921.
- López, C. 2005. Evaluación de la variación genética de especies del género *Prosopis* de la región chaqueña argentina para su conservación y mejoramiento. Págs. 195-203 en C. A. Norverto, editor. Mejores árboles para más forestadores. Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentos, Buenos Aires.
- Mouillot, F., y C. B. Field. 2005. Fire history and the global carbon budget: a 1°x1° fire history reconstruction for the 20th century. *Global Change Biology* 11:398-420
- Pérez-Carrera, A., C. H. Moscuza, y A. Fernández-Cirelli. 2008. Efectos socioeconómicos y ambientales de la expansión agropecuaria. Estudio de caso: Santiago del Estero, Argentina. *Ecosistemas* 17:5-15.
- Ragonese, A. E. 1967. Vegetación y ganadería en la República Argentina. Colección Científica del INTA, Buenos Aires.
- Tálamo, A., y S. M. Caziani. 2003. Variation in woody vegetation among sites with different disturbance histories in the Argentine Chaco. *Forest Ecology and Management* 184:79-92.

# Unidad demostrativa y experimental de un Sistema Silvopastoril en el Chaco Semiárido

*Roldán Bernhard, Sergio D.; Saravia, Juan<sup>1</sup>*

## Resumen

Se presenta el diseño de una unidad demostrativa y experimental de manejo silvopastoril sobre bosque nativo en la Región del Parque Chaqueño Semiárido. En la misma se integra la planificación de cortas forestales de entresaca regularizada con el pastoreo rotativo de sucesivos lotes de recría de vaquillas orientados a cuantificar la performance de estos sistemas como productores de carne y productos forestales.

**Palabras clave:** Chaco; Diseño; Unidad experimental

## Introducción

Los sistemas silvopastoriles (SSP) sobre bosques nativos vienen siendo propuestos como una alternativa de producción ganadera de menor impacto sobre los recursos naturales, en relación a los sistemas pastoriles convencionales, con los que se viene absorbiendo el incremento de la población vacuna regional, producido por la agriculturalización en Argentina.

Desde un punto de vista teórico, los SSP también representan un modo potencial de mejorar las huellas de carbono, de agua y de energía de la producción de carne. Ese punto de vista se basa en que, aprovechando la Productividad Primaria Neta (PPN) en modo más integral (usando material leñoso para la generación de energía, y/o aprovechando la madera cosechada) y manteniendo condiciones de temperaturas y humedad más moderadas para el ganado, se pueden lograr sistemas más estables en el tiempo y de menor dependen-

cia de insumos externos. Poner a prueba estas potenciales ventajas, requiere de la consideración de la irreductibilidad de estos sistemas, por lo que es necesario aplicar un diseño experimental que se enfoque en el funcionamiento del sistema y a la aplicación de modelos de simulación, más que a la observación de la influencia aislada de algunos de sus componentes.

El objetivo de este trabajo es presentar el diseño y avances en la implementación de un Sistema Silvopastoril que permita una valoración del desempeño de estos sistemas en su totalidad, no sólo con ganado alimentándose en un ambiente boscoso; sino que además se propone implementar un esquema de tratamientos forestales ordenados en el tiempo y en el espacio, compatibles con un uso ordenado de los recursos forrajeros por pastoreo directo o indirecto.

<sup>1</sup>INTA. Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero.

## Descripción del área de trabajo

La unidad demostrativa está ubicada en el Campo Experimental “La María” dependiente de la Estación Experimental Agropecuaria “Santiago del Estero” del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (ver Fig. 1), a 30 Km hacia el sur de la ciudad capital de Santiago del Estero. Abarca 34ha, de bosque espontáneo que representa un ecotono entre un bosque secundario maduro de algarrobos (*Prosopis spp.*) al este y un bosque secundario de quebrachos (*Aspidosperma quebracho blanco*, *Schinopsis lorentzii*) hacia el oeste. Entre las especies acompañantes (o codominantes), se encuentran árboles de Mistol (*Zizyphus mistol*), Chañar (*Geoffroea decorticans*) y, Brea (*Cercidium praecox*), Tala (*Celtis tala*) y Tusca (*Acacia aroma*); también se encuentran individuos de especies exóticas como paraíso (*Melia azedarach*) y mora (*Morus alba*). El estrato arbustivo, que estaba compuesto por *Celtis pallida*, *Acacia praecox*, *Acacia furcatispina*, y varias del género *Capparis spp.*, entre otras, viene siendo sometido a tratamientos de control mecánico desde el año 2007, con una recurrencia aproximada de 2 años, durante el cual se siembra pasturas megatérmicas.

El estrato herbáceo preexistente, estaba compuesto principalmente por *Trichloris crinita*, *T. pluriflora*, *Setaria*

*leiantha*, *Gouinia latifolia*, *G. paraguayensis* y *Digitaria californica* entre otras, y fué enriquecido (como se adelantó en párrafo anterior) mediante siembra de pasturas megatérmicas: *Panicum maximum* cv. *Gatton Panic*. y *Cenchrus ciliaris* cv. *Biloela* en una densidad de 5Kg/ha y 8Kg/ha respectivamente.

El origen loésico de los suelos, junto a la rápida meteorización de la materia orgánica, lo hacen sensibles a la compactación.

### Diseño del sistema silvopastoril

El objetivo de este SSP, es la producción de carne y forestal, maximizando a nivel productivo la estabilidad (mínima variación interanual, global y por subsistema) y máxima renta global, con mínimos impactos sobre los servicios de regulación hidrológica.

Como se detallará más adelante, la producción de carne se enfoca en la cría de vaquillas, mientras que la forestal a madera de aserrío y como subproducto, biomasa combustible. A través de la rotación de tratamientos sobre el estrato arbóreo (cortas de entresaca), y sobre las arbustivas (rolos angostos, potencialmente chipeados, etc.), se deri-

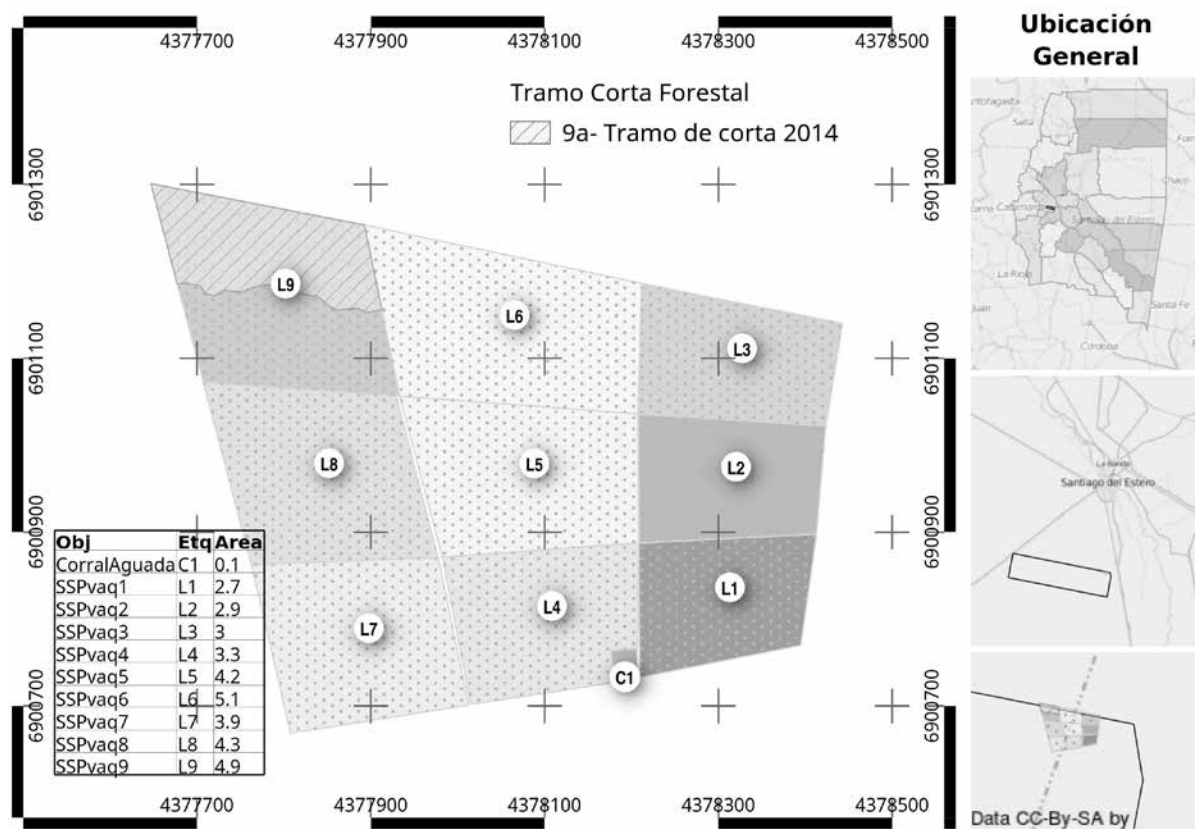


Figura 1: Plano de ubicación y apotreramiento de la Unidad Demostrativa y Experimental de Recría de Vaquillonas en un Sistema Silvopastoril en Bosque Nativo del Chaco Semiárido

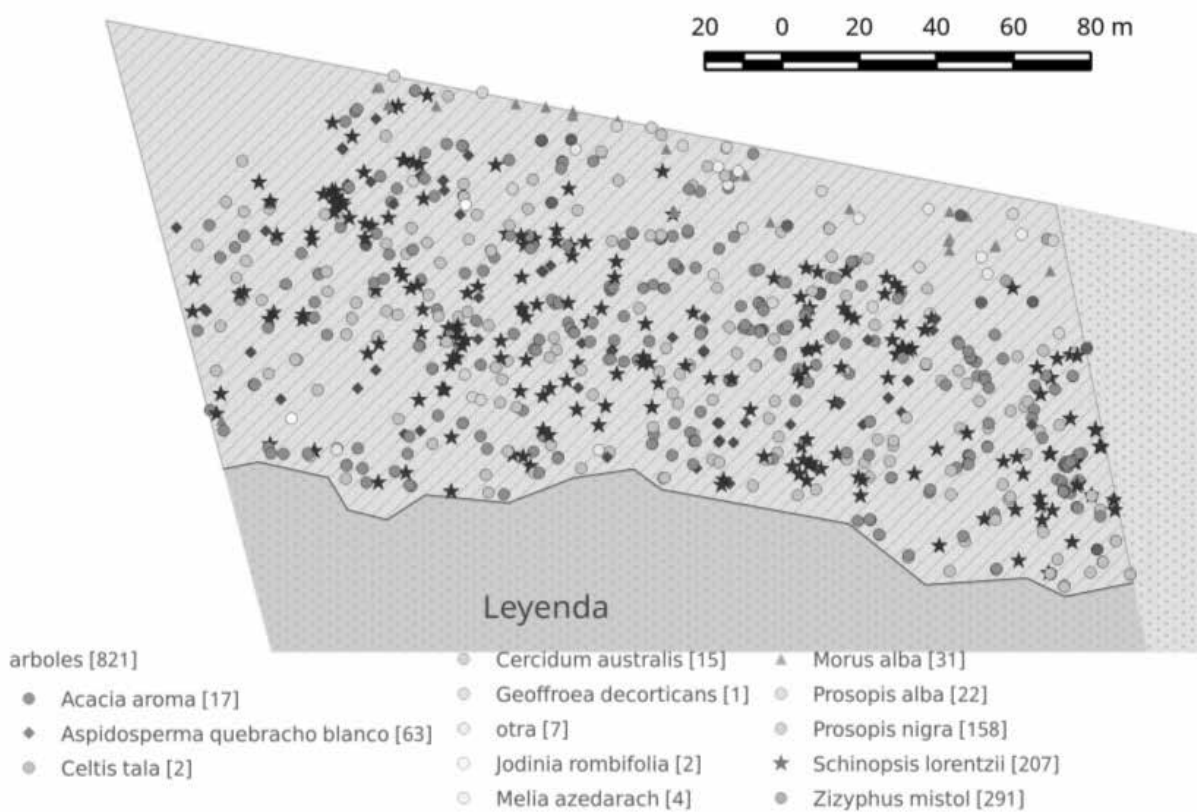


Figura 2: Censo de árboles del primer tramo de corta, Lote 9a. Ver Ubicación General en Figura 1

van recursos del ambiente hacia la producción de forraje herbáceo extrayendo parte del material leñoso y mejorando las condiciones ambientales del pastoreo.

### Manejo Forestal

Un inventario de vegetación (en principio arbórea), se realiza anualmente sobre el tramo destinado a la corta, y se caracteriza por el censo y geoposicionamiento (con un error cuadrático medio en el plano horizontal menor a 0.50m) de todos los individuos cuyo diámetro normal a 1,30m de altura (DN) es mayor o igual a 5cm, lo que permitirá evaluar el el impacto del criterio de corta utilizada sobre la población remanente.

El manejo forestal se materializa en la planificación y ejecución de las cortas forestales (CF). Las CF, que desde un punto de vista ecológico, pueden ser vistas como un disturbio (Frelich, 2002), se orientan generalmente a la obtención de productos para la venta, pero también son herramientas que permiten la progresiva domesticación de las masas forestales, llevándolas a formas “organizadas” con el objeto de concentrar la PPN en individuos arbóreos de mayor valor (comercial, forrajero ó biológico), persiguiendo la a) permanencia continua del vuelo forestal b)

la obtención estable y planificada de bienes y servicios y c) la máxima renta en bienes y servicios. Estos tres ítems son una redacción actualizada de los viejos principios de la Ordenación de Montes Arbolados (Mackay, 1944 y 1949 en Madrigal Collazo, 1994).

Considerando que, la mayor parte del área de la unidad demostrativa está cubierta por masas arbóreas compuestas por individuos de diversas edades (o tamaños, ya que las edades de los mismos no se conocen *a priori*) y que las condiciones climáticas y edáficas hacen necesario mantener la protección permanente del vuelo forestal, se plantea un tratamiento de cortas de entresaca regularizada, de modo que las cortas se ejecutan anualmente, abarcando la mitad de cada potrero, quedando fijado un turno de entresaca (T) de 18 años (9 potreros x 2 tramos/potrero).

Cabe considerar que, desde la práctica forestal, toda la unidad demostrativa constituye un cuartel y cada mitad de potrero representa la unidad administrativa forestal o tramo de entresaca, en donde se relevan anualmente las existencias (como se expresó en párrafos anteriores), requerimientos de tratamientos tendientes a cumplimentar la organización general del cuartel y donde se ejecutan las tareas cortas de entresaca anualmente.

Como la intensidad de cortas de entresaca puede variar



entre límites muy amplios (Madrigal Collazo, 1994), para este sistema se orienta a un rango entre un 25% - 30% del área basal arbórea (G), a revisar con el seguimiento de los crecimientos posteriores a la corta de cada tramo. La elección de esta intensidad de corta, aunque con alto grado de arbitrariedad, se viene considerando como el mínimo necesario para justificar operativamente una corta.

En el primer tramo de corta (Lote 9a), la selección de individuos a extraer se realizó mediante criterios silviculturales con restricciones relacionadas a posición social y mantenimiento de la dominancia de cada especie, utilizando el aplicativo SilvoINTA (Navall *et al.*, 2013)

Durante las cortas se registra individualmente volumen de madera rolliza y de leña obtenidos, así como los tiempos operativos, de cada individuo cortado o podado.

### Manejo Ganadero

La cría de hembras para reposición (Vaquillonas) es crítica en los sistemas ganaderos de la Región, debido a que esta categoría es exigente en proteínas (PB) para su desarrollo y crecimiento y los sistemas carecen de la misma a niveles de estratos herbáceos debido a que las pasturas ya sea nativas o implantadas aportan valores de (PB 4% a 7%). Las leñosas existentes en el sistema si aportan atreves de sus hojas valores promedios de (PB %16 a 22%) según datos de laboratorio forrajes de la EEASE, sin embargo todavía no está medido el consumo de las mismas por parte de las Vaquillonas. Esta categoría desde el destete hasta su servicio debe pasar mínimo dos estaciones secas (invierno e inicios de primavera) a esto hay que sumarle la variabilidad climática entre años lo cual genera fluctuaciones en la disponibilidad de materia seca y a los problemas de manejo como altas cargas, nos da un promedio regional entre los 27 a 36 meses, (Fumagalli y Cornachione, 2002). Esto genera un impacto negativo en la preñez general del rodeo y se pierde 1 ternero por año en la vida útil del futuro vientre. El apotreramiento constituye parte de la infraestructura necesaria para hacer mas eficiente el pastoreo, mediante un esquema de pastoreos rotativos. Se utilizaron alambres fijos como perimetrales, y los divisorios entre lotes eléctricos. Estas cercas delimitan 9 Lotes, de 2.8ha a 4.9ha. En la Fig.1 se presenta un mapa de la unidad.

Para el ensayo se utilizan terneras de destete con una edad promedio de 6 meses, hijas de Toros Bradford 3/8 y vacas Cruzas Bradford, seleccionados del rodeo general del CELM. Los periodos de cría fueron de 12 a 18 meses (2011-2014). En las crías que se vienen realizando, los pesos iniciales de las terneras promedios fueron de 130±8 kg. Los animales se pesaron cada 35±5 días utilizando una balanza mecánica para 1500 kg individual las mismas se hicieron con desbaste de 24 horas (sin agua y comida). En el mismo momento se estima la condición corporal (CC) utilizando la escala de 1 a 9. El sistema de pastoreo implementado fue rotativo, los cambios no fueron a fecha fija sino en función al estado de la pastura. Los destetes ge-

neralmente se hacen en Otoño cuando la pastura entran en latencia entonces se procede a estimar la disponibilidad de materia seca (MS) para estimar la carga animal, registrándose un promedio (0,4Ev/ha/año). Luego en la estación de crecimiento de la pastura se registra al ingreso y a la salida de los animales de cada potrero la disponibilidad de pasto para conocer la oferta inicial y el remanente de la pastura, para lo cual se utilizó el método del BOTANAL (Tothill *et al.*, 1978). La disponibilidad de Materia seca promedio registrada (2011-2014) es de 2400Kg/Ms/ha, por pastoreo registrándose dos pastoreos por lote en el año. En la estación seca invierno e inicios de primavera la calidad de la pastura es muy baja como se expuso anteriormente como estrategia se deja un tiempo a los animales que ramoneen especies leñosas leguminosas como (*Prosopis alba* Griseb, *Prosopis nigra* (Griseb.) *Acacia aroma* Gillies Tusca, *Celtis chichape Tala*) presentes en el sistema. Cuando se registra una merma en la condición corporal CC de 0.5 coincidente con mermas en la ganancias de peso medio diario (GPMD) se realiza una suplementación (Energético-Proteica) con semilla de algodón (SA) al 0,6% del peso vivo (PV) de forma infrecuente 3 veces a la semana (Balbuena, 2003). Los valores promedios de composición de la SA fueron de 27,7% PB y 3,17 Mcal/Kg/MS de EM. Para la formulación de la ración se utilizó el programa MBG carne (Melo, Boetto, Gómez Demmel, 2011 y 2013). Los periodos de suplementación fueron de 100 días siendo la fecha de inicio variable entre años según condición de las vaquillonas.

La frecuencia teórica de remoción parcial del estrato arbustivo, se establece en 2-3 años, con lo que se tratan anualmente seis potreros. Esta operación se realiza con un rolo angosto (2,4 m de ancho) traccionado con tractor agrícola en todos los potreros excepto en los potreros 1 y 2 (L1 y L2 en mapa de Fig.1) donde se utiliza desmalezadora de hélice.

### Desafíos del Experimento

Se pretende lograr una estructura de registro de información eficiente que permita el contraste de la evolución de la producción ganadera respecto a lo esperado aplicando modelos de simulación existentes (NRC,2000; Boetto *et al.*,2011,2013), no constituyendo en sí un experimento silvícola, que por su extensión no tiene la escala necesaria, sino una plataforma que aloje experimentos ganaderos y de estudio de interacciones de las componentes ganderas y arbustivas.

Identificar y cuantificar las interacciones emergentes de las propias operaciones de corta con la producción ganadera, como la pérdida de área útil resultante de la ocupación de ramas residuales de la corta forestal y del potencial aprovechamiento de la biomasa arbustiva.

Establecer experimentos que permitan una cuantificación confiable del impacto del ramoneo sobre el reclutamiento de las clases diamétricas inferiores de las especies arbóreas principales



Operaciones de corta en Tramo de Corta Lote 9a, durante Octubre de 2014.

## Agradecimientos

### Agradecimientos

Esta unidad experimental está apoyada por:

- PRET Contribuciones al desarrollo integral del oeste de Santiago del Estero.
- PE Manejo de sistemas silvopastoriles en bosques nativos.
- PE Sistemas de tecnologías integradas para mayor productividad en bovinos para carne
- PRET Contribución al desarrollo territorial del centro de la provincia de Santiago del Estero.
- PE Indicadores de calidad del suelo para el monitoreo de la sustentabilidad de sistemas productivos.
- PE Desarrollo de procesos para la transformación de biomasa en bioenergía.

## Referencias citadas

- Balbuena, O. 2003. Suplementación Energética-Proteica. Revista Argentina de producción animal, 20(Supl. 1): 18-19.
- Frelich, L.; 2002. Forest Dynamics and Disturbance Regimes: studies from temperate evergreen-deciduous forests. Cambridge University Press. 266pp
- Fumagalli A., Cornachionne M. 2001 Recría de Vaquillonas Sobre Pasturas Subtropicales. En: INTA-EEASE, 2001. Avances y resultados en investigación 1995-2000. Campo Experimental La María. INTA EEA Santiago del Estero, Argentina. pp. 26-32.
- Madrigal Collazo, A.; 1994. Ordenación de Montes Arbolados. ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 375pp.
- Melo, Boetto, Gómez Demmel. MBG carne, versión 2011 y 2013.
- National Research Council, (2000) Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000. 248pp. <http://www.nap.edu/catalog/9791.html>
- Navall, J.; Cassino W. ; Carignano, L.; D'Angelo, P. ; 2013. Un nuevo método para marcación de cortas en bosques irregulares. <http://inta.gob.ar/documentos/un-nuevo-metodo-para-marcacion-de-cortas-en-bosques-irregulares/>
- Tothill, J., Hargreaves, J., Jones, R. 1978. BOTANAL. A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. I. Field sampling. CSIRO, Australian. Division of Tropical Crops and Pastures. Tropical Agronomy Technical Memorandum N° 8: 1-20.

# Sistema de producción agroforestal inundable del camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh H.B.K.) en humedal de Loreto-Perú

Pinedo,<sup>1</sup> P.M.; Iman,<sup>2</sup> C.S.; Abanto,<sup>1</sup> R.C.; Paredes,<sup>1</sup> D.E.; Alves,<sup>3</sup> Ch.E.; Bardales,<sup>3</sup> L.R. Mathews,<sup>4</sup> D.J.P.

## Resumen

Presentamos el caso del camu-camu (*Myrciaria dubia*-Myrtaceae), arbusto perenne con alto contenido de ácido ascórbico (1.5 al 3% de la pulpa del fruto). Se lograron avances en el campo tecnológico y socio-económico en un horizonte de 50 años de trabajo en un área central de la amazonia no conectada por carretera a grandes mercados. En esta región, se está desarrollando, desde hace 35 años mejoramiento genético y agronómico del camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh H.B.K.), en inter-acción con el sistema tradicional agroforestal del pequeño productor en humedales. El objetivo es lograr mediante la incorporación del camu-camu, mayor resiliencia en un contexto de sostenibilidad del sistema productivo agroforestal, frente al cambio climático y la pobreza imperante. Las actividades son: colección, evaluación, selección, multiplicación y transferencia de tecnología. Se aplican técnicas de muestreo, evaluaciones de campo y laboratorio, diseños y cálculos estadísticos uni y multivariados. Se ha logrado la selección y distribución de plantas superiores de camu-camu, tecnologías de propagación, manejo de vivero, instalación de plantaciones, abonamiento y defoliación, manejo de plagas, asociación del camu-camu con especies temporales y perennes, métodos para la promoción de la especie y la inter-acción social investigador-productor. Se requiere encontrar un equilibrio, donde los conceptos de sostenibilidad, agroforestería y producción orgánica constituyen argumentos adecuados y vigentes. Se concluye que la propuesta productiva, es adecuada, para enfrentar la pobreza y el cambio climático, pero que aún no se consolida el aspecto comercial, proponiéndose al mercado interno como opción alternativa.

**Palabras claves:** Agroforestería, Desarrollo rural, Mejoramiento

# Agroforestral flooded production system of camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh HBK) in wetland in Loreto-Peru

## Abstract

We present the case of camu-camu (*Myrciaria dubia*-Myrtaceae), perennial shrub that presents fruits rich in ascorbic acid (1.5 to 3% of the pulp). Thus as advances in production technology, also frustrations in the socio-economic promotion were achieved, during 50 years of work in a central area of the Amazon not connected by road to major markets. In this region, for 35 years is in course a genetic and agronomic improvement programme of camu-camu (*Myrciaria* McVaugh *dubia* HBK) interacting with the traditional agroforestry system of small producers in wetlands. In this region, is developing, for 35 years genetic and agronomic improvement of camu-camu (*Myrciaria* McVaugh *dubia* HBK) in inter-action with the traditional agroforestry system for small producers in wetlands. The goal is achieve by incorporation of the camu camu, greater resilience of the agroforestry production system, facing the climate change and the prevailing poverty. The activities are: collection of genetic material, evaluation, selection, multiplication and technology transfer. Sampling techniques, field and laboratory assessments, simple and multivariate statistical calculations were applied. It has achieved the selection and distribution of upper floors of camu-camu, technologies propagation, nursery management, installation of plantations, fertilization and defoliation, pest management, association of camu-camu with temporary and perennial species, methods to social promotion and social interaction researcher-producer. It requires finding a balance, where the concepts of sustainability, agroforestry and organic production are adequate and valid arguments. It is concluded that proposals, are adequate to tackle poverty and face the climate change, but the commercial aspect is not consolidated yet. The local market is believed could be an alternative option.

**Key words:** Agroforestry, Rural development, Plant breeding

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana Avda A. Quiñones Km 2.5 Iquitos email: mpinedo@iiaj.org.pe <sup>2</sup>Instituto Nacional de Innovación Agraria – Estación Experimental San Roque-Iquitos. siman@inia.gob.pe <sup>3</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Roraima, Carretera Boa Vista Manaus km 8. edvan.chagas@embrapa.br <sup>4</sup>rbardaleslozano@yahoo.es <sup>5</sup>Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Programa de Pósgraduação em Botânica, Aleixo, Caixa postal - 2223, CEP 69.060-001, Manaus, Brasil. fedormath@hotmail.com

## Introducción

Desde la década de los 70 hasta la fecha (unos 44 años) ha ocurrido un proceso gradual de crecimiento y maduración de una propuesta productiva, que privilegiaba el desarrollo industrial y de exportación basada principalmente en el aprovechamiento de pulpa de frutos del camu-camu (Figura 1). Este proceso tiene que ver con la domesticación y avance de la tecnificación productiva, de transformación y mercadeo. Está ligado también al proceso social de adopción y de incorporación de este arbusto leñoso perenne al sistema tradicional, mayormente con cultivos temporales de la agricultura ribereña (Penn, 2004). También ha implicado la incursión del producto a mercados internacionales, junto con la incorporación del tema camu-camu a la esfera socio política y económica del País (Pinedo, et al. 2001)

El camu-camu, por los especiales atributos que presenta, ha merecido atención prioritaria tanto del sector público para promoción de su cultivo, como de iniciativas privadas de inversión para su aprovechamiento y comercialización a mercados externos (Oliva, 2002; Penn, 2004). La insuficiente información sistematizada y tecnologías de manejo de este recurso de la biodiversidad en la amazonia, constituye un freno para emprender acciones de desarrollo sustentable. El análisis de ácido ascórbico que la Universidad Nacional Mayor de San Marcos hizo 58 años atrás dio a conocer el alto nivel de ácido ascórbico de la pulpa del camu-camu (2780 mg/100g) (Collazos, C.

1957). Este dato, desencadenó un interés preferencial por la investigación agronómica, genética y de valor agregado de esta especie, la que tuvo impulso a partir del año 1976 (hace unos 39 años). En el año 1995 se inició la promoción del cultivo de camu-camu en áreas inundables (varzea) en dos departamentos amazónicos del Perú: Loreto y Ucayali. Este proceso de 58 años que se inició con un estudio químico analítico y avanzó hasta convertirse en un caso político-económico en la Amazonia Peruana, ha dejado algunas satisfacciones, pero también frustraciones y obviamente muchas lecciones aprendidas (Pinedo et al. 2010). La experiencia ha servido entre otras cosas, para demostrar que es posible en Loreto, enfrentar necesidades tecnológicas para el aprovechamiento sostenible de una especie amazónica. Se presentó el reto de armonizar los aspectos de producción, de conservación del recurso y del medio ambiente y conjugarlos en una propuesta tecnológica sostenible de producción orgánica. La principal decepción o limitación es que en los últimos 7 años (2008-2014) la venta de la fruta de camu-camu descendió a niveles mínimos (ver Figura no se compró la fruta desde el mercado externo teniendo como resultado la minusvalía o el desperdicio de aproximadamente el 60% de la cosecha. En los próximos párrafos, líneas abajo, se pretende exponer algunos aspectos clave de la cadena de valor que expliquen con mayor profundidad la mencionada crisis y alternativas para resolverlo.



Figura 1. Frutos maduros del camu-camu

## Materiales y Métodos

El análisis presentado, corresponde al periodo de los años 2001 al 2014. Gran parte del trabajo de campo se llevó a cabo en el Centro Experimental "San Miguel" CESM-IIAP (Iquitos), ubicado en la margen izquierda del río Amazonas, aguas arriba de la desembocadura del río Itaya, entre las coordenadas 3° 40' y 3° 45' de latitud Sur y 73° 10' Y 73°11' de longitud Oeste, a 60 minutos de navegación aguas arriba de la ciudad de Iquitos. Se trata de una zona inundable de restinga alta con temperatura promedio de 26°C y precipitación pluvial de 2911,7 mm/año.

Con diferentes frecuencias según el descriptor (anual, mensual, semanal), se miden los parámetros vegetativos: diámetro basal de tallo, altura de planta, número de ramas basales, ancho de hoja, longitud de peciolo, número de flores, número de frutos, peso de fruto, rendimiento, así como contenido de ácido ascórbico, pH y grados Brix.

Las evaluaciones de parámetros vegetativos y reproductivos se efectuaron mediante instrumentos de medida simples como cintas métricas, regla decimal y por conteos. El análisis de ácido ascórbico fueron efectuados mediante diferentes métodos, principalmente volumétrico de Tillman (Chang, 2013). En laboratorio se evaluó el pH mediante potenciómetro y grados Brix con refractómetro. El distanciamiento en las colecciones básicas con alta densidad fue de 1.5 x 1 m. (Vascon-

celos, 2010)

Las familias de camu-camu evaluadas proceden de rodales naturales de los ríos Tigre, Curaray, Napo, Itaya y Putumayo (Mendoza, et al. 1989) Fueron evaluadas también otras especies componentes de los sistemas productivos que están o podrían estar asociadas al camu-camu en un sistema agroforestal tales como: *Switenia macrophylla* (caoba), *Pouteria caimito* (caimito), *Citrus sinensis* (naranja), *Theobroma cacao* (cacao), *Theobroma bicolor* (macambo), *Eugenia stipitata* (arazá), *Psidium guajaba* (guayaba), *Euterpe precatoria* (huasai), *Calycohyllum spruceanum* (capirona) (UNALM-ITTO, 2007)

En la evaluación de las progenies de camu-camu se consideraron las siguientes variables: número de ramas, diámetro de copa, altura de la planta, número de flores, número de frutos, peso de frutos y rendimiento de fruta. Con este último atributo se han detectado plantas con posibilidades de precocidad.

El diseño aplicado mayormente es de Bloque Completo Aleatorizado con 4 a 10 repeticiones y 1 a 3 plantas por unidad experimental. Se efectuaron análisis de datos mediante cálculos estadísticos descriptivos (promedios, rangos, varianza, coeficiente de variación) así como también análisis de varianza. Los programas estadísticos empleados fueron: SPSS (Versión 15), SELEGEN e INFOGEN (para selección de plantas),

## Resultados y Discusión

Los resultados se refieren a los aspectos de interacción inter-específicas, correlación de los pisos fisiográficos con la adaptación de las especies, evaluación y selección de plantas

superiores, técnicas agronómicas, así como al análisis dinámico del proceso de adopción.

Aportes de la Investigación (semilla, agronomía, valor agre-



Figura 2. Aspectos del proceso de domesticación del camu-camu en Loreto-Perú

gado). Presentamos en este acápite algunos temas específicos que nos parecen prioritarios por su impacto en el proceso de domesticación y que están relacionados a la productividad, calidad de la producción y rentabilidad de este rubro productivo. Entidades de investigación como el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), (Mendoza, et al. 1989). Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP) y la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (Oliva, 2002), Universidad Nacional de Ucayali (UNU) han desplegado desde hace 38 años, líneas de investigación agronómica, de mejoramiento genético y de procesamiento de la fruta. A este esfuerzo se sumaron un gran número de empresas privadas sobre todo en el rubro de valor agregado. (Riva, 1997; Chang, 2013;)

En INIA e IIAP se han desarrollado técnicas de defoliación con el fin de poder modificar el periodo de cosecha y acceder a mejores precios de la fruta. Esta técnica, ciertamente no es nueva, ya que se aplica en varios frutales tropicales (por ejemplo en el marañón o casho en Brasil).<sup>1</sup> Mediante esta herramienta podríamos mejorar las condiciones de comercialización del camu-camu en Iquitos. Los ensayos efectuados en Iquitos y Pucallpa, han demostrado la viabilidad técnica y económica para lograr altos rendimientos y fuera de época, lo que permite colocar la fruta en el mercado local con precios en ocasiones hasta seis veces mayores (Pinedo et al. 2010; Riva, 1997). En el mercado de Iquitos, una jaba de 25 kilos cuesta unos 30 soles en época de abundancia, pero en época de escases puede llegar hasta 200 soles. Por lo tanto esta opción tecnológica es una alternativa para mejorar la rentabilidad y sostenibilidad del cultivo (Penn, 2004)

Precisiones sobre el contenido de vitamina C. Vamos a insistir en un factor clave especialmente cuando se pretende consolidar mercados o negocios de exportación del camu-camu, aunque por supuesto que no deja de ser importante también para el mercado local. Se trata del contenido de vitamina C (ácido ascórbico).

Hace más de 50 años, se encontró que la pulpa del camu-camu contiene 2780 mg. de ácido ascórbico (aa) por cada 100 g (Collazos, 1957), mientras que la naranja contiene alrededor de 92.30 mg. Lo que significa que el camu-camu contiene 30.12 veces aa que la naranja. Sin embargo, en las evaluaciones más recientes efectuadas por el IIAP y el INIA, los valores promedios encontrados en la pulpa de camu-camu son menores. Por ejemplo en una colección efectuada en el año 2001 en cinco ríos de Loreto (Itaya, Napo, Tigre, Curaray y Putumayo), el promedio del contenido de ácido ascórbico fue de 1773.54 mg (Pinedo et al. 2004). En un periodo de 37 años, diferentes autores han informado sobre el contenido de vitamina C de la pulpa de camu-camu con predominancia de métodos volumétricos, el rango fue de 877 a 3079 mg, con un promedio de 1890.36 (Chang, 2013). Si calculamos un promedio general este alcanza un valor de **1831.95** mg. Si comparamos este valor mucho más representativo con el contenido de la naranja, obtenemos una relación muy realista, donde el camu-camu es 19.84 veces superior a la naranja. El INIA en Loreto logra una relativa estabilización del contenido

de ácido ascórbico con un promedio de 2197 en poblaciones seleccionadas (Pinedo et al. 2010), las cuales todavía no han sido suficientemente multiplicadas para su incorporación generalizada en los sistemas productivos. De ahí que podemos decir a manera de conclusión en este acápite y sin riesgo de exageraciones, que el camu-camu tiene unas 20 veces más vitamina C que la naranja.

Otro aspecto importante relacionado con la vitamina C del camu-camu es la heredabilidad: Si propagamos (sea por semilla botánica o por enjertación) una planta con alto contenido de ácido ascórbico, que posibilidades tenemos de que las plantas hijas tengan también alto contenido de la vitamina?. Las evaluaciones hasta ahora practicadas (en el INIA, IIAP e INPA-Manaus-Brasil) nos indican que el grado de heredabilidad del contenido de ácido ascórbico es muy bajo ( $h^2g = H^2 = 0.0025$ ), cuando un valor alto puede ser considerado encima de  $H^2 = 0.40$ . (Pinedo, 2013).

Camu-camu para enfrentar el cambio climático. El calentamiento global en la Amazonia se manifiesta (entre otros impactos) por inundaciones extremas que ocasionan pérdida de cultivos y vegetación que a su vez incrementan la emisión del gas metano y la reducción de capacidad de secuestro de carbono por la muerte de especies perennes. En el abril-2012, el nivel de las aguas del río Amazonas alcanza 119 metros sobre el nivel del mar, dos metros encima del promedio y medio metro encima del máximo en los últimos 50 años.

Son pocas las especies que como el camu-camu resisten periodos drásticos de inundación que ocasionan inclusive la desaparición temporal de las plantas al estar sumergidas en el agua. Esta especie, además de resistir es beneficiada por una mayor productividad y mayor contenido de ácido ascórbico en la pulpa. Investigación sobre la relación del nivel de inundación con el contenido de ácido ascórbico reveló que a mayor inundación corresponde mayor contenido de vitamina C. En este estudio se evaluó por tres años resultando en el año 2002 una inundación de 110 cm con un contenido de ácido ascórbico de 6000 mg/100 g. En el año 2003 en la misma planta con una inundación de 20 cm el valor fue de 1500 mg y en el tercer año (2004) con -10 cm de inundación (es decir sin inundación) el valor descendió aun mas a 1400 mg (Yuyama, 2002)

Por otro lado, el consumo del camu-camu por los productores y la población tendrá como beneficio una mayor resistencia contra las infecciones propias de los periodos de cambios de clima.

Recientemente se encontró que el camu camu secuestra 102.02 toneladas de Carbono por hectárea, cantidad mayor a las informadas para otras especies frutales amazónicas como “cacao” y “copoazú” (Díaz, et al. 2014).

Resulta claro entonces que el camu-camu se convierte en un recurso apropiado para contrarrestar el impacto negativo del cambio climático.

Plantaciones versus rodales. El IIAP, desde hace 4 décadas ha estado interesado en el estudio de poblaciones naturales de camu-camu para su conservación, llegándose a cubrir con mayor o menor profundidad temas sobre: ecología, dispersión

<sup>1</sup> Informe de Viaje al Brasil (Manaus, Tianguá, Parnaíba, Teresina, Fortaleza). Realizado del 11 al 21 de Julio-2010 por Mario Pinedo Panduro (IIAP) y Sixto Iman Correa (INIA) en el marco del Proyecto FINCyT: Evaluación Genética de Plantas Superiores de Camu-camu en Loreto y Ucayali.

de semilla, cadenas tróficas con especies de la ictiofauna, sistemas de re-poblamiento, entre otros. Asimismo, el IIAP ha impulsado el cultivo en plantaciones de “restinga” como una opción de mayor sostenibilidad y que alivie la presión de uso sobre los rodales naturales. Lo que actualmente significa la armonización entre las actividades de producción y conservación de la diversidad de la especie y de su hábitat. (Inga et al.2011; Pinedo, 2001; Pinedo, 2004; Martin, 2014)

El aprovechamiento sostenible en rodales naturales es prácticamente inviable. Tanto los procesos ecológicos, climáticos como los sociales impiden una afirmación en modelos de aprovechamiento medianamente estables. Existe mucha alternancia en la producción y productividad de los rodales, lo cual se relaciona con la inundación del área. Si el río alcanza niveles muy altos, mata a los frutos y si el nivel es muy bajo dificulta la accesibilidad hasta los rodales. El derecho de tenencia no está mayormente definido a nivel específico de poblaciones, lo que genera confusión, inestabilidad y en varios casos ocasiono graves conflictos entre comunidades. El IIAP ha efectuado evaluaciones desde hace 3 décadas, acompañando los procesos ecológicos y socioeconómicos. Para los miembros del Comité de Manejo (Salomon Lozano), el principal logro es el reconocimiento por parte de INRENA como los administradores de las cochas Sahua y Supay, y al mismo tiempo haber mitigado en gran medida la utilización de malas prácticas de cosecha. Con el fortalecimiento recibido, ahora son capaces de gestionar y negociar en los diversos aspectos concernientes al manejo. (Inga, et al. 2011)

La producción del rodal de camu-camu en la campaña 2004-2005, fue de 150 t de fruta, siendo el ingreso por familia de US\$.177.4 dólares, beneficiando a 1800 personas que representan el 30% de la población de villa Jenaro Herrera (Penn, 2005)

La incorporación del camu-camu en los sistemas tradicionales ubicados en restingas bajas de ríos de agua blanca presenta varias ventajas (Figura 3)

La vegetación que hay que eliminar es poco diversificada y presenta especies mayormente abundantes y cosmopolitas. Las especies arbóreas que pudieran estar presentes son de escaso valor económico (principalmente cetico (*Cecropia ficifolia* Warb ex Sneth-Cecropiaceae) y amasisa (*Erythrina fusca* Lour- Fabaceae), y de madera suave, lo que facilita y abarata su eliminación

La gran capacidad productiva de la restinga baja se traduce en una mayor eficiencia por unidad de superficie lo que podría reducir la necesidad de ampliación de áreas y depredación de recursos.

El espejismo de la exportación. Como ya se dijo, desde hace 6 años (2008-2014) no hay exportación de camu camu desde Iquitos, lo que originó una crisis en este rubro. Pensamos que lo que está ocurriendo con esta crisis del camu-camu es muy aplicable al análisis de otras especies u opciones. El entusiasmo resultante de una incipiente exportación (casi de prueba) ha ejercido una especie de euforia paralizante, antes que el impulso hacia un desarrollo concreto y sostenible de la actividad. Como resultado hay un saldo significativo de frustración y desperdicio de recursos económicos privados y públicos.

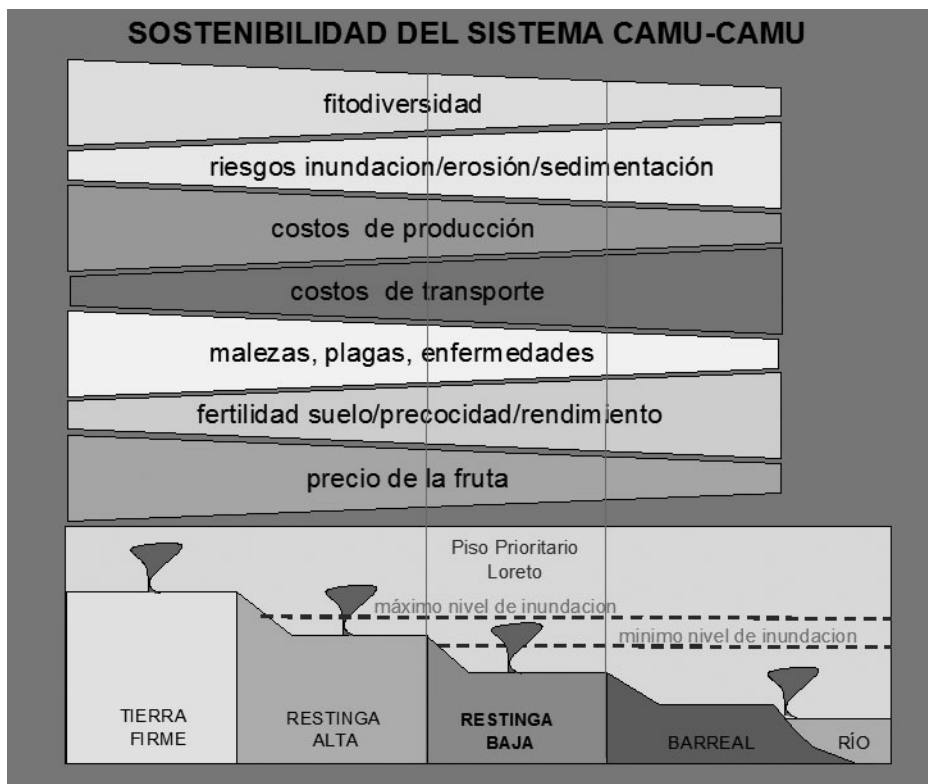


Figura 3. Factores de sostenibilidad para el sistema productivo del camu-camu

### Valor de exportación nacional 1994-Ene 2015 de productos del camu-camu

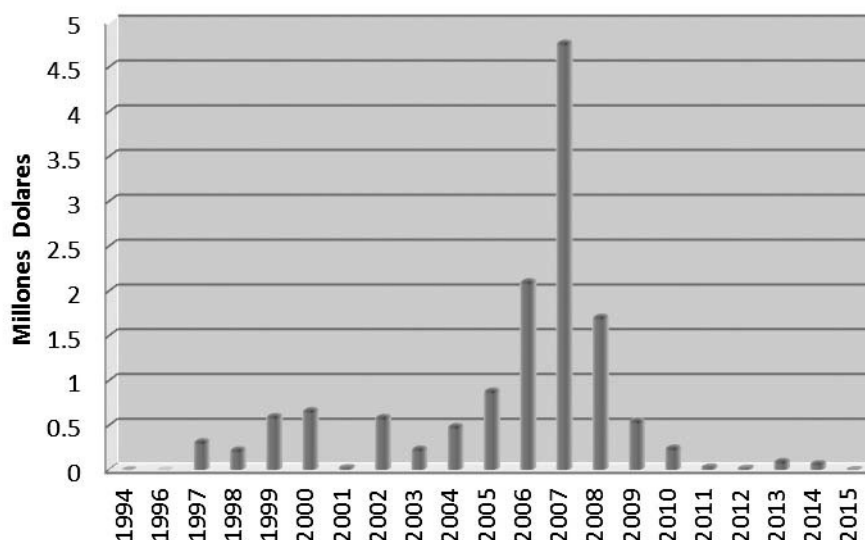


Figura 4. Valor de exportación nacional de productos del camu-camu

En la Amazonia Peruana, sobre camu-camu han transcurrido (a Enero 2015) 42 años de investigación y 19 años de promoción del cultivo y de la exportación. Sin embargo hasta hoy los resultados en términos de impactos sociales y económicos no son tan auspiciosos, especialmente en Loreto. Si bien, en los Departamentos de Loreto y Ucayali, el área sembrada ha sido incrementada entre los años 2008 al 2014 llegando cerca a 8,000 hectáreas, el área productiva efectiva es realmente limitada. Probablemente, en los dos Departamentos no superemos actualmente las 4000 hectáreas en producción que sumadas a unas 1000 hectáreas de rodales naturales en Loreto, representaría un potencial productivo estimado de 15000 toneladas de fruta fresca por año. Este potencial se reduce significativamente por la precaria capacidad logística y de transporte, especialmente tratándose de aprovechar adecuadamente la producción de los rodales naturales. Lo concreto es que desde el año 2008 a la fecha, la actividad está en crisis por la discontinuidad de la demanda-exportación, cuyo valor (Figura 4), para el caso de Loreto se redujo drásticamente. Que sucedió? Cuáles fueron las causas que frenaron el desarrollo de esta promisorio actividad?

Estamos frente a un caso muy peculiar de aprovechamiento de una especie prometedora de la biodiversidad amazónica desde una región mediterránea, sin conectividad terrestre.

La oferta es incipiente además de extremadamente alternante en términos de volumen, la transferencia de tecnología es débil, la organización de los productores aún no está fortalecida y es poco activa. El número de productores probables en Loreto y Ucayali alcanza solamente a unas 13,000 familias con una capacidad en promedio de cultivar 2.5 hectáreas por familia. La aplicación de normas técnicas es prácticamente ausente y no existe oferta de productos certificados (orgánicos, buenas prácticas, comercio justo, etc.). Se suma el alto costo de energía lo que restringe la capacidad de congelamiento. En suma, Loreto (Iquitos) al menos en los próximos 5 años, no está preparado para exportar y las casi dos décadas intentando hacer despegar la agro-exportación del camu-camu, ha carecido a nuestro concepto de realismo y postura de “los pies sobre la tierra”. Que hacer para “aterrizar” y emprender un auténtico proceso de crecimiento de la actividad sin cruzar los límites de la sostenibilidad?. El problema puede ser tratado desde diferentes ángulos, siendo lo principal a nuestro juicio, el aspecto político-económico. La investigación científica y tecnológica obviamente tiene un rol importante y cuyas prioridades deberán ser orientadas ahora hacia la solución del problema expuesto. Presentaremos a continuación algunas propuestas que consideramos válidas.



## Perspectivas

Que pretendemos con los frutales amazónicos como camu-camu?. Convertirlos en materias primas de un proceso agro-industrial de gran escala para el mercado internacional? ....Que sean recursos para reponer el bosque o el suelo degradado?.... Concentrarse sobre todo en la conservación para fines de turismo e investigación?...que el camu-camu siga siendo un componente más de la agro-bio-diversidad del pequeño productor, en un sistema orgánico agroforestal?

La propuesta principal: Desarrollemos primero el mercado interno. La alternancia de la demanda procedente de países como Japón, sumada a la inconsistencia de la oferta evidenciada en una praxis de 13 años (1994 a 2011), ha llevado al convencimiento de que las condiciones para un comercio internacional sólido (especialmente desde Loreto), aún no están dadas. Por lo tanto, la fuerza de los hechos nos induce a pensar con pragmatismo en el mercado interno. Probablemente que al igual que en otras latitudes lo primero que hay que desarrollar es el mercado interno antes de apostar mayoritariamente por la exportación. El ejercicio de desarrollar el

mercado interno permite afinar los procesos, fortalecer y cohesionar los eslabones de la cadena de valor: incrementar las capacidades, las tecnologías, fortalecer las organizaciones, etc. Aquí debemos referirnos en términos más específicos, ya que cuando hablamos de camu-camu en Loreto estamos hablando prácticamente de camu-camu en Iquitos. Esta ciudad con unos 500,000 habitantes y 80,000 familias constituyen la posibilidad más cercana para colocar los productos. (Ploeg, 2008; Pintado, 2011) Por ejemplo, respecto al rubro de bebidas gaseosas, en Iquitos se consumen diariamente unos 40,000 litros de gaseosas de las diferentes marcas. Esto significa unas 50,000 toneladas del líquido por año. Si lográramos suplir con pulpa de camu-camu el 10% de ese consumo necesitaríamos 5,000 toneladas de pulpa lo que equivale a 10,000 toneladas de fruta fresca. Volumen que podría ser suministrado por unas 2000 hectáreas de camu-camu a los 6 años de edad. Al parecer, podríamos enunciar con fundamento: “No podemos autoabastecernos y queremos suministrar mercados grandes”

## Conclusiones

En general se requiere de cambios de estrategias para el desarrollo de opciones productivas, volteando la mirada hacia las potencialidades internas de mayor controlabilidad y pragmatismo

El caso del camu camu en la amazonia peruana, sirve mucho para fundamentar propuestas realistas y sostenibles frente a las condiciones sociales y ecológicas de una zona particularmente mediterránea de la amazonia peruana y continental.

La crisis del camu-camu en Loreto requiere de una atención ur-

gente principalmente en el rubro de comercialización y mercado Una línea de acción inmediata sería el de aperturar opciones de crédito promocional para generadores de valor agregado local. De otro modo las próximas cosechas seguirán perdiéndose por falta de compra

El proceso en Loreto aún está en marcha y demanda un re-planteo sin perder de vista un marco de sostenibilidad donde la conservación de los recursos genéticos, las culturas y el ambiente debe prevalecer como objetivo mayor

## Agradecimiento

Varias instituciones públicas y privadas participaron en el proceso de investigación y promoción del uso y conservación de las especies, especialmente del camu- camu y merecen nuestro agradecimiento. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria (INIA), Universidad Nacional de la Amazonia Peruana-UNAP, Universidad Nacional de Ucayali, Gobierno Regional de Loreto, Gobierno Regional de Ucayali, Dirección Regional de Loreto del Ministerio de Agricultura, Empresa Agroindustrial del Peru y Empresa Yamano S.A.C.

## Referencias bibliográficas

- Abtibol, 2002. Estudos fenológicos e seleção de matrizes em quatro procedencias de camu-camu silvestre (*Myrciaria dubia* (H.B.K.)McVaugh) da região amazônica, para uso em sistemas agroflorestais. Universidade Federal Do Amazonas-UFAM. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia-INPA. 60 p.
- Collazos, C. 1957. La composición de los alimentos peruanos. Anales de la Facultad de medicina. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima 40: 232
- Díaz, C.C.; Del Aguila, J.; Paredes, D.E.; Pinedo, P.M.; Abanto, R.C. 2014. Carbono almacenado y descripción de algunas características de las plantaciones de camu-camu arbustivo (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh) en el Centro Experimental San Miguel-Rio Amazonas, Belén-Peru. (En prensa)

- Chang, C.A. 2013. El camu camu, aspectos químicos, farmacológicos y tecnológicos. 154 p.
- Elevitch, C. 2012. Ecological, social and economic sustainability: a return to agroforestry. Non-wood news. May 2012 N° 24. p.3-4.
- Inga, S. H.; Castillo, T.D. Del.; Salazar, V.A.; Farroñay, P. R.; Perez, S.; Ampuero, R. 2011. Experiencia comunitaria de manejo de rodales naturales de camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh) en los lagos Sahua y Supay, Jenaro Herrera, (Loreto). Xilema. Lima Peru. 5 p.
- Martin, P.M.; Peters, M.Ch.; Ashton, M.S. 2014. Revisiting Camu-camu (*Myrciaria dubia*): Twenty-seven Years of Fruit Collection and Flooding at an Oxbow Lake in Peruvian Amazonia. Economic Botany XX(X).
- Mendoza, R.O.; Picon, B.C.; Gonzáles, T.J.; Cárdenas, M.R.; Padilla, T.C.; Mediavilla, G.M. Lleras, E.; Delgado, F.F. 1989. Informe de la expedición de recolección de germoplasma de camu-camu (*Myrciaria dubia*) en la Amazonia Peruana. Lima (Peru). Instituto Nacional de Investigacion Agraria y Agroindustrial. 19 pp.
- Oliva, C. 2002. Evaluación de la productividad del camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K.). Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 102 p.
- Paredes, D.E. 2011. Comparativo de 37 clones de camu-camu Arbustivo *Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh, en Loreto en el sexto año de su instalación. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 113 p.
- Penn, W.J. 2004. Another boom for Amazonia? Socioeconomic and Environmental Implications of the neww camu-camu Industry in Peru. University of Florida. 292 p.
- Pinedo, M. et al. 2001; Sistema de Producción de Camu-Camu en Restinga, Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Programa de Ecosistemas Terrestres. Loreto-Perú. 141p.
- Pinedo, M. et al. 2004; Plan de Mejoramiento Genético de camu-camu, Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Programa de Ecosistemas Terrestres. Loreto-Perú. 52p.
- Pinedo, P.M. 2000. Sistemas de aprovechamiento de la biodiversidad en areas inundables en Santarem y Macapa, Brasil. In-forme de visita. People Land, Enviromental Changes. United Nation University Project. 231 p.
- Pinedo, P.M. 2013. Correlation and heritability analysis in breeding of camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh]. African Journal of Plant Science. Vol. 7(2), pp. 61-66.
- Pinedo, P.M.; Delgado, V.C.; Farroñay, P.R.; Del Castillo, T.D.; Iman, C.S.; Villacres, V.J.; Fachin, M.L.; Oliva, C.C.; Abanto, R.C.; Bardales, L.R.; Vega, V.R. 2010. Camu-camu (*Myrciaria dubia*, Myrtaceae); Aportes para su aprovechamiento sostenible en la Amazonía Peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú. 135 pp.
- Pinedo, P.M.; Riva, R.R.; Rengifo, S.E.; Delgado, V.C.; Villacres, V. J.; Gonzáles, C.A.; Inga, S.H.; López, U.A.; Farroñay, P.R. Vega, V.R. Linares, B.S. 2001. Sistema de producción de camu-camu en restinga. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Iquitos. Perú 141 pp.
- Pintado, L.M.A. 2011. Autoconsumo, seguridad alimentaria y nutrición en el Peru. Agrodata. Oct. 2012. p. 15.
- Ploeg, J.D. van der. 2008. Los agricultores y los imperios de alimentos, las luchas por la autonomía y la sostenibilidad en la era de globalización. Porto Alegre: UFRGS Editora.
- Riva, R.R.; Gonzáles, R.I. 1997. Tecnología del cultivo de camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh en la Amazonía Peruana. Lima. INIA. 45 pp.
- UNALM-ITTO 2007. Estudios de la poblaciones de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en el Peru. Proyecto UNALM-ITTO PD 251/03. 22 p.
- Vasconcelos, C.J.; Vilela, R.M. 2010. Selecao precoce intensiva: uma nova estratégia para o programa de melhoramento genético do cajueiro. Ver. Bras. Frutic. V. 32. N. 4. P 1279-1284
- Vilela, R. M. 2002. Genética Biométrica e Estadística no Melhoramento de Plantas Perenes. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília DF. 975 pp.
- Yuyama, K.; Aguiar, J.P.L.; Yuyama, L.K.O. 2002. Camu-camu: Um fruto fantástico como fonte de vitamina C. Acta Amazonica 32(1): 169-174.

# Raleo en bosque de ñire para un aprovechamiento multipropósito

*Cisternas Mandujano, JC; Pinto Núñez, R.; Cossio, A.*

## Resumen

A petición de una agrupación de campesinos de Bahía Murta (provincia General Carrera, región de Aysén, Chile), El año 2011, se instaló un ensayo con distintas intensidades de raleos en un rodal de ñire de 60 años para probar la respuesta bajo un enfoque de aprovechamiento multipropósito. Se seleccionó y excluyó un área de ensayo de 1.5 hectárea, en donde se instalaron cuatro parcelas de 3.800 m<sup>2</sup> cada una de acuerdo con el siguiente esquema: (1) extracción del 40% del área basal inicial; (2) tala rasa; (3) testigo; y (4) extracción del 70% del área basal inicial. Posterior a la intervención, se instalaron 10 parcelas de regeneración de 1 m<sup>2</sup> en cada tratamiento, distribuidas sistemáticamente. Después de tres años de evaluación no hay diferencias significativas en los parámetros dasométricos. La regeneración natural mostró diferencias significativas, siendo el tratamiento 4 el con mayor cantidad de plantas y mayor crecimiento.

**Palabras Claves:** *Tratamientos, Crecimiento, Regeneración*

## Thinning on ñire forest for multipurpose use

## Abstract

By request of a grouping of peasants from Bahía Murta (provincia General Carrera, región de Aysén, Chile), in 2011, an assay of several thinning intensities was installed in a stand of 60 years from ñire, to evaluate the response under a focus of multipurpose use. An assay area of 1,5 hectare was selected and excluded. There, four plots of 3800 m<sup>2</sup> were settled, each one in accordance with the next scheme: (1) removal of 40% of the initial base area; (2) clearcutting; (3) control plot; and (4) removal of 70% of the initial base area. After intervention, 10 regeneration plots of 1m<sup>2</sup> for each treatment, were settled, systematically distributed. After three years of evaluation, there were no significant differences in the dasometric parameters. The natural regeneration showed significant differences, leaving the treatment 4, the one with the largest number of plants and higher growth.

**Key words:** *Treatments, Growth, Regeneration*

\* Corporación Nacional Forestal, Ogana 1060 Coyhaique, Región de Aysén, Chile. E Mail: [juan.cisternas@conaf.cl](mailto:juan.cisternas@conaf.cl)

## Introducción

La escasa información relativa al manejo forestal en ñire (*Nothofagus antarctica*), y la presión de uso alternativo al suelo en los cuales se desarrolla, ha fijado la voluntad institucional de CONAF para generar puntos de encuentros que permitan compartir experiencias, proponer iniciativas y comprometer medidas concretas que permita su aprovechamiento y conservación sustentable. En este mismo ámbito se estableció el compromiso de generar propuestas técnicas para su manejo y conservación. A partir de esa voluntad institucional, se ha estado recopilando información, transcribiendo conocimientos empíricos y experimentando con propuestas silvícolas que permitan generar recomendaciones técnicas simples y pertinentes.

Así es como se han estado rescatando información de plantaciones con ñire en la Reserva Nacional Coyhaique y Alto Mañihuales efectuada en la década de los años 90; y documentando experiencias de manejo en renovales de ñire que

tienen asociados incentivos que otorga la ley 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal (Cisternas y Cossio, 2010)

El año 2010, durante una actividad en terreno con propietarios usuarios de CONAF en Bahía Murta (Comuna de Ibáñez, provincia General Carrera), se planteó el desafío, por parte de la comunidad, de investigar cuánto crece y cuánto tiempo tarda en establecerse la regeneración de Ñire. La idea era generar conocimiento práctico que orientara y respondiera las inquietudes de los propietarios respecto al tiempo que debe excluirse de ganado doméstico un bosque, para permitir su recuperación después de haber sido intervenido.

El objetivo de este trabajo fue establecer criterios técnicos, actividades estandarizadas y plazos para implementar modelos de aprovechamiento combinados en los bosques de Ñire de la región de Aysén.

## Materiales y Métodos

Tabla 1. Descripción y Asignación de Tratamiento en el Rodal de Ñire

Tratamiento N°	Superficie Parcela (m2)	Intensidad de Extracción (%)	
		Densidad	Área Basal
1	3.822	30%	40%
2	3.712	100%	Tala rasa
3	3.804	0%	Testigo
4	3.779	60%	70%

En la localidad de Bahía Murta (comuna de General carrera), se excluyó una superficie de 1.5 hectáreas de un rodal de Ñire (*Nothofagus antarctica*) de 60 años. Posteriormente se subdividió en cuatro parcelas de superficie similar y se evaluaron todos los árboles en pie (diámetro a la altura del pecho, calidad y altura total). Una vez establecidos los criterios de extracción adaptados de Tejera y Col. (2006) y Leri (2005); se asignaron los tratamientos (Tabla 1), y se marcaron los árboles a extraer. A medida que se iba realizando el volteo, se corregía la marcación para controlar el distanciamiento medio, la cobertura de copa y el área basal residual.

Posterior a la intervención (septiembre del año 2011), se efectuó una medición ex-post. Los árboles volteados fueron cubiertos para la elaboración de funciones de volúmenes. La base de datos resultante fue depurada y validada. El ajuste se efectuó con un modelo general del tipo:  $V = B_0 + B_1 * DAP^2 * H$ . (Tabla 2). Una vez determinados los parámetros de los modelos, se efectuó un ranking basado en la bondad de los ajustes.

Tabla 2: Modelos de Funciones de Volumen Ajustados para Ñire

Factor de forma constante	$V = B_0 * DAP^2 * H$
Variables combinadas generalizadas	$V = B_0 + B_1 * DAP^2 + B_2 * H + B_3 * DAP^2 * H$
Logarítmico sin intercepto	$V = B_0 * DAP^{b1} * H^{b2}$
Variables transformadas de Honer	$V = DAP^2 / (B_0 + B_1 * H^2)$
Clase de forma	$V = B_0 + B_1 * DAP^2 * H * f$
Australiana de Stoat	$V = B_0 + B_1 * DAP^2 + B_2 * DAP^3 + B_3 * H + B_4 / H$

Para evaluar la regeneración por semillas, se instalaron 40 parcelas cuadradas de 1 m<sup>2</sup> cada una, sistemáticamente distribuidas (10 por cada tratamiento). Sin embargo, El monitoreo de la regeneración como originalmente estaba previsto, fue posible hasta el año 2013. El año 2014 fue cambiado a un muestreo aleatorio simple con parcelas de 50 m<sup>2</sup> por tratamiento. Lo anterior debido a la dificultad de ubicar los tocones originales, entre los pulsos de regeneración y la vegetación herbácea acompañante

Para evaluar las respuestas en crecimiento (DMC, Área Basal y Volumen) a las intervenciones aplicadas, se contrastaron los incrementos promedios en el período, a través de un análisis de varianza (ANOVA); y un test de comparaciones múltiples (test de Tukey). Cuando el valor de significancia (significancia bilateral) es mayor al nivel de significancia establecido (0.05%), o los intervalos de confianza tienen signos opuestos, se entiende entonces que las medias de las muestras son homogéneas o dicho de otra forma, las diferencias no fueron significativas.

## Resultados y Discusión

Tabla 3. Comparación Condición Inicial – Condición Residual Después de la Intervención

Tratamientos		Superficie (m <sup>2</sup> )	Densidad (N/ha)		Extracción (%)	Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)		Extracción (%)
N°	Esquema de manejo		Inicial	Final		Inicial	Final	
1	Raleo 40% del área basal	3.822	374	201	46,2	21,5	12,8	40,7
2	Tala rasa	3.712	194	-	100	10,8	-	100
3	Testigo	3.804	321	321	0,0	19,6	19,6	0,0
4	Raleo 70% del área basal	3.779	352	103	70,7	18,8	6,1	67,6

Si bien, las extracciones logradas difieren levemente de las propuestas (por la dificultad de controlar las variables al momento de aplicar las intervenciones), en nada altera los objetivos del ensayo (Tabla 3).

Tabla 4. Modelos de Volumen Ajustados para Ñire en Bahía Murta

Volumen total = $0.0000426656 \cdot \text{DAP}^2 \cdot \text{AT}$
Volumen total = $0.0288021 + 0.00017986 \cdot \text{DAP}^2 - 0.00455193 \cdot \text{AT} + 0.0000346193 \cdot \text{DAP}^2 \cdot \text{AT}$
Volumen total = $0.0227353 \cdot \text{DAP}^{0.708882} \cdot \text{AT}^{0.333453}$
Volumen total = $\text{DAP}^2 / (1808.94 + -1.31291 \cdot \text{AT}^2)$
Volumen total = $-0.125947 + 0.0000644893 \cdot \text{DAP}^2 + 0.000014757 \cdot \text{DAP}^3 + 0.0206158 \cdot \text{AT} - 0.860877 / \text{AT}$

Tabla 5. Ranking de los Modelos para Predecir el Volumen de Ñire en Bahía Murta

Ranking	Función	R <sup>2</sup>	ECM
2	Variables combinadas generalizadas	984115%	0.00140577
1	Factor de forma constante	999633%	0.0000345198
4	Variables transformadas de Honer	632707%	0.03385760
3	Logarítmico sin intercepto	976348%	0.00213578
2	Variables combinadas generalizadas	987196%	0.00123159

La Tabla 4 muestra los modelos parametrizados y la Tabla 5 el ranking con los mejores ajustes. De acuerdo a los resultados, los modelos que mejor representa el comportamiento del crecimiento volumétrico de Ñire en Bahía Murta son el *Factor de Forma Constante* y el modelo de *Variables Combinadas Generalizadas*.

Tabla 6. Variables Dasométricas de Ñire Sometido a Distintas Intervenciones

Mes medición	Tratamiento 1			Tratamiento 2			Tratamiento 3		
	DAP	AB	V	DAP	AB	V	DAP	AB	V
sep-11	27,1	0,06	0,54	27,1	0,06	0,59	27,1	0,05	0,49
mar-12	28,4	0,06	0,60	28,4	0,06	0,59	28,4	0,06	0,55
sep-12	29,4	0,07	0,65	29,4	0,07	0,63	29,4	0,07	0,65
mar-13	30,7	0,07	0,72	30,7	0,07	0,67	30,7	0,07	0,65
sep-13	31,4	0,08	0,76	31,4	0,07	0,70	31,4	0,08	0,77
mar-14	32,0	0,08	0,73	32,0	0,07	0,73	32,0	0,08	0,78
sep-14	32,8	0,08	0,84	32,8	0,08	0,78	32,8	0,08	0,82

La respuesta evaluada a partir del incremento de las variables dasométricas controladas (DMC, Área basal y Volumen total), se muestra en la Tabla 6.

## Area 1: Producción agropecuaria y forestal en los sistemas silvopastoriles y agroforestales

Tabla 7. Análisis de Varianza para las Variables Dasométricas

ANOVA		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
DMC	Inter-grupos	0,000	2	0,000	0,000	1,000
	Intra-grupos	75,471	18	4,193		
	Total	75,471	20			
G	Inter-grupos	0,000	2	0,000	0,285	0,755
	Intra-grupos	0,002	18	0,000		
	Total	0,002	20			
V	Inter-grupos	0,002	2	0,001	0,108	0,898
	Intra-grupos	0,187	18	0,010		
	Total	0,189	20			

El nivel de significancia (significancia bilateral) es mayor al establecido (0.05%), por tanto, las diferencias no fueron significativas (tabla 7). Esta misma condición se vio reflejada al aplicar el test de comparaciones múltiples de Tukey

En la evaluación de la regeneración, los dos primeros años después de la intervención se pudo discriminar el tipo de regeneración (por semilla y vegetativa). A partir del tercer año se evaluó en forma global. Aunque los valores han cambiado, las tendencias se han mantenido. Después del segundo período vegetativo post-intervención el porcentaje de tocones con regeneración vegetativa bajo. El tratamiento más intensamente intervenido presenta la mayor cantidad de plantas (Tabla 7)

Tabla 7. Porcentaje de Tocones Rebrotados y Número Semillas de Ñire por Tratamiento

Tratamiento	% Tocones rebrotados		N° plantas por semillas		N° Plántulas/ha 2015
	2012	2013	2012	2013	
1	32,5	20,7	21.000	19.000	6.040
2	24,3	10,5	3.000	3.000	6.120
3			2.000	2.000	3.840
4	65,1	46,3	24.000	29.000	14.960

A pesar de las diferencias entre tratamientos detectadas el año 2015 (mostradas en la tabla anterior), al hacer los análisis estadísticos correspondientes, se tiene que estas diferencias no son significativas, tal cual puede apreciarse en la figura siguiente.

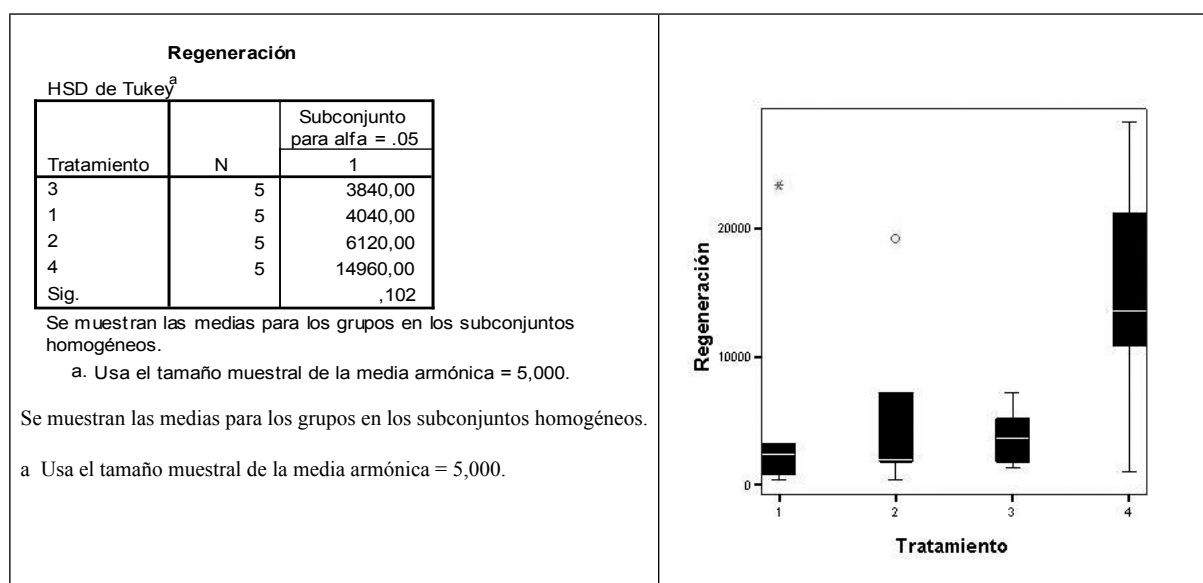


Figura 1. Test de Comparación Múltiple y Diagramas de Caja Generados en la Evaluación de la Regeneración Natural de Ñire en Bahía Murta

## Conclusiones

Los tratamientos aplicados difieren de los planificados, pero no alteran los objetivos del estudio

Se probaron cinco modelos para ajustar funciones de volumen; los con mejor ajuste fueron el Factor de Forma Constante y el de Variables Combinadas Generalizadas

Después de 4 años, las diferencias detectadas en las variables de control DMC, Área Basal y Volumen, no son estadísticamente significativas.

Después del primer periodo vegetativo, el tratamiento con extracción del 70% del área basal tuvo un 65% de tocones

rebrotados; al segundo año, bajo a 46%.

El tratamiento con extracción del 40% del área basal tuvo 32% de tocones rebrotados el primer periodo vegetativo y bajo a 27% después del segundo.

El tratamiento con tala rasa tuvo un 24% de tocones rebrotados el primer periodo y bajó a 10% en el segundo periodo.

Desde el punto de vista del reclutamiento de la regeneración de ñire, el tratamiento con extracción del 70% del área basal es el más exitoso, aun cuando las diferencias no sean significativas con el resto de los tratamientos.

## Bibliografía

CISTERNAS, J.C.; COSSIO, A. 2012. Propuesta de Manejo para Ñire. Corporación Nacional Forestal, Región de Aysén. Informe de Avance. Documento Técnico. 7 páginas.

COOKE, R.E. 1979. "Asexual reproduction: a further consideration", *American Naturalist* 113: 769-772.

Di CASTRI, F.; HAJEK, R. 1976. Bioclimatología de Chile. Imprenta-Editorial de la Universidad Católica de Chile. Santiago. 129 p.

DONOSO, C. 2006. Capítulo *Nothofagus Antarctica* en: Las Especies Arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina. Autoecología. Ediciones Marisa Cuneo. Valdivia, Chile. Páginas (401: 410)

LERI, P. 2005. Desarrollo de Sistemas Silvopastoriles en Bosques de *Nothofagus Antarctica*. Módulo 2: Propuesta de un Modelo de Producción para Patagonia. INTA Santa Cruz - Universidad Nacional de la Patagonia Austral. 7 páginas.

LUEBERT, F.; PLISCOFF, P. 2006. Sinopsis Bioclimática y Vegetacional de Chile. Editorial Universitaria. 316 páginas.

TEJERA, L.; HANSEN, N.; FERIG, M. 2006. Efecto de la cobertura arbórea y del pastoreo vacuno sobre el establecimiento de la regeneración de *Nothofagus antarctica* (G.Forst.) Oerst. INTA EEA Esquel.

# Evaluación plantaciones de ñire en la Reserva Nacional Coyhaique

*Cisternas Mandujano, JC; Palma W; Osses, J.*

## Resumen

Con el objeto de evaluar la respuesta en sobrevivencia y crecimiento del ñire (*Nothofagus antártica*), el año 1996 se estableció un ensayo en la Reserva Nacional Coyhaique, región de Aysén (Chile). Se probaron tres espaciamientos (2 m x 0,5 m; 2 m x 1 m; y 2 m x 2 m), y dos tipos de plantas (a raíz desnuda y en bolsa). El diseño estadístico fue el de bloques al azar con tres repeticiones. En la última evaluación efectuada en diciembre de 2014 (a los 18 años), la sobrevivencia promedio de las plantas en bolsas fue de 81%, el crecimiento en DAP y Altura fue 4,6 cm y 4,1 m, respectivamente. En las plantas a raíz desnuda la sobrevivencia promedio fue 51% y los crecimientos en DAP y Altura fue 4,3 cm y 3,5 m. Las diferencias en sobrevivencia y altura fueron estadísticamente significativas

**Palabras Claves:** *Nothofagus antarctica*, *Sobrevivencia*, *Crecimiento*

## Evaluation of Ñire plantations In the Coyhaique National Reserve

### Abstract

In order to evaluate the response on survival and growth of ñire (*Nothofagus antártica*), in 1996, an trial was established in the national reserve Coyhaique, region de Aysen (Chile). Three spacings were tested (2 m x 0,5 m; 2 m x 1 m and 2 m x 2 m), and two types of plants (bare root plants and plants roots in bag). The statistical design used, was randomized blocks with three repetitions. The last evaluation realized in December 2014 (at 18 years), the average survival of the plants roots in bags was 81%, the growth in DAP and height were 4,6 cm and 4,1 m, respectively. The average survival of bare roots plants was 51%, and the growth in DAP and height were 4,3 cm and 3,5 m. The differences in survival and height were statistically significant

**Keywords:** *Nothofagus antártica*, *Survival*, *Growth*



## Introducción

La escasa información relativa al manejo forestal en ñire (*Nothofagus Antarctica*), y la presión de uso alternativo al suelo en los cuales se desarrolla, ha fijado la voluntad de profesionales de CONAF para generar puntos de encuentros que permitan compartir experiencias, proponer iniciativas y comprometer medidas concretas que permita su aprovechamiento y conservación sustentable. Es así como en el marco de los compromisos establecidos en los talleres sobre ñire, realizados en Punta Arenas (2007) y Coyhaique (2010), se estableció, entre otras propuestas, la elaboración de una monografía que releve su importancia ecosistémica, ambiental y maderera (Cisternas y Cossio, 2012; Speziale y Ezcurra, 2008). En este mismo ámbito se estableció el compromiso de generar propuestas técnicas para su manejo y conservación.

A partir de aquellos encuentros, técnicos de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), Instituto Forestal (INFOR), Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), y profesionales privados de la región de Aysén, han estado recopilando información, transcribiendo conocimientos empíricos y experimentando con propuestas silvícolas que permitan generar recomendaciones técnicas simples y pertinentes. Sin embargo, lo realizado no es suficiente. Se requiere otras medidas complementarias que apunten a:

Relevar la importancia de la especie incorporándolo en la ti-

pología forestal vigente, como Tipo Forestal Ñire, en virtud de lo establecido en el artículo N° 4 de la Ley N° 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal.

Mejorar el incentivo, que establece el Fondo de Incentivo de la Ley N° 20.283, de actividades que contemplen los modelos silvopastorales como sujeto de bonificación; de modo que permita su coexistencia con la ganadería.

Mejorar, incentivar y difundir la generación de conocimiento en materia de silvicultura, manejo y rol ecosistémico, entre otras. El trabajo que aquí se presenta forma parte del material que se está preparando para generar la monografía comprometida y que se espera publicar durante el presente año. Se trata de la evaluación de una plantación de ñire establecida el año 1996 con distintos tipos de plantas y diferentes espaciamientos.

El objetivo principal fue probar el éxito de la reforestar con ñire efectuada el año 1996, a través de la evaluación del prendimiento y desarrollo inicial de las plantas bajo diferentes tratamientos (Avaria y Palma 1997). Los objetivos específicos fueron:

evaluar prendimiento según tipo de planta y espaciamiento.

evaluar el crecimiento en diámetro según tipo de planta y espaciamiento.

evaluar el crecimiento en altura según tipo de planta y espaciamiento.

## Materiales y Métodos

El diseño de la plantación fue el de bloques de seis parcelas distribuidas al azar con tres repeticiones. Las parcelas fueron rectangulares de 500 m<sup>2</sup> (20 m x 25 m). El esquema de los tratamientos se muestra en Tabla 1

Las mediciones comenzaron el año 2011 y se ha ido evaluando anualmente en el mes de marzo durante los últimos cuatro años. Las variables controladas fueron diámetro a la altura de pecho (DAP) en centímetros, y altura total en metros. Para la evaluación estadística, se usó el paquete estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS). El análisis de los resultados se hizo a tres niveles:

**Tipo de Planta:** Plantas a raíz desnuda y Plantas con raíz en bolsa

**Espaciamiento:** 2 m x 2 m; 1 m x 2 m; y 0.5 m x 2 m

Tratamiento

T1: Planta a raíz desnuda y espaciamiento 2m x 2m  
T2: Planta a raíz desnuda y espaciamiento 1m x 2m  
T3: Planta a raíz desnuda y espaciamiento 0.5m x 2m  
T4: Planta a raíz en bolsa y espaciamiento 2m x 2m  
T5: Planta a raíz en bolsa y espaciamiento 1m x 2m  
T6: Planta a raíz en bolsa y espaciamiento 0.5m x 2m

Las variables respuestas fueron sobrevivencia (%), diámetro a la altura del pecho (DAP) en cm, y Altura total en m.

Tabla 1. Identificación y Descripción de Tratamientos.

Tratamientos	Tipo planta	Espaciamiento (m)	Número parcelas	Número Repeticiones	N° Plantas por parcela	N° Total de plantas
T1	Raíz desnuda	2.0 x 2.0	3	3	400	1.200
T2	Raíz desnuda	1,0 x 2.0	4	3	200	800
T3	Raíz desnuda	0.5 x 2.0	3	3	100	300
T4	Raíz en bolsa	2.0 x 2.0	3	3	400	1.200
T5	Raíz en bolsa	1,0 x 2.0	3	3	200	600
T6	Raíz en bolsa	0.5 x 2.0	3	3	100	300
Total					1400	4.200

Para evaluar los resultados a nivel tipo de plantas se hizo una comparación de media con el test t-Sudent previa verificación de los supuestos de normalidad (test de Kolmogorof – Smirnof) y de homogeneidad de varianza (test de Levene). Este análisis se hizo para la Supervivencia, DAP y Altura Total.

Para evaluar las diferencias detectadas en los resultados a nivel de espaciamiento y tratamientos se hizo un análisis de varianza (ANOVA) a las variables respuestas (Supervivencia, DAP y Altura total), se evaluaron con el test de Tukey y posteriormente se graficaron.

## Resultados y Discusión

Tabla 2. Supervivencia Promedio por Tratamiento

Año	T1	T2	T3	T4	T5	T6
2011	57,0	47,6	47,7	84,7	89,3	81,3
2013	56,3	61,0	49,4	79,7	83,0	83,0
2014	54,7	45,1	46,9	82,3	75,8	78,3
Media	56,0	51,3	48,0	82,2	82,7	80,9

La Tabla 2 muestra la supervivencia promedio de cada tratamiento evaluada durante los últimos 4 años.

La supervivencia promedio de los tratamientos con plantas en bolsas es significativamente mayor a los tratamientos con plantas a raíz desnuda. El test de Tukey muestra dos subgrupos ho-

mogéneos diferentes estadísticamente, pero sin diferencia significativa dentro de cada subgrupo. Es decir, la supervivencia promedio de los tratamientos con plantas a raíz desnuda (T1, T2 y T3), no difieren significativa entre sí; igual interpretación se puede hacer para los tratamientos con plantas en bolsa

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$		
		1	2	1
3	4		48,000	
2	4		51,250	
1	4		56,000	
6	4			80,875
4	4			82,225
5	4			82,700
Sig.			,080	,983

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

Sobrevivencia según Tratamiento

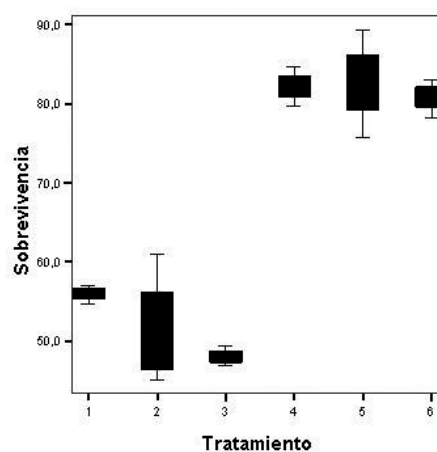


Figura 1. Representación Supervivencia según Tratamiento

Tabla 3. Diámetro a la Altura de Pecho (DAP), Promedio por Tratamiento

Año	T1	T2	T3	T4	T5	T6
2011	4,3	3,8	3,6	5,7	3,1	3,8
2013	4,8	4,2	3,8	6,0	3,2	4,2
2014	5,2	4,9	4,3	6,6	3,9	4,9
Media	4,8	4,3	3,9	6,1	3,4	4,3

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
5	4		3,400	
3	4		3,900	3,900
2	4		4,300	4,300
6	4		4,300	4,300
1	4			4,775
4	4			
Sig.			,085	,099

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

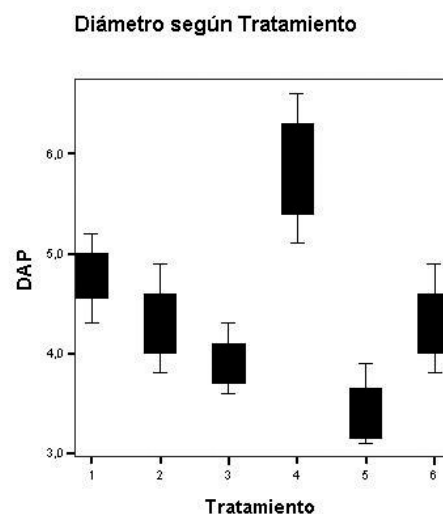


Figura 2. Representación DAP según Tratamiento

El crecimiento en diámetro a la altura de pecho (DAP), se aprecia en la Tabla 3. El análisis con el test de Tukey (Figura 2), permitió segregar los resultados en tres subgrupos homogéneos. El primer grupo lo constituye el tratamiento T4 con mayor crecimiento y estadísticamente diferente al resto de los tratamientos. En segundo subgrupo y sin diferencias significativas entre ellos lo componen los tratamientos T1, T6, T2 y T3. Finalmente, el tercer grupo homogéneo está compuesto por T6, T2, T3 y T5. Debe hacerse la observación que los resultados del tratamiento

T5, están fuertemente afectados por regeneración natural de *Pinus contorta* que invadió una de las réplicas.

En la evaluación de la altura total promedio (Tabla 4), también se presentan tres subgrupos homogéneos y estadísticamente diferentes entre sí (Figura 3): el tratamiento T4 es el que presenta el mayor crecimiento promedio en altura; después le sigue T6 con un crecimiento intermedio y el tercer subgrupo, compuesto por T3, T2, T1 y T5 que presentaron los crecimientos menores.

Tabla 4. Altura Total Promedio por Tratamiento

Altura	T1	T2	T3	T4	T5	T6
2013	3,3	3,5	3,7	4,8	3,4	4,2
2014	3,6	3,7	3,5	4,5	3,3	4,1
Media	3,5	3,6	3,6	4,7	3,4	4,2

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
5	3		3,367	
1	3		3,467	
2	3		3,600	
3	3		3,600	
6	3			4,167
4	3			
Sig.			,175	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

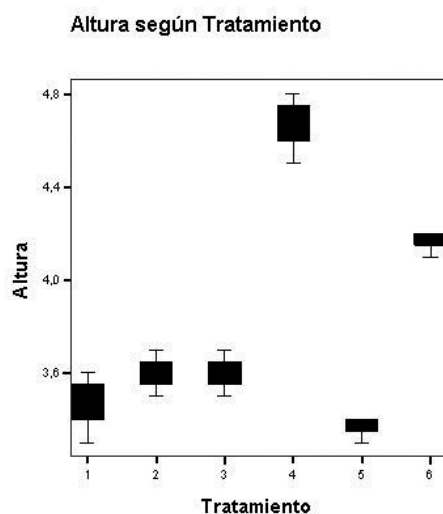


Figura N° 3. Representación Altura según Tratamiento

## Conclusiones

En la evaluación, a los de 18 años, la sobrevivencia media de las plantas en maceta (81.6%) fue significativamente más alta que la sobrevivencia de las plantas a raíz desnuda (51.8%).

A nivel de tratamientos con plantas a raíz desnuda, la sobrevivencia varió entre 54.7 y 57% para T1; 45.1 y 61% en T2; 46.9 y 49.4% en T3, y no se observó diferencias significativas entre ellas.

En plantas en bolsa, la sobrevivencia no muestra diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. La variación interna fue de 79.7 y 84.7% en T4, 75.8 y 89.3% en T5

y 78.3 y 83% en T6.

El crecimiento diamétrico (en cm) medido a la altura de pecho, no muestra diferencia significativa entre tipo de plantas, ni espaciamiento. A nivel de tratamiento, T4 muestra el mayor crecimiento, pero no es estadísticamente diferente al resto de los tratamientos.

En Altura Total, T4 fue el tratamiento con mayor crecimiento, después le sigue T6 y finalmente el resto de los tratamientos que conformaron un grupo homogéneo y sin diferencias significativas.

## Bibliografía

- AVARIA, A.; PALMA, W. 1997. Experiencia de reforestación con especies nativas en la Reserva Nacional Coyhaique. Informe Técnico. Corporación Nacional Forestal, Región de Aysén. 22 páginas.
- BAHAMONDE, H.; LERI, P.; MONELOS, L.; MARTÍNEZ PASTUR, G. 2011. Aspectos ecológicos de la regeneración por semillas en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* en Patagonia Sur, Argentina. BOSQUE 32(1): 20-29, 2011
- CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES (CIREN). 2005. Descripción de Suelos. Materiales y Símbolos. Estudio Agrológico. XI Región. 125 páginas.
- CISTERNAS, JC.; COSSIO, A. 2012. Propuesta de Manejo para Ñire. Corporación Nacional Forestal, Región de Aysén. Informe de Avance. Documento Técnico. 7 páginas.
- CONTICELLO, L; GANDULLO, R; BUSTAMANTE, A.; TARTAGLIA, C.. 1996. Fitosociología de los bosques caducifolios del norte del Departamento Lácar y sur de Huiliches de la provincia de Neuquén (Argentina). Bosque, 17:27-43.
- DONOSO, C. 2006. Capítulo *Nothofagus Antarctica* en: Las Especies Arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina. Autoecología. Ediciones Marisa Cuneo. Valdivia. Chile. Páginas (401: 410)
- DONOSO, C; L STEINKE; PRÉMOLI, A. 2006. *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst. Ñirre, Ñire, Ñiré, Anís (Tierra del Fuego) Ñirre: de Ngërü (mapudungun): zorro. En: Donoso, C (ed.), Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. Ed. Marisa Cuneo. Santiago, Chile
- LERI, P. 2005. Desarrollo de Sistemas Silvopastoriles en Bosques de *Nothofagus Antarctica*. Módulo 2: Propuesta de un Modelo de Producción para Patagonia. INTA Santa Cruz - Universidad Nacional de la Patagonia Austral. 7 páginas.
- RAMIREZ, C., CORREA, D.; FIGUEROA, H.; SAN MARTIN, J. 1985. "Variación del hábito y hábitat de *Nothofagus antarctica* en el centro-sur de Chile", Bosque 6: 55-73.
- NAVARRO, R.; ROSENFELD, M.; PÉREZ-ARANDA, J.; PADRÓN, E.; GUZMAN, R.; HERNÁNDEZ, R.; CLEMENTE, L. 2008. Evaluación de la mortalidad de bosques de ñirre (*Nothofagus antártica*) en la Patagonia chilena mediante imágenes Landsat TM y ETM+. BOSQUE 29(1): 65-73, 2008
- ROIG, FA. 1999. La vegetación de la Patagonia. En: Correa, M (dir.), Flora Patagónica. Colección Científica del INTA, 8(1):48-166.
- SPEZIALE, K. C EZCURRA. 2008. ¿Es importante conservar el ñire? Libro de actas II Reunión sobre *Nothofagus* en la Patagonia. Esquel, Chubut.

# Perfil lipídico en carne de bovinos manejados en sistemas silvopastoriles y convencionales en el trópico colombiano

C. Montoya Rodríguez; \*J. Chará; R. Barahona Rosales

## RESUMEN

Actualmente, los consumidores seleccionan alimentos tanto por su gusto y satisfacción, como por sus efectos en la nutrición y salud humana. Al existir en Colombia poca información sobre el perfil lipídico de la carne bovina, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar el contenido y la composición de ácidos grasos en carne de bovinos cebados en distintos sistemas. Se obtuvieron 32 lomos (*Longissimus dorsi*) de bovinos cebados en cuatro sistemas de producción del trópico colombiano: dos sistemas silvopastoriles, uno intensivo en Montenegro, Quindío (SSPi Quindío) y otro en el Centro experimental Cotové de la Universidad Nacional de Colombia (SSP Cotové), una pradera mejorada (Montenegro, Quindío) y un sistema de pastoreo tradicional (Montería, Córdoba). En el laboratorio de Química Analítica de la Universidad Nacional de Colombia se extrajo en duplicado grasa a partir de estas muestras en la que se cuantificó el contenido de ácidos grasos por cromatografía de gases (Laboratorio de Análisis Instrumental, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín). Los resultados se evaluaron por medio de un diseño completamente al azar y la separación de medias se realizó por Duncan. Hubo mayores contenidos de mirístico y palmítico entre el sistema tradicional que en la pastura mejorada ( $P < 0,05$ ). En cuanto al contenido de ácidos insaturados, la carne del sistema SSPi Quindío y la pradera mejorada, tuvo las mayores relaciones de ácidos grasos saturados:insaturados (0,81). Los resultados obtenidos sugieren que la composición, cantidad y las relaciones de ácidos grasos mejoran cuando se sacrifican animales con pesos superiores a 450 Kg en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), aunque se requiere más investigación para verificar estos resultados.

**Palabras Clave:** Ácido linoléico, calidad de carne, grasas insaturadas, sistema silvopastoril, sistema tradicional.

## Lipid profile in beef from steers grazing in silvopastoral and conventional systems in the Colombian tropics

### Abstract

Currently, consumers select foods both for taste and satisfaction as well as for their effects on human nutrition and health. In Colombia there is little information on the lipid profile of beef, and this study aimed to determine the content and composition of fatty acids in meat from cattle fattened on different grazing systems. A total of 32 *Longissimus dorsi* samples were obtained from zebu cattle fattened on four production systems in the Colombian tropics: two silvopastoral systems, one intensive in Montenegro, Quindío (ISS Quindío) and another in the Centro Experimental Cotové of the National University of Colombia (SS Cotové), an improved pasture (Montenegro, Quindío) and a traditional grazing system (Montería, Córdoba). Fat was extracted in duplicate from these samples in the laboratory of Analytical Chemistry of the National University of Colombia and fatty acids were quantified by gas chromatography (Instrumental Analysis Laboratory, National University of Colombia, Medellín). The results were evaluated using a complete randomized design and mean comparison was performed by the Duncan test. There were greater contents of myristic and palmitic acid between traditional system compared to the improved pasture system ( $P < 0.05$ ). As for the content of unsaturated acids, meat from the ISS Quindío and improved pasture had the highest ratios of saturated fatty acids: unsaturated (0.81). The results suggest that the composition, quantity and fatty acid ratios improve when animals are slaughtered exceeding 450 Kg weights in intensive silvopastoral system (ISPS), although more research is needed to verify these results.

**Keywords:** Linoleic acid, meat quality, silvopastoral system, traditional system, unsaturated fats.

Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. cmontoyr@unal.edu.co;  
\*Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV.

## Introducción

En la selección de su dieta, los consumidores cada vez le dan mayor importancia a los aportes nutricionales y de salud de los alimentos (Hocquette et al., 2012). En lo referente a carne bovina, uno de los criterios de selección es el contenido de grasa, puesto que esta es una fuente importante de grasas saturadas, que se asocian con enfermedades cardiovasculares y obesidad, entre otros problemas (Scollan et al., 2006). El perfil lipídico de la carne es influenciado por factores como la dieta y el sistema de producción donde se maneje el animal. Así, French et al. (2000) y García et al. (2008) reportaron que las carnes de bovinos alimentados en pastoreo tienen mayores cantidades de los ácidos  $\alpha$ -linolénico y el eicosapentanoico, precursores del ácido linoléico conjugado, que aquellos alimentados en confinamiento, que presentan mayor proporción de ácidos mono-in-

saturados. Esto fue también reportado por Bressan et al. (2011). Los sistemas de producción bovina han venido cambiando, produciéndose carne tanto en esquemas tradicionales como en sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), una estrategia productiva que aumenta la productividad del sistema (Cuartas et al., 2014; Murgueitio et al., 2014), contribuye al bienestar animal (Tarazona et al., 2013) y disminuye el impacto ambiental de la ganadería (Molina et al., 2013). Existen pocas caracterizaciones e investigaciones sobre el perfil lipídico de la carne proveniente de sistemas de pastoreo y SSPi con especies forrajeras tropicales (Lopes et al., 2009; Ku et al., 2014), por lo que el presente estudio caracterizó la concentración de ácidos en la carne de animales provenientes de varios sistemas de producción del trópico colombiano.

## Materiales y métodos

**Animales y sistemas de producción.** Se evaluaron cuatro diferentes sistemas de producción: un SSP ubicado en el Centro Experimental Cotové de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín (SSP Cotové); un SSPi en el Quindío (SSPi Quin-

dío), un sistema de pastura mejorada en el Quindío y un sistema de pastoreo tradicional en Montería, Córdoba (Tabla 1) Se obtuvieron muestras de 32 machos cebú comercial, las cuales fueron empacadas al vacío para cuantificar el contenido de grasa,

**Tabla 1.** Características de los sistemas y animales evaluados

Item	Sistemas del Quindío		Otros sistemas	
	SSPi Quindío	Pastura Mejorada Quindío	SSP Cotové	Tradicional Montería
Ubicación	Montenegro		Santa Fé de Antioquia	
Temperatura, °C	21		27,3	
Altura, msnm	1924		625	
Precipitación anual, mm	1600		1100	
Clasificación ecológica	Bosque muy húmedo premontano		Bosque seco Tropical	
Extensión, ha	76		121,16	
Pastos Predominantes	<i>Leucaena leucephala</i> , <i>Cynodon plectostachyus</i> y <i>Megathyrsus maximus</i>		<i>Leucaena leucephala</i> , <i>Cynodon plectostachyus</i> y <i>Megathyrsus maximus</i> Leucaena, estrella y Guinea	
Suplementación	No	No	No	No
Número de Animales	8	5	15	14
Sexo	Machos sin castrar		Machos castrados	
Raza	Cebú comercial		Cebú comercial	
Edad Promedio, años	3,5		3	
Peso al sacrificio, Kg	502,06	458,10	420,37	462,05
Ganancia diaria de peso, g	597,3	439,59	480,744	289

°C: Grados centígrados; msnm: metros sobre el nivel del mar; mm: milímetros; Kg: kilogramos; g: Gramos

**Extracción de grasa y determinación de ácidos grasos.**

La extracción de grasa se hizo de acuerdo a Folch et al. (1957). A muestras de carne molidas y secadas en horno a 60°C durante 24 horas, se adicionaron 40 ml de cloroformo y metanol (1:1), llevando a ebullición con reflujo durante 20 minutos. La fracción filtrada recibió 20ml de una solución 1 molar de KCl, llevando a refrigeración (4°C), para luego someter a rotoevaporación a 45°C. La determinación de ácidos grasos se realizó en el Laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. La metodología utilizada incluye dos etapas: la preparación de ésteres metílicos (NTC 4967) usando hi-

dróxido de trimetilsulfonio y determinación por cromatografía de gases (NTC 5013), con detector de ionización de llama. Se obtuvo una curva de calibración inyectando una mezcla de patrones de referencia comercial, marca SIGMA ME10-1KT, compuesta de C10, C12, C14, C16, C18, C18:1, C18:2 y C18:3.

**Análisis estadístico.** Los resultados se evaluaron siguiendo un diseño completamente al azar utilizando un análisis de varianza de un solo factor, donde los tratamientos fueron los cuatro sistemas evaluados. En la separación de medias de los sistemas evaluados se usó el método Duncan.

## Resultados y discusión

**Tabla 2** Cantidad de ácidos grasos individuales, g/100 gramos en la carne evaluada

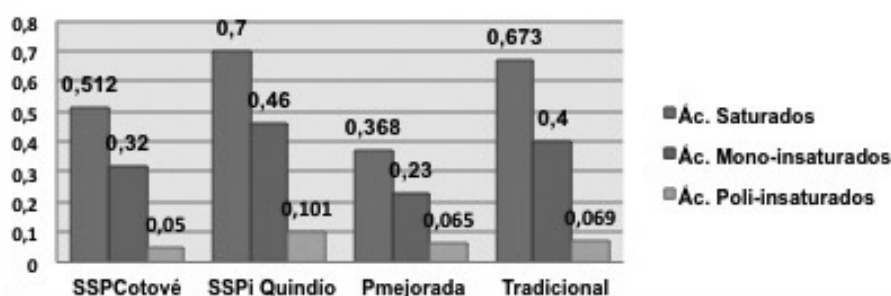
Ácido graso	Silvopastoril Cotové	Silvopastoril Intensivo Quindío	Pradera Mejorada Quindío	Tradicional Montería	P≤0,05
<b>Ácidos grasos totales</b>	0,87 <sup>ab</sup>	1,26 <sup>a</sup>	0,66 <sup>b</sup>	1,15 <sup>a</sup>	0,0124
<b>Mirístico (C14)</b>	0,032 <sup>ab</sup>	0,040 <sup>a</sup>	0,018 <sup>b</sup>	0,043 <sup>a</sup>	0,0057
<b>Palmítico (C16)</b>	0,28 <sup>ab</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,38 <sup>a</sup>	0,0080
<b>Estearico (C18:0)</b>	0,2 <sup>ab</sup>	0,29 <sup>a</sup>	0,16 <sup>b</sup>	0,25 <sup>ab</sup>	0,0335
<b>Oleico (C18:1)</b>	0,32 <sup>ab</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,23 <sup>b</sup>	0,40 <sup>a</sup>	0,0110
<b>Linoleico (C18:2)</b>	0,04 <sup>b</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,05 <sup>ab</sup>	0,06 <sup>ab</sup>	0,0294
<b>Linolénico (C18:3)</b>	0,01 <sup>b</sup>	0,021 <sup>a</sup>	0,015 <sup>ab</sup>	0,009 <sup>b</sup>	0,0070

**Abreviaturas:** g: gramos

<sup>a,b,c</sup> Medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes, de acuerdo con la prueba Duncan.

**Cantidad de ácidos grasos en carne.** La cantidad de ácidos grasos, se refiere a las concentraciones de estos en una porción determinada de músculo y/o carne. Hubo diferencias en todas las cantidades de los ácidos determinados ( $P < 0,05$ ; Tabla 2). Las cantidades (g/100 g de carne) de ácidos grasos en carne de bovinos alimentados con pasturas fueron 0,065, 0,042, 0,46, 1,006, 0,064 y 0,007 para los ácidos mirístico, palmítico, estearico, oleico, linoleico y  $\alpha$ -linolénico, respectivamente (Enser et al., 1998). Estos valores son superiores a los encontrados en este estudio para casi todos los sistemas evaluados, excepto el ácido palmítico, linoleico y  $\alpha$ -linolénico del SSPi Quindío.

En cuanto al ácido Linoleico, únicamente se obtuvo diferencia entre los dos sistemas silvopastoriles, teniendo la carne del SSPi Quindío mayor cantidad de este ácido. Se ha reportado que al alimentar bovinos a base de leguminosas como la Leucaena se pueden obtener carnes con menores cantidades de grasa, o más magras (Pérez et al., 2013). En lo relacionado con el ácido  $\alpha$ -linolénico, la carne del SSPi Quindío tuvo mayor cantidad de este ácido que la del sistema tradicional y el SSP Cotové ( $P < 0,05$ ; tabla 1). Un factor que influye en esto es que los forrajes presentan una proporción alta de  $\alpha$ -linolénico (de 50% a 70%), lo que influye en la deposición de este ácido en carne (Scollan et al., 2006).



**Gráfica 1.** Cantidad de ácidos grasos en los diferentes sistemas (g/100g de carne)

**Tabla 3** Relación de ácidos grasos saturados e insaturados en carne de los diferentes sistemas.

Ácido graso	Silvopastoril Cotové	Silvopastoril Intensivo Quindío	Pradera Mejorada Quindío	Tradicional Montería	P - Value
<b>Relación AGS:AGI</b>	1,44 <sup>a</sup>	1,25 <sup>b</sup>	1,25 <sup>b</sup>	1,41 <sup>a</sup>	0,0048
<b>Relación AGPI: AGS</b>	0,077 <sup>b</sup>	0,15 <sup>ab</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,11 <sup>b</sup>	0,0101

**Abreviaturas:** g: gramos; <sup>a,b,c</sup> Medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes, de acuerdo con la prueba Duncan.

**Cantidad y relación de ácidos saturados: insaturados.** En la gráfica 1 se muestran la cantidad de ácidos grasos saturados, mono-insaturados y poli-insaturados en los sistemas evaluados. La carne del SSPi Quindío tuvo la mayor cantidad de ácidos mono-insaturados, de los cuales el oleico es muy importante por ser el precursor de ácidos poli-insaturados que han sido relacionados con la prevención de enfermedades cardiovasculares. Esto concuerda por los reportes de otros autores de que los SSPi favorecen la producción de carne magra con alta cantidad de oleico (Rodríguez et al., 2013).

La carne del SSPi Quindío tuvo también la mayor cantidad de ácidos poli-insaturados (gráfica 1), lo que coincide con reporte de que la carne de animales cebados en SSPi con *Leucaena* y pasto estrella tiene mayor calidad para la salud humana, debido que presenta mayor cantidad de ácidos poli-insaturados como el  $\alpha$ -linolénico (Corral et al., 2011).

La carne del SSPi Quindío tuvo mayor contenido de ácidos grasos insaturados que la de la pradera Mejorada y el SSP Cotové ( $P < 0,05$ ). Hubo diferencias entre el SSP Cotové y el SSPi Quindío y la pradera mejorada, entre el sistema tradicional con el SSPi Quindío y entre la pradera mejorada y el SSPi Quindío. En lo referente a la cantidad de ácidos grasos poli-insaturados hubo diferencia entre los dos sistemas silvopastoriles, con la carne del SSPi Quindío mostrando mayor contenido de ácidos poli-insaturados. Las cantidades de estos ácidos son altos en la carne de animales alimentados con forrajes, al ser estos alimentos una

fuente importante de ácidos poli-insaturados (Realini et al., 2004; Warren et al., 2008;).

Nuestros resultados muestran que es probable producir carne en los SSPi que contribuya a la salud humana (Tabla 3), pero deben comprenderse mejor las condiciones específicas donde esto sucede. Esto es importante debido a que un mayor consumo de ácidos poli-insaturados podría contribuir a prevenir las enfermedades cardiovasculares y el cáncer (Kolanowski y Laufenberg, 2006).

En cuanto a la relación entre ácidos grasos insaturados y ácidos grasos saturados, se presentaron diferencias importantes entre el sistema silvopastoril Cotové con el SSPi Quindío y la pradera mejorada, igualmente entre el tradicional con el SSPi Quindío y la pradera mejorada mostrando el SSPi Quindío la mayor relación entre estos ácidos (1,44/100gr de carne,  $P \leq 0,05$ ). Hubo diferencias significativas en la relación ácidos poli-insaturados y ácidos grasos saturados, siendo la pradera mejorada el sistema con el mayor valor para esta relación. Estos valores son bajos, pues se ha concluido que dicha relación debe ser incrementada por encima de 0,4. Normalmente, en carne bovina esta relación es de 0,1, con lo que aumentarla sería fundamental para obtener un óptimo equilibrio de ácidos poli-insaturados y saturados en la dieta humana (Wood et al., 2003). Así, a pesar que los resultados encontrados en los diferentes sistemas son bajos, en algunos sistemas como la pradera mejorada y el SSPi Quindío, dichos valores son un poco más altos que lo normalmente encontrado (0,1).

## Conclusiones y recomendaciones

La cantidad de ácidos grasos en la carne bovina fue afectada por el sistema de producción, aunque la grasa estuvo compuesta principalmente por ácido palmítico y oléico. La carne del SSPi Quindío fue la de mayor contenido de ácidos grasos totales, oléico y  $\alpha$ -linolénico. A su vez, la relación linoleico:  $\alpha$ -linolénico en el sistema tradicional fue muy alta, siendo esto un factor negativo, mientras que en los demás sistemas se obtuvo una relación aceptable para la salud humana.

Los resultados obtenidos sugieren que la composición, canti-

dad y las relaciones de ácidos grasos mejoran cuando se sacrifican animales con pesos superiores a 450 Kg en un sistema silvopastoril intensivo como se observó en el SSPi Quindío, mientras que en el SSP Cotové no se evidenció este comportamiento, debido a que los animales de dicho sistema tuvieron un peso inferior a este (420kg). Es necesario evaluar la relación del peso al sacrificio con la composición y cantidad de ácidos grasos, para identificar el peso de sacrificio en el que se obtengan los mejores contenidos de ácidos grasos en carne.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por la financiación del proyecto: “Análisis comparativo de la Producción de Carne de Novillos Cebú en Sistema Silvopastoril Intensivo o en Confinamiento”. Se agradece también al proyecto: “Investigaciones para el incremento de la productividad silvopastoril y los servicios ambientales” financiado por COLCIENCIAS y El Patrimonio Autónomo Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas, y el Fondo Nacional del Ganado, y ejecutado por CIPAV y la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Al profesor Diego Restrepo del Laboratorio de Productos Cárnicos, al profesor Jhair Gaviria del Laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, donde se realizaron los diferentes análisis y a la Escuela de Química. Los autores también agradecen al señor Nicolás Gonzales, propietario de la finca San Diego.



## Bibliografía

- Corral, G., Rodríguez, M.E., Solario, F.J., Alarcón, A.D., Grado, J.A., Rodríguez-Muela, C., Cortés, L., Segovia, V.E., Solario, B. 2012. Calidad de la carne de bovinos engordados en un sistema silvopastoril en dos épocas del año. En- Memorias IV Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles México. P113-122. Fundación Produce Michoacán, SAGARPA, CIPAV. Universidad Autónoma de Yucatán- UADY. Morelia.
- Cuartas C., J. Naranjo, A. Tarazona, E. Murgueitio, J. Chará, J. Ku, J., M. Flores- Xóchitl, B. Solorio, R. Barahona., 2012. Contribution of intensive silvopastoral systems to the adaptation and mitigation of climate change in the livestock sector. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 27,76-94.
- Bressan, M.C., Rossato, L.V., Rodriguez, E. C., Alves, S. P., Bessa, R. J., Ramos, E. M., Gama, L. T., 2011. Genotype x environment interactions for fatty acid profiles, in Bos indicus and Bos Taurus finished on pasture or grain. *Journal of Animal Science* 89(1), 221-232.
- Enser, M., Hallett, K., Hewitt, B., Fursey, G. A. J., Wood, J. D., 1996. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science*, 42, 443-456.
- Enser, M., Hallett, K.G., Hewitt, B., Fursey, G.A.J., Wood, J.D., Harrington, G., 1998. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*. 49(3), 329-341.
- Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G. H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 193, 265-275.
- French, P., Stanton, C., et al., 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrate based diets. *Journal of Animal Science*, 78(11), 2849-2855.
- García, P.T., Pensel, N.A., 2008. Beef lipids in relation to animal breed and nutrition in Argentina. *Meat Science*, 79(3), 500-508.
- Hocquette, J.F., Botreau, R., Picard, B., Jacquet, A., Pethick, D. W., Scollan, N. D., 2012. Opportunities for predicting and manipulating beef quality. *Meat Science*, 92(3), 197-183.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (ICONTEC). (2001). NTC 4967. Alimento para humanos. Grasas y aceites vegetales y animales. Preparación de esteres metílicos de ácidos grasos. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (ICONTEC). (2001). NTC 5013. Alimento para humanos. Grasas y aceites vegetales y animales. Preparación de esteres metílicos de ácidos grasos. Bogotá, Colombia.
- Kolanowski, W., Laufenberg, G., 2006. Enrichment of food products with polyunsaturated fatty acids by fish oil addition. *European Food Research and Technology*, 222, 472-477.
- Ku, J.C., Briceño, E.G., Ruiz, A., Mayo, R., Ayala, A.J., Aguilar, C.F., Solorio, F.J., Ramirez, L., 2014. Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos. Opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(1), 43-53.
- Lopes, P.M., Farjalla, B., Lopes, J., 2009. Contenido de ácidos grasos y conjugados del ácido linoléico en carne de bovinos. *Rev. Electron. Vet. RED VET*, 10, 1-84.
- Molina, I., Cantet, J. M., Montoya, S., Correa, G., Barahona, R., 2013. Producción de metano in vitro de dos gramíneas tropicales solas y mezcladas con *Leucaena leucocephala* o *Gliricidia sepium*. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 8 (2), 15 - 31.
- Murgueitio Restrepo, E., Chará Orozco, J. D., Barahona Rosales, R., Cuartas Cardona, C. A., Naranjo Ramirez, J. F., 2014. Intensive silvopastoral systems (ISPS), mitigation and adaptation tool to climate change. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(3), 501 - 507.
- Pérez, A., Carlos F., 2013. Producción y calidad de leche y carne en los sistemas Silvopastoriles, *Actas II Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos*. pp. 1-10.
- Realini, C.E., Duckett, S.K., Brito, G.W., Dalla Rizza, M., De Mattos, D., 2004. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci.* 66, 567-577.
- Rodríguez, M. E., Corral, G., Solorio, B., Alarcón, A. D., Grado, J.A., Rodríguez-Muela, C., Cortés, L., Segovia V.E., Solorio, F.J. 2013. Calidad de la carne de bovinos engordados en un sistema silvopastoril intensivo en dos épocas del año. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 16(2), 235-241.
- Scollan, N., Hocquette, J.F., Nuernberg, K., Dirk, D., Ian, R., Aidan, M., 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74, 17-33.
- Tarazona, A. M., Ceballos, M. C., Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., Murgueitio, E., Barahona, R., 2013. The relationship between nutritional status and bovine welfare associated with adoption of intensive silvopastoral systems in tropical conditions. In *FAO (Ed.), Enhancing animal welfare and farmer income through strategic animal feeding - Some Case Studies*. Italy. pp. 69 - 78.
- Warren, H.E., Scollan, N.D., Enser, M., Hughes, S.I., Richardson, R.I., Wood, J.D., 2008. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Science*, 78, 256-269.
- Wood, J., Richardson, R., Nute, G., Fisher, A., Campo, M., Kasapidou, E., Sheard, P., Enser, M., 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66:21-32.

# Terneza y color en carne de novillos cebados en sistemas silvopastoriles intensivos y tradicionales en el Trópico Colombiano

C. Montoya Rodríguez<sup>1</sup>; E. Murgueitio Restrepo<sup>2</sup>; R. Barahona Rosales<sup>1</sup>

## Resumen

Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) permiten intensificar sosteniblemente tanto la ganadería de leche como la de carne. Sin embargo, existen pocos estudios sobre el efecto de estos sistemas sobre la calidad de carne producida. Así, el objetivo de este trabajo fue caracterizar algunos aspectos organolépticos de carne proveniente de un SSPi, de una pastura mejorada y de un sistema de pastoreo tradicional. Luego de hacer un seguimiento al proceso de beneficio y de desposte, se obtuvieron muestras de *Longissimus dorsi* de animales representativos de estos sistemas, en las que se evaluó la terneza y el color en tres diferentes tiempos de maduración (7, 14 y 21 días) en el laboratorio de Calidad de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia. Los resultados se analizaron por medio del paquete estadístico SAS usando un diseño de parcelas divididas. Hubo diferencias ( $P \leq 0,05$ ) en terneza y luminosidad de la carne cuando se comparó el sistema silvopastoril con un sistema de pastura mejorada en la zona del Quindío. Igualmente hubo un efecto significativo del tiempo de maduración ( $p=0,004$ ) en las características de terneza y color de la carne en la mayoría de los sistemas evaluados. Se concluye que el sistema de producción y el tiempo de maduración influyen en el comportamiento de la calidad final de la carne producida, existiendo la necesidad de profundizar la investigación en esta área.

**Palabras Clave:** Calidad de carne, características organolépticas, consumidor, maduración, sistema de producción.

## Meat color and tenderness in steers fattened in intensive silvopastoral systems and traditional grazing systems in the Colombian tropic

## Abstract

The adoption of intensive silvopastoral systems (ISPS) can contribute to sustainably intensify both dairy as beef cattle production systems. However, scant data is available on the effect of these systems on meat quality. Thus, the aim of this study was to characterize some sensory aspects of meat from steers fattened in ISPS, improved pasture and traditional grazing systems. After monitoring the harvesting process, *Longissimus dorsi* samples were obtained from representative animals, in which tenderness and color were evaluated at three different maturation times (7, 14 and 21 days) in the laboratory of Food Quality of the National University of Colombia. Results were analyzed using the statistical package SAS following a split plot design. At one location (Quindío), there were differences ( $P \leq 0.05$ ) in meat tenderness and luminosity when the silvopastoral system was compared with the improved pasture system. Also, there was a significant effect of the length of maturation ( $p = 0.004$ ) on the tenderness and meat color characteristics in most of the systems evaluated. It is concluded that the production system and the length of maturation influence the final quality of the meat produced, and that further research is needed in this area.

**Keywords:** Consumer, maturation, meat quality, organoleptic characteristics, production system.

<sup>1</sup> Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. cmontoyr@unal.edu.co;

<sup>2</sup> Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV.

## Introducción

La producción ganadera de carne bovina, tiene un gran impacto social y económico. Adicionalmente, existe la necesidad de una transformación constante en el sector pecuario, debido al incremento de la población y la intensificación de la agricultura (Steinfeld et al., 2006). A pesar de su gran importancia, en los últimos años se ha registrado una baja producción de carne bovina, por lo que este sector pecuario ocupa el tercer lugar en producción mundial de carne después de la de ave y de cerdo.

Un aspecto de gran importancia en la producción cárnica es la determinación de la calidad de carne, dentro de la cual se incluye la apariencia visual (color, grasa subcutánea, textura, marmorización y firmeza), la calidad comestible (jugosidad, terneza, aroma y sabor) y otros factores como precio, tamaño, preparación, almacenado y valor nutritivo (Miller, 2003). Estos parámetros están influenciados por diversos factores, muchos de los cuales han recibido poca atención en el trópico (Montoya Rodríguez, 2014) y que afectan positiva o negativamente la percepción de la calidad de carne (Oliver et al., 1990).

Cada vez es más necesario adoptar alternativas innovadoras en el manejo de los sistemas ganaderos. Dentro de ellas es la adopción de sistemas de producción más intensivos (dada la escasa disponibilidad de tierra), siendo los sistemas silvopastoriles los de mayor promesa, ya que contribuyen a mejorar la productividad e incrementar el consumo de alimento de los animales (Cuartas et al., 2014) y a regular el estrés climático el bienestar animal (Tarazona et al., 2013), entre otros beneficios.

Esta alternativa productiva es aún de uso limitado en la ganadería colombiana, (Mahecha et al., 2012), por lo que es fundamental, aumentar el número de investigaciones sobre estos sistemas de producción, para conocer mejor su funcionamiento y contribuir con la generación de estrategias que también mejoren la calidad de la carne. El objetivo de este trabajo es caracterizar aspectos de calidad de carne como la terneza y el color en carne producida en diferentes sistemas de producción, incluyendo los sistemas silvopastoriles.

## Materiales y Métodos

### Sistemas de producción y animales evaluados

Se obtuvieron muestras de *Longissimus dorsi* de animales de cuatro sistemas de producción (Tabla 1) ubicados en diferentes regiones del país: de Montenegro, Quindío ocho animales

de un sistema silvopastoril intensivo (SSPi, Quindío) basado en *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Cv cunningham y cinco animales de una pastura mejorada (PM, Quindío) con pasto Estrella (*Cynodon plectostachyus* (K.Schum.) Pilg.) y

**Tabla 1.** Características de los sistemas evaluados

Item	Sistemas del Quindío		Sistemas Tradicionales	
	Sistema Silvopastoril	Pastura Mejorada	Tradicional Lorica	Tradicional Montería
Ubicación	Montenegro		Lorica	Montería
Temperatura	21°C		28°C	31°C
Altura	1924 msnm		7 msnm	18 msnm
Precipitación anual	2251 mm		1200 mm	1156 mm
Clasificación ecológica	Bosque muy húmedo pre-montano		Bosque seco tropical	Bosque Húmedo pre-montano
Extensión	76 hectáreas		300 Hectáreas	150 hectáreas
Pastos Predomianates	Leucaena, estrella y Guinea	Estrella y Matarratón	Angleton	Angleton
Suplementación	No	No	No	No
Número de Animales	8	5	8	14
Sexo	Machos sin castrar		Machos castrados	Machos sin castrar
Raza	Cebú comercial		Cebú comercial	Cebú comercial
Edad Promedio	3,5 años		4 años	4 años
Peso Inicial	380 kg	386 Kg	340 Kg	356 Kg
Ganancia diaria de peso	597,3 gr	439,59 gr	380 gr	289 gr
Duración ceba	60 días	30 días	354 días	368 días
Producción carne ha/año	369,49 Kg/ha/año	885,77 Kg/ha/año	302,52 Kg/ha/año	293,89 kg/ha/año

Kg: Kilogramos; ha: hectáreas; gr: gramos; mm: milímetros; msnm: milímetros sobre el nivel del mar; C°: grados centígrados

Matarratón (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.); del departamento de Córdoba, ocho animales de Lorica (T Lorica) y catorce animales de Montería (T Montería) pastoreando en sistemas tradicionales a base de pasto Angletón (*Dichanthium aristatum* Benth). Todos los animales eran machos cebú comercial.

### Medición de color y terneza

Para medir el color de la carne se utilizó un colorímetro de refracción, marca X-RITE Spectrophotometer Stand Model SP64, modo Spex, D150. Se realizaron lecturas en tres partes diferentes de la muestra, las cuales se promediaron. Se utilizó el sistema de color oponente de Hunter, donde  $L^*$  mide las to-

nalidades de blanco (100) hasta negro (0),  $a^*$  las tonalidades de rojo (+) hasta verde (-) y  $b^*$  las de amarillo (+) hasta azul (-), y con estas coordenadas de colorimetría se obtuvieron la cromaticidad ( $C^*$ ) y el tono ( $h^\circ$ ) (Rébak et al 2012; Campion 2013). Para medir la terneza, se usó la técnica de resistencia al corte utilizando un Warner Bratzler (WB) 3000, siguiendo uno de los protocolos sugeridos por Mendes y De Miranda, (2007).

### Análisis Estadístico

Los resultados se evaluaron mediante un diseño estadístico de parcelas divididas, haciendo separación de medias por el método de Tukey y se utilizó el procedimiento Mixed del paquete estadístico SAS.

## Resultados y Discusión

**Tabla 2.** Valores de terneza y color en los sistemas del Quindío

Variable	Silvopastoril (SSPQ)			Pastura Mejorada (PMQ)			Análisis Estadístico		
	Día 7	Día 14	Día 21	Día 7	Día 14	Día 21	Tto	Tiempo	Tto* Tiempo
Terneza Kgf	*	10,11 <sup>a</sup>	5,01 <sup>b</sup>	4,92 <sup>a</sup>	4,94 <sup>a</sup>	2,16 <sup>b</sup>	< 0,0001	<0,0001	0.0035
Luminosidad $L^*$	*	36,82	36,72	38,86 <sup>b</sup>	41,10 <sup>b</sup>	47,93 <sup>a</sup>	< 0,0002	0.00016	0.0107
Rojo $a^*$	*	7,95 <sup>b</sup>	9,49 <sup>a</sup>	8,8	9,07	9,56	0.334	0.025	0.156
Amarillo $b^*$	*	7,7 <sup>b</sup>	11,17 <sup>a</sup>	8,39 <sup>b</sup>	10,91 <sup>a</sup>	10,82 <sup>a</sup>	0.071	0.0012	0.0043

Abreviaturas: Kgf: Kilogramos fuerza. <sup>a,b,c</sup> Medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes, de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ )

La terneza fue afectada significativamente por la procedencia de las muestras ( $p \leq 0,05$ ). En los sistemas de Montenegro, (SSP Quindío y PM Quindío) la carne más tierna fue la de los animales de pastura mejorada (Tabla 2) y en los sistemas tradicionales de Córdoba la carne más tierna fue la de T Montería (Tabla 3). El tiempo de maduración tuvo un efecto significativo ( $p \leq 0,05$ ) sobre esta característica, indicando que el tiempo de maduración es un aspecto fundamental a la hora de evaluar la terneza de la carne. Según López (2009), para optimizar la terneza se debe madurar máximo hasta los 14 días post-mortem. Los cambios observados durante la maduración obedecen a la actividad proteolítica de diversos mecanismos enzimáticos como el de las catepsinas, calpaínas, proteosomas y caspas (Kemp et al., 2010)

En la característica del color se presentaron valores óptimos para cada una de las coordenadas de color. Los valores adecuados de luminosidad ( $L^*$ ) en carne bovina deben ser superiores a 26, ya que valores por debajo de esta cifra indican carnes oscuras. Igualmente para la coordenada de color rojo ( $a^*$ ) los valores no deben ser mayores de 16, pues indican un enrojecimiento inadecuado y para la coordenada de color amarillo ( $b^*$ ) no deben ser mayores de 10 debido que valores elevados generan una carne amarillenta no deseada. Solo se puede ver un elevado valor de color amarillo en los sistemas de Quindío ( $b^* > 10$ ). En esto juega un papel muy importante la cantidad de grasa o a la alimentación (Wulf y Wise, 1999).

La luminosidad ( $L^*$ ) de la carne fue afectada por el sistema ( $p \leq 0,05$ ). La carne de animales en la pastura mejorada

**Tabla 3.** Valores de terneza y color para los sistemas tradicionales

Variable	Tradicional Lorica			Tradicional Montería			Análisis Estadístico		
	Día 7	Día 14	Día 21	Día 7	Día 14	Día 21	Tto	Tiempo	Tto* Tiempo
Terneza Kgf	8,66	8,6	9,22	6,51 <sup>a</sup>	5,92 <sup>a</sup>	4,33 <sup>b</sup>	<0,0001	0,053	0,0001
Luminosidad $L^*$	37,22	38,82	38,83	38,66 <sup>b</sup>	42,69 <sup>a</sup>	42,6 <sup>a</sup>	0,0026	<0,0001	0,133
Rojo $a^*$	9,57 <sup>ab</sup>	10,44 <sup>a</sup>	9,13 <sup>b</sup>	9,01	8,32	8,53	0,033	0,24	0,044
Amarillo $b^*$	8,9 <sup>ab</sup>	9,52 <sup>a</sup>	8,41 <sup>b</sup>	8,71	8,89	8,87	0,74	0,186	0,2245

Abreviaturas: Kgf: Kilogramos fuerza. <sup>a,b,c</sup> Medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes, de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

(PMQuindío) y tradicional de Montería (TMontería) fueron los de valores de  $L^*$  más elevados, indicando carnes más oscuras (Díaz, 2001) (Tabla 2 y 3). A su vez, el tiempo de maduración afectó esta cualidad en todos los sistemas comparados, mostrando que a medida que se aumentaba el tiempo de maduración de la carne, la luminosidad también aumentaba. Hubo una interacción sistema por tiempo en la comparación de los sistemas tradicionales.

Para la coordenada de color rojo ( $a^*$ ) solo presentó efecto

del tiempo de maduración en la comparación del Quindío y en la comparación de los sistemas tradicionales ( $P < 0,05$ ). Hubo una interacción de tiempo de maduración por sistema en la comparación de los sistemas del Quindío (Tabla 2). Jeremiah et al, (2003) reportó que con la maduración, la coordenada de luminosidad aumenta mientras que para las coordenadas de color rojo y color amarillo disminuyen, que fue lo que sucedió en este trabajo en lo referente a luminosidad.

## Conclusiones y recomendaciones

Tanto el sistema de procedencia de los animales como el tiempo de maduración influenciaron la terneza y el color de la carne producida. Al aumentar el tiempo de maduración estas cualidades mejoraron, siendo recomendable utilizar un tiempo de maduración de 14 días para obtener una carne aceptable en terneza y color.

Las cualidades de la carne son afectadas por diversos factores

y en el presente trabajo, hubo variabilidad en terneza, y color, que pudieron obedecer a diferencias en peso vivo y edad de los animales evaluados. Es recomendable realizar estudios adicionales donde se evalúe la relación entre la edad y peso al beneficio y la calidad de la carne, para seleccionar la edad y peso de sacrificio en las que se obtengan carnes de adecuada calidad organoléptica.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por la financiación del proyecto “Análisis comparativo de la Producción de Carne de Novillos Cebú en Sistema Silvopastoril Intensivo o en Confinamiento” del programa “Análisis Multifactorial de la Calidad Funcional de la Carne en Búsqueda de un Producto con Valor Agregado” que permitió la realización de este estudio.

Gran parte del presente estudio también fue realizado dentro del proyecto: “Investigaciones para el incremento de la productividad silvopastoril y los servicios ambientales” dentro del objetivo “Efecto de SSP sobre aspectos reproductivos, calidad de leche y calidad de carne”, financiado por COLCIENCIAS y El Patrimonio Autónomo Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas, ejecutado por CIPAV y la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Los autores agradecen al profesor Diego Restrepo del laboratorio de Productos Cárnicos y al profesor Misael Cortés del laboratorio de Calidad de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, donde se realizaron los diferentes análisis. También los autores agradecen al señor Nicolás, propietario de la finca San Diego, por la colaboración recibida durante la ejecución de este proyecto.

## Bibliografía

- Campion, D.S., 2013. Calidad de carne porcina según el sistema de producción. Disponible en: <http://www.bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis7calidad-carne-porcina-producción.pdf>
- Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., Tarazona, A. M., Murgueitio, E., Chará, J. D., Ku, J., Solorio, F. J., X. Flores, M. X., Solorio, B., Barahona, R., 2014. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 27, 76–94.
- Díaz, M.T., 2001. Características de la canal y de la carne de corderos lechales manchegos. Correlaciones y ecuaciones de predicción. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid. pp. 306.
- Jeremiah, L.E., Gibson, L.L., 2003. The effects of postmortem product handling and ageing times on beef palatability. *Food Research International* 36, 929-941.
- Kemp, C.M., Sensky, P.L., Boardsley, R.G., Buttery, P.J., Parr, T., 2010. Tenderness-An enzymatic view. *Meat Science* 84 (2), 248-256
- López, I., 2009. Efecto del tiempo de maduración y edad cronológica sobre características organolépticas de carne de res de Puerto Rico. Tesis de posgrado. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez. pp. 71.

- Mahecha, L., Murgueitio, M., Angulo, J., Olivera, M., Zapata, A., Cuartas, C., Naranjo, J., Murgueitio, E., 2012. Cebade bovinos doble propósito pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos. En F.J. Solorio-Sánchez, C. Sánchez-Brito y J. Ku-Vera, eds., *Memorias IV Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos*. Morelia, México, Fundación Produce Michoacán, Universidad Autónoma de Yucatán
- Mendes, E.M., De Miranda, L.A., 2007. Evaluación de Calidades de carnes, fundamentos y metodologías. Ed, Conselho, Brazil, pp. 480-488.
- Miller, R., 2003. Assessing consumer preferences and attitudes toward meat and meat products, *Br J Feed: Tech especial issue*, 67-80.
- Montoya Rodríguez, C., 2014. Caracterización de algunas variables de calidad de carne en bovinos manejados en diferentes condiciones de producción en el trópico colombiano. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, pp. 135.
- Oliver, M.A., Gispert, M., Diestre, A., 1990. Influencia de la composición del jamón en la calidad de la carne. *Cárnica* 2000, 78, 118-123.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 1994. El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Roma, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/t4450s/t4450s00.htm>
- Rébak, G.I., Ynsaurralde, A.E., Capellari, A., Prester, N., Vásquez, L., 2012. Calidad de carne de novillos 3/8 Braford producidos en Chaco, Argentina. *Rev, Vet*, 23(2), 95-99.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M de Haan, C., 2006. *Livestock's long shadow, environmental issues and options*. LEAD-FAO. Rome. 390 p.
- Tarazona, A. M., Ceballos, M. C., Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., Murgueitio, E., & Barahona, R., 2013. The relationship between nutritional status and bovine welfare associated with adoption of intensive silvopastoral systems in tropical conditions. In FAO (Ed.), *Enhancing animal welfare and farmer income through strategic animal feeding - Some Case Studies*. Italy. pp. 69 – 78).
- Wulf, M.D y Wise, J.W., 1999. Measuring muscle color on beef carcasses using the L\*, a\* y b\* color space. *Journal of Animal Science*, 77, 2418-2427.

# Productividad, composición botánica y receptividad ganadera de un pastizal bajo monte de sauce (*Salix humboldtiana*) en las islas del Pre Delta en Diamante, provincia de Entre Ríos, Argentina

E. Massa<sup>1</sup>; G.L. González<sup>2</sup>; F. Olmeda<sup>2</sup> y C.A. Rossi<sup>2</sup>

## Resumen

Los pastizales de los bosques de Sauce criollo (*Salix humboldtiana*) del Pre Delta de Diamante (Pcia. de Entre Ríos) tienen un uso ganadero extensivo. Sin embargo es escasa o nula la información sobre los mismos. El objetivo de este trabajo fue determinar en los pastizales del bosque de Sauce la productividad primaria neta aérea (PPNA), la composición botánica estacional de los grupos funcionales y la receptividad ganadera estacional estimada. Los resultados muestran que en el pastizal estudiado la PPNA anual total es de 5210,6 kg/MS/ha/año. De los cuales 2544,8 kg/MS/ha se producen en Verano, que presentó diferencias estadísticamente significativas con el resto de las estaciones: Primavera 1669,3 kg/MS/ha, Invierno 626,2 kg/MS/ha y Otoño 370,3 kg/MS/ha. La composición botánica del pastizal por grupos funcionales, muestra que más del 57% de la biomasa de la PPNA anual estuvo dominada por plantas gramíneas (Poáceas). El mayor porcentaje de participación se registró en verano, donde las gramíneas llegaron al 80% de la biomasa. Por otra parte, el amplio grupo funcional de las latifoliadas, se mantuvo constante en cuanto a las especies presentes en la biomasa durante todo el año. Los resultados de receptividad ganadera muestran que el verano es la estación de mayor receptividad, con 1,17 EV\*ha<sup>-1</sup>\*día<sup>-1</sup>. La primavera se ubica en segundo lugar con una estimación de receptividad de 0,76 EV\*ha<sup>-1</sup>\*día<sup>-1</sup>. Por su parte el invierno presenta una capacidad de carga de 0,29 EV\*ha<sup>-1</sup>\*día<sup>-1</sup> y 0,17 EV\*ha<sup>-1</sup>\*día<sup>-1</sup> en el Otoño. Finalmente el promedio anual es de 0,6 EV/ha/año.

**Palabras clave:** sistema silvopastoril, forraje, ganadería de islas.

## Productivity, botanical composition and stocking rate of grassland below willow forest (*Salix humboldtiana*) on the Pre Delta islands in Diamante, Entre Ríos province, Argentina

## Abstract

Grasslands below forest Willow (*Salix humboldtiana*) on Pre Delta islands in Diamante region (Entre Ríos province) have extensive livestock use. However there is little or no information about them. The aim of this study was to determine in the grasslands: Aerial Net Primary Productivity (ANPP), Seasonal botanical composition and stocking rate estimated. The results show that in the studied grassland total ANPP is 5210,6 kg/DM/ha/yr of which 2544,8 kg/DM/ha are produced in Summer that showed statistically significant differences with the rest of the seasons: Spring 1669,3 kg/DM/ha, Winter 626,2 kg/DM/ha and Autumn 370,3 kg/DM/ha. The botanical composition of grassland by functional groups shows that over 57% of the biomass of annual ANPP was dominated by grasses (*Poaceae*). The highest percentage of participation was recorded in Summer where grasses reached 80% of the biomass. Moreover, the broad functional group of wide leaf plants (latifoliolate) remained constant in terms of species present in the biomass throughout the year. The results show that stocking rate in Summer is the season of greatest carry capacity, with 1,17 EV \* ha<sup>-1</sup> \* day<sup>-1</sup>. Spring is in second place with an estimate of stocking rate in 0,76 EV \* ha<sup>-1</sup> \* day<sup>-1</sup>. Meanwhile the Winter has a capacity of 0,29 EV \* ha<sup>-1</sup> \* day<sup>-1</sup> and 0,17 EV \* ha<sup>-1</sup> \* day<sup>-1</sup> in the Autumn. Finally, the stocking rate annual average is 0,6 EV/ha/yr.

**Key words:** silvopastoral system, forage, island livestock.

<sup>1</sup> AER INTA Diamante. <sup>2</sup> Programa Silvopastoril, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

## Introducción

Los pastizales naturales de la islas del Pre Delta de Diamante (Pcia. de Entre Ríos) crecen bajo el dosel de Sauce criollo (*Salix humboldtiana*) constituyendo un Sistema Silvopastoril en base a bosque nativo denominado Sauzal. (Imagen 1)

Estos bosques casi siempre se desarrollan sobre los albardones costeros de las islas, siendo la parte insular menos afectada por las recurrentes inundaciones. (Franceschi *et al.*, 1985; Marchetti y Aceñolaza, 2011).

Está documentado que estos sauzales isleños del Pre Delta son utilizados como Sistemas Silvopastoriles (SSP) desde hace muchas décadas. (Laclau, 2012).

Estructuralmente los sauzales son inicialmente bosques densos y a medida que maduran, el estrato arbóreo disminuye en densidad. Este raleo natural promueve la mayor llegada de luz al suelo y así aumenta la cobertura del estrato herbáceo que llega a cubrir el 95% de la superficie. (Franceschi *et al.* 1985). El pastizal es una típica pradera de buena riqueza florística que permite un uso ganadero extensivo mediante pastoreo directo. (Massa y Pautasso, 2011).

Dentro de este SSP los árboles que son eventualmente ramoneados, juegan además un papel ambiental importante sobre el ganado a través del sombreado y protección microclimática (Pérez Casar, 2014).

Entre las principales especies de la pradera del Sauzal se destacan entre otras: Alpiñillo (*Phalaris angusta*), Cola de Zorro (*Setaria geniculata*) y Gramilla (*Cynodon dactylon*) acompañadas por algunas latifoliadas como *Conyza sumatrensis* y *Commelina erecta*. (Massa, 2012)

A pesar de su importancia para la ganadería, casi no existe información sobre la productividad estacional, composición botánica de los grupos funcionales en la oferta forrajera y capacidad de carga de las praderas de los SSP de Sauce criollo de las islas de Diamante.

**Objetivo:** El objetivo del trabajo fue determinar: a) La PPNA (Productividad Primaria Neta Aérea) estacional y total anual del pastizal, b) Composición botánica estacional de los grupos funcionales y c) Receptividad ganadera estacional y promedio anual.



Imagen 1: Sauzal característico del Pre Delta diamantino.

## Materiales y Métodos

**Ubicación y Superficie:** El estudio se desarrolló sobre un pastizal de isla en el departamento Diamante. Geográficamente ubicada entre el cauce principal del río Paraná y el arroyo Las Arañas (32°01'47,0" sur y 60°39'12,7" oeste). La superficie de la isla es de 278 ha., de las cuales 63,4 ha. corresponden a SSP de Sauces criollos con praderas naturales donde se realizaron las mediciones y muestreos.

**Medición de la PPNA:** Para medir la PPNA se utilizaron jaualas de exclusión fijas de 0.5 x 0.5 m<sup>2</sup>. Los cortes se realizaron al ras y la frecuencia de corte fue cada 65 ± 21 días. El período

de datos registrados corresponde de Septiembre de 2011 a Septiembre de 2012. La PPNA se estimó como la sumatoria de la biomasa colectada en los seis cortes, estimando la PPNA total como kg/MS/ha/año.

**Materia Seca:** Las muestras cosechadas se secaron en estufa de aire forzado a 55° C durante aproximadamente 72 a 96 horas (peso constante) para obtener por cálculo el porcentaje de MS.

**Composición Botánica:** La composición botánica se realizó por grupos funcionales: gramíneas, latifoliadas y otras. Se ad-



judicó un porcentaje a cada grupo respecto de la biomasa total extraída en cada corte realizado para PPNA.

**Receptividad ganadera estimada:** El cálculo de la receptividad ganadera estacional y anual ( $EV \cdot ha^{-1} \cdot día^{-1}$ ) fue rea-

lizado en base al producto entre la PPNA de cada estación y un índice de cosecha (factor de uso) estimado del 50% dividido por el consumo animal individual diario de  $12 \text{ kg/MS} \cdot EV^{-1} \cdot día^{-1}$  (Coccimano *et al.*, 1977; Díaz, 2007; Vecchio *et al.*, 2008).

## Resultados y Discusión

En el gráfico 1 se muestran los resultados obtenidos luego de someter los valores obtenidos de PPNA por estaciones al Test de Tukey.

En base a estos resultados la mayor proporción de la PPNA del pastizal se produce fundamentalmente en correlación con las temperaturas más cálida. El verano acumula casi la mitad de la productividad de MS total con  $2544,8 \text{ kg/MS/ha}$ , siendo un valor con una diferencia estadísticamente significativa del resto de las estaciones que no difieren estadísticamente entre sí.

La primavera es la segunda estación en PPNA con un valor promedio acumulado de  $1669,3 \text{ kg/MS/ha}$ . Por su parte las de menores biomásas acumuladas fueron el invierno con  $626,2 \text{ kg/MS/ha}$  y el otoño que produjo  $370,3 \text{ kg/MS/ha}$ .

La sumatoria de la PPNA acumulada total anual fue de  $5210,6 \text{ kg/MS/ha/año}$ .

Los datos obtenidos permiten confirmar que la pradera del Sauzal es de activo crecimiento primavero-estival con un gran pico de productividad durante el verano.

En el gráfico 2 se observan los resultados de la composición botánica del pastizal por grupos funcionales (Gramíneas, Lati-foliadas y Otras) para las cuatro estaciones del año analizadas. Respecto a los grupos funcionales para todas las estaciones, más del 57% de la biomasa de la PPNA estuvo dominada por plantas gramíneas (Poáceas)

El mayor porcentaje de participación se registró en verano donde las gramíneas llegaron al 80% de la biomasa. La pradera tiene un predominio de C4 y en menor medida C3. Las princi-

pales especies que dominaron en este grupo funcional fueron: *Eriochloa punctata*, *Setaria geniculata*, *Cynodon dactylon*, *Phalaris angusta*, *Panicum laxum* y *Paspalum conjugatum*. Estas dos últimas especies mostraron un notable incremento en el porcentaje de la biomasa en las mediciones correspondientes al verano. Las especies *Panicum laxum* y *Paspalum conjugatum*, son dos gramíneas perennes de muy buena preferencia animal que, a pesar de ser C4, también dominan el pastizal en otoño y parte del invierno.

Por otra parte, el amplio grupo funcional de las latifoliadas, mantuvo constante las especies presentes en la biomasa durante casi todo el año.

Dentro de las especies latifoliadas, *Conyza sumatrensis* y *Com-melina erecta*, fueron las que mostraron mayor variación porcentual de participación en la biomasa entre estaciones.

El grupo funcional de otras especies, mantuvo siempre una muy baja participación en la biomasa en todas las estaciones variando entre 1% (verano) y 11% (invierno).

En el gráfico 3 se muestran los resultados de estimar la receptividad ganadera por estaciones y el promedio anual. Estos resultados realizados en base a los datos de PPNA mantienen la diferencia estadísticamente significativa entre la estación verano con el resto de las estaciones, las cuales no difieren entre sí (Test de Tukey)

El verano resulta la estación de mayor receptividad ganadera, con  $1,17 \text{ EV} \cdot ha^{-1} \cdot día^{-1}$ . La primavera se ubica en segundo lu-

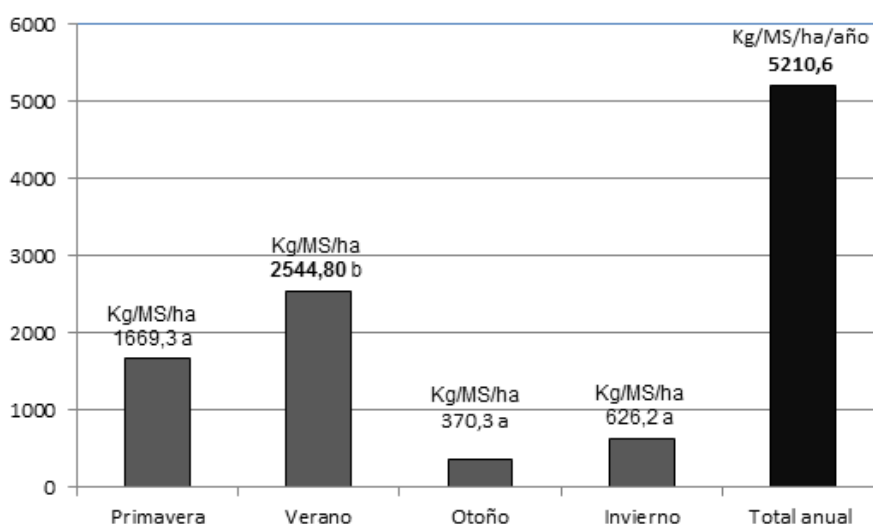


Gráfico 1. Productividad Primaria Neta Aérea estacional (Kg/MS/ha) y total anual (Kg/MS/ha/año) en un pastizal del SSP con sauces. (Test de Tukey: letras iguales no difieren significativamente para  $p < 0,05$ ).

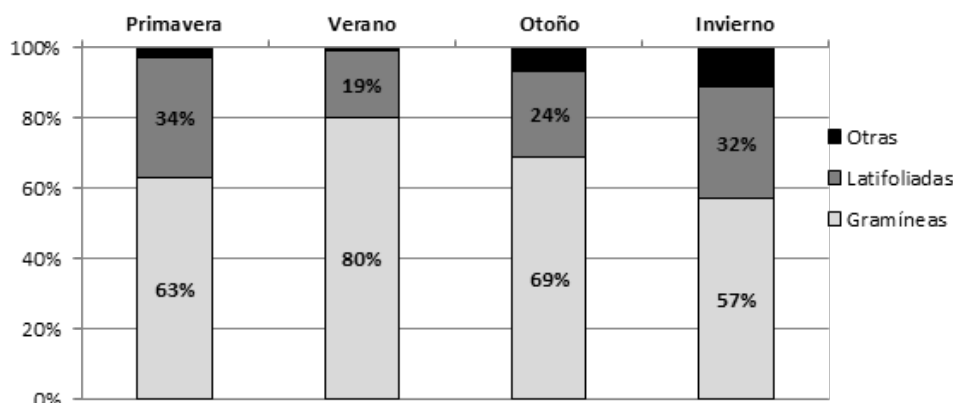


Gráfico 2. Composición botánica estacional de los grupos funcionales en un pastizal del SSP con sauces.

gar con una estimación de receptividad de  $0,76 \text{ EV} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ . El período otoño-invernal resulta el de menor capacidad de carga con  $0,29 \text{ EV} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$  en invierno y  $0,17 \text{ EV} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$  en Otoño.

Esta distribución de los valores de receptividad obtenidos se explicaría por el predominio de especies C4 en la pradera del Sauzal. Es evidente que el uso pastoril y manejo de este pastizal debe ser como pastizal de veranada.

El promedio anual resultante es de  $0,6 \text{ EV} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ . Este

resultado de receptividad anual, concuerda con valores de receptividad ganadera de 0,4 a 0,6 UG/ha/año, reportados para el Bajo Delta en un pastizal natural en SSP con Sauces implantados a baja densidad. (Rossi y Torrá, 2007)

Por su parte Peri (2012) también refiere valores similares. En su trabajo destaca que en los SSP del Bajo Delta es creciente la ganadería de cría, cuyas cargas anuales promedian entre 0,4 a  $0,5 \text{ EV} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$  con producciones de carne de entre 60 a 100 kg carne  $\cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ .

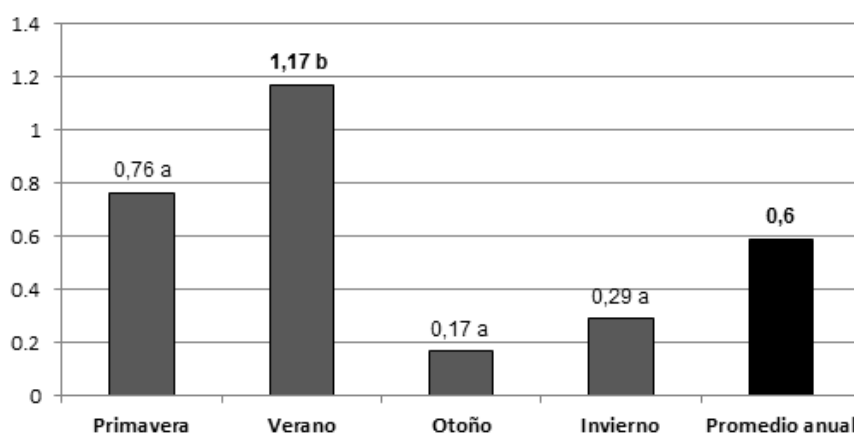


Gráfico 3. Receptividad ganadera estacional ( $\text{EV} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ ) y promedio anual ( $\text{EV} / \text{ha} / \text{año}$ ) en un pastizal del SSP con sauces. (Test de Tukey: letras iguales no difieren significativamente para  $p < 0,05$ ).

## Conclusiones

Los Sauzales como SSP poseen una muy buena capacidad de carga como praderas de veranada. Su utilización otoño-invernal es sumamente limitada por la baja capacidad de carga. Para conservar la estructura y cualidades forrajeras de la pradera del Sauzal y contribuir así a su sustentabilidad, se debería

evitar el sobrepastoreo de las especies de buen valor forrajero, para lo cual es fundamental realizar los cálculos de estimación de carga para cada estación del año, práctica que hoy casi no se efectúa.

## Bibliografía

- Coccimano, M.; A. Lange y E. Menvielle. 1977. Equivalencias ganaderas para vacunos de carne y ovinos. AACREA: pp. 23.
- Díaz, R. O. 2007. Utilización de pastizales naturales. Ed. Encuentro. Córdoba, Argentina. pp. 456.
- Franceschi, E.A.; Prado, D.E.; Lewis, J.P. 1985. Comunidades vegetales y mapa de vegetación: Reserva "El Rico" e Islas Aledañas, Provincia de Santa Fe, República Argentina. Servicio de Publicaciones de la Universidad Nacional de Rosario, pp. 44.
- Laclau, P. 2012. Consideraciones económicas y ambientales para la toma de decisiones en sistemas silvopastoriles. Actas II° Congreso Nacional de Sistemas Pastoriles. Santiago del Estero. Argentina, pp. 359-370 .
- Marchetti, Z.Y. y P. Aceñolaza, P. 2011. Vegetation communities and their relationship with the pulse regime on islands of the Middle Paraná River, Argentina. IHERINGIA 66, n°2, pp. 209-226.
- Massa, E. y Pautasso, J.M. 2011. Evolución del peso de novillos en islas del departamento Diamante (Entre Ríos). INTA EEA Paraná, Entre Ríos, 2pg. Disponible en [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
- Massa, E. 2012. Observaciones personales. Datos no publicados.
- Peri, P. 2012. Implementación, manejo y producción en sistemas silvopastoriles: enfoque de escalas en la aplicación del conocimiento aplicado. Actas II° Congreso Nacional de Sistemas Pastoriles. Santiago del Estero. Argentina, pp. 8-20.
- Pérez Casar, L. 2014. Producción integrada, el desafío del nuevo siglo. Revista de Investigaciones Agropecuarias, RIA 40, n°3: 226-231.
- Rossi, C.A. y E. Torrá. 2007. Sistema silvopastoril para la producción de madera de calidad con salicáceas y cría vacuna en el Delta del Paraná. Proyecto PID 441. FCA UNLZ; EEA INTA Delta del Paraná; SECyT y Empresa Ederra SA. Publicado en FCA UNLZ, pp. 14.
- Vecchio, M. C.; R. Golluscio; M. I. Cordero. 2008. Calculo de la receptividad ganadera a escala de potrero en pastizales de la Pampa Deprimida. Ecología Austral 18, pp. 213-222.

# El componente arbóreo del sistema silvopastoril tradicional cercos vivos en el trópico húmedo de México

Grande, D.<sup>1</sup>; Nahed, J.<sup>2</sup>; Valdivieso, A.<sup>2</sup>; Aguilar, R.<sup>2</sup> y Cámara, J.<sup>3</sup>

## Resumen

En la región tropical húmeda de México se practican diversos sistemas silvopastoriles tradicionales (SSPT), los cuales tienen una amplia distribución, cumplen funciones importantes y han sido poco estudiados. El objetivo del trabajo fue evaluar el componente arbóreo de los cercos vivos (CV) en sistemas silvopastoriles con manejo tradicional en la región media de la cuenca transfronteriza Grijalva (Chiapas-Tabasco) y en la Sierra de Tabasco, en el sureste del país. Se identificaron todos los árboles y se determinó la densidad arbórea de los CV en 45 potreros de varias localidades en las dos zonas señaladas. En los CV de la cuenca transfronteriza Grijalva se encontraron 32 especies arbóreas (con dominancia de *Gliricidia sepium*, *Cedrela odorata* y *Erythrina folkersii*), incluidas en 18 familias botánicas y con una densidad promedio de 46 árboles por cada 100 metros lineales; en la Sierra de Tabasco se identificaron 28 especies pertenecientes a 10 familias botánicas, con dominancia de *G. sepium*, *Tabebuia rosea* y *C. odorata* y con densidad promedio de 76 árboles por cada 100 metros lineales. Además del aporte de bienes y/o productos, la densidad y diversidad arbórea encontrada en los CV tiene implicaciones en los servicios ambientales como el secuestro de carbono y la fijación de nitrógeno en el suelo por los árboles leguminosos.

**Palabras clave:** agroforestería pecuaria, sistemas tradicionales, densidad arbórea, *Gliricidia sepium*.

## The tree component of the traditional silvopastoral system of live fences in the humid tropic of Mexico

## Abstract

In the humid tropical region of Mexico, diverse traditional agroforestry systems are practiced, which have a wide distribution, serve important functions and have been little studied. The objective of this study was to evaluate the tree component of the live fences (LF) of silvopastoral systems with traditional management in the middle region of the transboundary basin Grijalva (Chiapas-Tabasco) and the Sierra Region of Tabasco, in the southeast of the country. Trees of the LF were identified and tree density was obtained in 45 pastures of various sites in the two mentioned areas. In the LF of transboundary basin Grijalva were found 32 tree species (with dominance of *Gliricidia sepium*, *Erythrina folkersii* and *Cedrela odorata*), included in 18 botanical families with an average density of 46 trees per 100 linear meters; in the Sierra Region of Tabasco were identified 28 species belonging to 10 botanical families, with dominance of *G. sepium*, *Tabebuia rosea* and *C. odorata* and with an average density of 76 trees per 100 linear meters. In addition to the supply of goods and/or products, density and tree diversity found in LF has implications for ecosystem services such as carbon sequestration and fixing nitrogen in the soil by leguminous trees.

**Key words:** livestock agroforestry, traditional systems, tree density, *Gliricidia sepium*.

<sup>1</sup> División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco # 186, Col. Vicentina, Iztapalapa. C.P. 09340. México, D. F., México. e-mail: ifig@xanum.uam.mx <sup>2</sup> División de Sistemas de Producción Alternativos. El Colegio de la Frontera Sur. Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n. C.P. 29290. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. e-mail: jnahed@ecosur.mx ; abriologa@gmail.com ; robeaguilar@hotmail.com <sup>3</sup> División de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km. 25 Carretera Villahermosa-Teapa, Teapa, Tabasco, México. C.P. 86800. e-mail: jcamaracordova@yahoo.com

## Introducción

Con base en la clasificación de sistemas agroforestales propuesta por Nair (1993) y Clarke y Thaman (1993), en la región tropical húmeda de México, en el sureste del país, se practican diversos sistemas agroforestales tradicionales. En esta clasificación se incluyen los sistemas silvopastoriles, caracterizados por la combinación e interacción de pastos, arbustos, o árboles de uso múltiple y la cría de animales, manejados de manera integrada, simultánea o sucesivamente (Murguieitio e Ibrahim, 2008).

Entre los diversos tipos de sistemas silvopastoriles tradicionales practicados en la región tropical húmeda sobresalen los cercos vivos, cuya función es delimitar potreros, campos agrícolas y propiedades mediante el establecimiento de árboles o arbus-

tos a lo largo de los paisajes rurales (Avendaño y Acosta, 2000; Harvey *et al.*, 2005; Otárola, 2000). Los cercos vivos tienen una amplia distribución en la cuenca transfronteriza Grijalva, particularmente en Chiapas (Soto *et al.*, 1997, Nahed *et al.*, 2010) y Tabasco (Maldonado *et al.*, 2008, Grande *et al.*, 2010), estados localizados en el sureste de México; dichos sistemas se manejan de manera tradicional y cubren funciones importantes, pero hasta el momento han sido poco estudiados.

El objetivo del trabajo fue evaluar el componente arbóreo de los cercos vivos y sus implicaciones en los servicios ambientales en sistemas silvopastoriles tradicionales localizados en la región media de la cuenca transfronteriza Grijalva (Chiapas-Tabasco) y en la Sierra de Tabasco, en el sureste de México.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en 35 potreros con manejo silvopastoril tradicional ubicados en la región media de la cuenca transfronteriza Grijalva (Chiapas-Tabasco) y en 10 potreros localizados en municipios de la Sierra de Tabasco, en la región tropical húmeda del sureste de México. La evaluación se hizo en potreros de los municipios de Huitiupán, Chiapas y Tacotalpa, Tabasco, dentro de la cuenca transfronteriza Grijalva (Chiapas-Tabasco), mientras que en la Sierra de Tabasco, además de Tacotalpa, se evaluaron potreros localizados en los municipios de Macuspana, Jalapa y Teapa. En general, el paisaje del área de estudio se caracteriza por un relieve escarpado, con crestas de diferentes dimensiones y la presencia de fallas estructurales, donde predominan las calizas; en la zona también se encuentran numerosos escurrimientos cuyos cauces nacen en las partes altas y alimentan a los ríos de la zona. La vegetación original en la zona es de selva alta perennifolia, la cual actualmente se encuentra solo en los parches presentes en las partes más abruptas del paisaje. El uso actual del terreno es en su mayoría para pastoreo, de bovinos en especies nativas o introducidas, algunos cafetales, cacaotales, y áreas destinadas a

la agricultura de subsistencia. El clima de la región es cálido húmedo con temperatura promedio anual de 24° C y precipitaciones pluviales superiores a los 2000 mm al año.

La evaluación de los CV se hizo en el perímetro de los 45 potreros seleccionados en los que se identificaron y caracterizaron los árboles presentes en ellos. Se identificaron todos los árboles encontrados en los CV y para caracterizarlos se utilizaron de 4 a 14 transectos lineales de 10 m de longitud de acuerdo al tamaño de los potreros. La cantidad de transectos varió en función de la homogeneidad del cerco y de la presencia y/o ausencia de árboles. En cada transecto se evaluaron únicamente los árboles con más de 10 cm de diámetro a la altura del pecho, y también se midió la distancia entre árboles para obtener la densidad arbórea. La identificación de los árboles de los CV se hizo con el apoyo de un guía local. Se realizaron colectas botánicas y posteriormente las especies se identificaron mediante cotejo en el herbario de El Colegio de la Frontera Sur, Chiapas. La nomenclatura de géneros y especies se verificó en la base de datos especializada sobre nomenclatura botánica del Jardín Botánico de Missouri.

## Resultados y Discusión

### Densidad arbórea

En los transectos evaluados se registraron densidades arbóreas promedio de 46 y 76 árboles por cada 100 m lineales de CV en los SSPT de la región media de la Cuenca del Grijalva (Chiapas-Tabasco) y en la Sierra de Tabasco, respectivamente. Las densidades arbóreas encontradas en ambas zonas superan a la de una finca ganadera con un nivel alto de intensificación (30.8 árboles/100 m lineales) en Río Frio, Costa Rica (Villacís *et al.*, 2003).

De los 35 potreros evaluados en la Cuenca del Grijalva, 54% presentó CV integrados por varias especies arbóreas, y el 46% restante estuvo conformado únicamente por la especie *Gliricidia sepium* ("cocoite").

### Composición de especies de los cv

En los CV de la región media de la Cuenca del Grijalva se

identificaron 1 427 árboles, pertenecientes a 32 especies y a 18 familias botánicas. Con base en el número de individuos, las familias más representativas de los árboles de los CV fueron Fabaceae, seguida por Meliaceae. Las tres especies más numerosas fueron *G. sepium* (1 194 individuos), *Cedrela odorata* (50) y *E. folkersii* (50), las cuales representaron un muy elevado porcentaje (90.7 %) de todos los árboles encontrados en los cercos vivos (Cuadro 1).

Por su parte, en los CV de la Sierra de Tabasco se identificaron 3 408 árboles de 28 especies pertenecientes a 10 familias botánicas. Aquí las especies más numerosas fueron *G. sepium* (3101 individuos), *Tabebuia rosea* (133 individuos) y *C. odorata* (27 individuos). Con base en el número de individuos, las familias más representativas de los árboles de los CV fueron Fabaceae, Bignoniaceae y Meliaceae, y de manera similar a la

## Area 1: Producción agropecuaria y forestal en los sistemas silvopastoriles y agroforestales

**Cuadro 1.** Número y porcentaje de las principales especies arbóreas en los cercos vivos de sistemas silvopastoriles tradicionales de la región media de la Cuenca del Grijalva (Chiapas-Tabasco) y la Sierra de Tabasco, México.

Especies	Familia	Nombre común	Región media de la Cuenca del Grijalva (Chiapas-Tabasco)*			Sierra de Tabasco**		
			No.	%	Acumulado (%)	No.	%	Acumulado (%)
<i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae	Cocoíte	1194	83.7	83.7	3101	91.0	91.0
<i>Erythrina falkersii</i>	Fabaceae	Madre	50	3.5	87.2	---	---	---
<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	Cedro	50	3.5	90.7	27	0.8	91.8
<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae	Macuilís	---	---	---	133	4.0	95.8
		Subtotal	1294	90.7		3261	95.8	
Otras especies	Varias	Varios	133	9.3	100.0	147	4.2	100.0
		Total	1427	100.0		3408	100.0	

\*además de las enlistadas 29 especies arbóreas más pertenecientes a 16 familias botánicas

\*\*además de las enlistadas 25 especies arbóreas más pertenecientes a 7 familias botánicas

región media de la Cuenca del Grijalva, las tres especies señaladas también representaron un muy elevado porcentaje (95.8 %) de todos los árboles encontrados en los cercos vivos de la Sierra de Tabasco (Cuadro 1).

Con base en lo anterior, es muy evidente la preferencia de los ganaderos de la zona por *G. sepium*, especie que también se encuentra en los CV de otras partes de Chiapas y particularmente en el estado de Tabasco; la preferencia por dicha especie se explica en gran medida por su versatilidad agronómica, funcionalidad y por los productos que de ella se obtienen. *G. sepium* es de fácil enraizamiento a partir de estacas, es duradera y su crecimiento inicial es rápido. Cada individuo tiene una vida útil promedio de 12 años, y además cumple con múltiples funciones apreciadas principalmente por los pequeños propietarios. Como parte de su manejo se poda regularmente, y dicha práctica se realiza por lo general en el mes de enero o cada ocho o nueve meses y se mantiene el tronco principal a una altura de 2 a 2.5 m (Elgueta y Pérez, 2001).

De las ramas podadas los ganaderos obtienen leña, con una producción seca mínima de 80 a 90 kg en año y medio, en una densidad de 60 a 75 plantas por cada 100 m lineales de cv (Ruiz 2000); lo anterior es muy importante, pues además de contribuir al suministro de leña para el consumo, reduce la presión sobre los relictos de selva que todavía quedan y la vegetación secundaria de la región ("acahuales"), lo cual es particularmente importante por la severa deforestación ocurrida en el pasado en la zona.

## Conclusiones

En los CV de las dos zonas estudiadas hubo un fuerte predominio de cuatro especies arbóreas (*G. sepium*, *C. odorata*, *E. falkersii* y *T. rosea*), las cuales conforman el 94 % del total de árboles encontrados.

De las cuatro principales arbóreas halladas se encontró una fuerte preferencia de los ganaderos por *G. sepium*, leguminosa que representó poco menos del 89 % de todos los árboles

Por otra parte, el follaje de *G. sepium* se utiliza como forraje o como abono orgánico en el periodo de sequía, de acuerdo con la demanda. El manejo que los productores dan a *G. sepium* muestra la importancia de la especie en los cv, así como el amplio conocimiento y la experiencia que se tiene de ella.

Además del aporte de diversos bienes y/o productos, la densidad y diversidad arbórea encontrada tiene implicaciones significativas en los servicios ambientales como el secuestro de carbono y la fijación de N en el suelo por los árboles leguminosos. En relación al secuestro de carbono, se ha estimado que por cada 100 m lineales de cercos vivos multiespecíficos (32 especies, distancia promedio entre árboles de 2.1 m y diámetro a la altura del pecho promedio de 23 cm) se acumulan 1.8 toneladas de C (Nahed *et al.*, 2013).

Por su parte, respecto a la fijación de N en el suelo por los árboles leguminosos, estimaciones con base en diversos reportes (Jayasundara *et al.*, 1997; Liyanage *et al.*, 1994; Dulormne *et al.*, 2003) indican que en CV de la zona similares a los evaluados en éste estudio, todos los árboles leguminosos encontrados en CV con predominancia de *G. sepium* fijan alrededor de 50 kg de N/año.

Finalmente, debe considerarse que por su importancia en los paisajes agrícolas, los CV merecen mucha más atención en las estrategias de gestión sostenible de la tierra y necesitan ser un elemento explícito en los reglamentos e incentivos que tienen como objetivo mejorar la integridad ecológica de los paisajes rurales, como se ha propuesto por Harvey *et al.* (2005).

en los CV. La preferencia por dicha especie se explica por diversos aspectos como su versatilidad agronómica, funcionalidad y productos obtenidos.

La densidad arbórea total y la cantidad de las principales leguminosas en los CV tienen implicaciones significativas en servicios ambientales como el secuestro de carbono y la fijación de N en el suelo por las leguminosas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y a la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, el apoyo para la realización de éste trabajo.

## Referencias

- Avendaño, R.S. y Acosta, R.I. 2000. Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. *Madera y Bosques* 6:55-71.
- Clarke, W.C., Thaman, R.R. (Eds.) 1993. *Agroforestry in the Pacific Islands. Systems for sustainability*. United Nations University Press. Tokyo, Japan. 297 p.
- Dulorme, M., Sierra, J., Nygren, P., Cruz, P. 2003. Nitrogen-fixation dynamics in a cut-and-carry silvopastoral system in the subhumid conditions of Guadeloupe, French Antilles. *Agroforestry Systems* 59:121-129.
- Elgueta, M.J.R., Perez, C.U.G. 2001. Arboreal diversity in agroforestry linear technologies in Jalapa, Tabasco. Report of the 2nd National Meeting on Agro and Silvopastoral Systems. CRUSE-UACH and UJAT. Villahermosa, Tabasco, Mexico.
- Grande, D., F. De León, J. Nahed y F. Pérez-Gil. 2010. Importance and function of scattered trees in pastures in the sierra region of Tabasco, Mexico. *Research Journal of Biological Sciences* 5:75-87.
- Harvey, C.A., Villanueva, C., Villacís, J., Chacón, M., Muñoz, D., López, M., Ibrahim, M., Gómez, R., Taylor, R., Martínez, J., Navas, A., Saenz, J., Sánchez, D., Medina, A., Vilchez, S., Hernández, B., Pérez, A., Ruiz, F., López, F., Lang, I., Sinclair, F.L. 2005. Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 111:200-230.
- Jayasundara, H.P.S., Dennett, M.D., Sangakkara, U.R. 1997. Biological nitrogen fixation in *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala* and transfer of fixed nitrogen to an associated grass. *Tropical Grasslands* 31:529-537.
- Liyanage, M.S., Danso, S.K.A., Jayasundara, H.P.S. 1994. Biological nitrogen fixation in four *Gliricidia sepium* genotypes. *Plant and Soil* 161(2): 267-274.
- Maldonado, M., Grande, D., Fuentes, E.E., Hernández, S., Pérez-Gil, F. y Gómez, A. 2008. Los sistemas silvopastoriles de la región tropical húmeda de México: El caso de Tabasco. *Zootecnia Tropical* 26:305-308.
- Murgueitio, R.E. y M. Ibrahim. 2008. Ganadería y medio ambiente en América Latina. En E. Murgueitio, C.A. Cuartas-Caradona, y J.F. Naranjo-Ramírez (Editores). *Ganadería del Futuro*. Fundación CIPAV, Cali, Colombia. p.19-39.
- Nahed, T.J., Gómez, H., Pinto, R., Guevara, F., Medina, F.M., Ibrahim, M. and Grande, D. 2010. Research and development of silvopastoral systems in a village in the buffer zone of the El Ocote Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico. *Research Journal of Biological Sciences* 5:499-507.
- Nahed-Toral, J., Valdivieso-Pérez, A., Aguilar-Jiménez, R., Cámara-Cordova, J. and Grande-Cano, D. 2013. Silvopastoral systems with traditional management in southeastern Mexico: a prototype of livestock agroforestry for cleaner production. *Journal of Cleaner Production* 57: 266-279.
- Nair, P.K.R. 1993. *An introduction to Agroforestry*. Kluwer Academic Publishers and International Center for Research in Agroforestry. The Netherlands. 499 p.
- Otárola, A. 2000. Cercas vivas. En: Méndez, E., Beer, J., Faustino, J. y Otárola, A. (Editores). *Plantación de árboles en línea*. Colección Módulos de Enseñanza Agroforestal No. 1. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 101-130.
- Ruiz, M. 2000. Silvopastoral systems: sustainable option for tropical natural resources, Final Project Report M095, National Commission for Knowledge and Use of Biodiversity, Mexico City, Mexico.
- Soto, P.L., Jiménez, F.G. y De Jong, B. 1997. La agroforestería en Chiapas. El caso de la región Los Altos. En: M.R. Parra-Vázquez y B.M. Díaz-Hernández (Editores). *Los Altos de Chiapas: Agricultura y crisis rural*. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. p. 167-186.
- Villacís, J., Harvey, C., Muhammad, I. y Villanueva, C. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frio, Costa Rica. *Agroforestería de las Américas* 10:17-23.

# Efecto de la densidad de plantación de *Grevillea robusta* A. Cunn. sobre la calidad de la madera en vistas a un uso potencial en sistemas agroforestales

Barth, S. R.<sup>1</sup>; Giménez, A. M.<sup>2</sup>; Joseau, M. J.<sup>3</sup>; Gauchat, M. E.<sup>1</sup>Fassola, H. E.<sup>1</sup>

## Resumen

En ensayos llevados a cabo en la zona sur de la Provincia de Misiones, el crecimiento de *Grevillea robusta* fue afectado por la densidad de plantación. Los tratamientos de menor densidad de plantación presentaron mayor proporción de duramen. El que espaciamientos mayores dieran lugar a mayores crecimientos no fue acompañado por variaciones significativas en las propiedades físicas de la madera obtenida. La densidad básica de la madera fue mayor en el tratamiento de menor espaciamiento pero dicha variación no afectó su uso estructural. Similar comportamiento se observó en la contracción y el hinchamiento volumétrico total, ya que son propiedades ligadas a la densidad básica de la madera. Los resultados obtenidos indicaron que la especie puede ser empleada a menores densidades de plantación en sistemas agroforestales sin afectar la calidad de la madera obtenida.

**Palabras clave:** Manejo forestal. Relación albura-duramen. Densidad básica de la madera. Contracción. Hinchamiento.

## Effect of *Grevillea robusta* A. Cunn. planting density on Wood quality foreseeing a potential use in agro-forest systems

## Summary

In tests conducted in the south of Misiones Province, the growth of *Grevillea robusta* was affected by plantation density. Treatments of lower plantation density showed greater pith formation. The fact that greater spacing improved growth was not followed by significant variation in the physical properties of obtained wood.

Basic density was greater in lower spacing test but this variation did not affected its structural use. Similar behavior was observed in total volumetric shrinkage and swelling as those are properties tied to basic density of wood. Obtained data indicated that the species can be used with lower plantation spacing in agro-forest systems without affectation to the quality of obtained wood.

**Key words:** Forest management, sapwood/heartwood ratio, wood basic density, shrinking, swelling.

<sup>1</sup> INTA EEA Montecarlo. barth.sara@inta.gob.ar, fassola.hugo@inta.gob.ar; gauchat.maria@inta.gob.ar <sup>2</sup>FCF-UNSE. amig@unse.edu.ar <sup>3</sup>FCA-UNC. jajoseau@agro.unc.edu.ar



## Introducción

Al momento de decidir el manejo silvícola que daremos a nuestras plantaciones forestales es importante tener en cuenta el objetivo de la producción. Diferentes densidades de plantación dan lugar a variación en la dimensión de trozas a obtener dado que el crecimiento es influenciado por el espaciamiento (Fassola *et al.* 2004).

Numerosos estudios hacen referencia a cambios en condiciones de microclima (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y condiciones del suelo) relacionadas a variaciones espaciales y temporales dependientes de la densidad de plantación de las especies forestales (Pezzopane *et al.*, 2003, 2007, 2011; Barradas y Fanjul, 1986; Baggio *et al.*, 1997). Este comportamiento da lugar a un desarrollo diferente, no solo a nivel de crecimiento y producción de leño vinculados a patrones diferenciales de acumulación de biomasa (Barth, 2014), sino también a la duraminización y las propiedades físicas de la madera a obtener.

Wilkins (1991), trabajando con *Eucalyptus grandis*, encontró que los tratamientos silvícolas que favorecen un aumento en la tasa de crecimiento dan lugar a un mayor porcentaje de duramen. Cada año el tejido del cambium genera un nuevo conjunto de células que da lugar a un anillo de crecimiento. Los nuevos anillos formados por células jóvenes forman la madera de la albura. Con el paso de los años estos anillos van quedando hacia el interior del tronco como consecuencia de la formación de nuevos anillos anuales en la periferia y las células que los forman sufren un proceso físico químico mediante el cual la madera de albura se transforma en duramen (Esau, 1985).

Generalmente se asume que al aumentar la densidad básica de la madera se mejora su resistencia (Carmona *et al.*, 2000). A pesar de ello, es muy discutido el efecto que el espaciamiento inicial y los aclareos tienen sobre la densidad de la madera. Hay quienes alegan que un incremento en la tasa de crecimiento diamétrico no tiene efecto sobre la densidad básica de la madera (Parker *et al.*, 1976; Davel *et al.*, 2005). Mientras que otros afirman que mayores espaciamientos dan lugar a madera de menor densidad (Erickson y Harrison, 1974). Esta influencia del espaciamiento también fue observada por De Lima *et al.* (2009).

Pryor (1967) y De Lima *et al.* (2009) consideraron que al momento de decidir la densidad inicial de una plantación es

necesario tomar la precaución de considerar la influencia del espaciamiento en la calidad de los productos obtenidos, más aún, al tratarse de una población cuyo objetivo productivo sea madera industrial de rápido crecimiento.

Con el término calidad de madera se hace referencia al conjunto de características de apariencia, físico-mecánicas y químicas exigidas para los distintos usos. A este respecto, la densidad básica es una de las características físicas más utilizadas dada su alta correlación con las propiedades mecánicas de la madera (Muñiz Bolzon, 1993; Velásquez *et al.* 2009).

La caracterización de las propiedades de la madera proporciona información sobre su trabajabilidad en la industria, permitiendo también definir sus potenciales mercados. Entre las características de interés vinculadas a la densidad básica de la madera cabe mencionar a la contracción y el hinchamiento, más aun al considerar a *Grevillea robusta* como una especie de interés potencial para la industria mueblera. Las particularidades halladas en cuanto a propiedades físico-mecánicas y crecimiento aun a bajas densidades de plantación hacen de *G. robusta* una especie de interés para sistemas agroforestales o silvopastoriles.

Si bien en Misiones la actividad agrícola fue tradicionalmente desarrollada a cielo abierto, las características de clima, topografía y suelo hacen que con el paso del tiempo se observen problemas de agotamiento de nutrientes del suelo y erosión hídrica (Cabrera, 1976; Ligier *et al.*, 1990; Piccolo *et al.*, 2012; Toledo *et al.*, 2014). El hecho de incorporar a la actividad agrícola una cubierta de árboles brinda un ambiente más estable protegiendo el suelo y promoviendo un mayor reciclaje de nutrientes. El cultivo de *G. robusta* asociado a actividades agrícolas tradicionales como ganadería, yerba mate, té y otras, brinda al productor la posibilidad de incrementar sus ingresos con madera de calidad de propiedades físicas similares a las obtenidas en plantaciones forestales puras manejadas con mayores densidades de plantación.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la densidad de plantación sobre la calidad de la madera, en términos de proporción de duramen, densidad básica y contracción e hinchamiento en *Grevillea robusta* de 18 años de edad implantada en la zona sur de la Provincia de Misiones, Argentina.

## Materiales y métodos

Se trabajó en un ensayo de *Grevillea robusta* instalado por INTA en vinculación con la empresa Danzer Forestaciones S.A., actualmente perteneciente a la empresa Garruchos

Forestal S.A. El ensayo se estableció en 1994 en Posadas, zona Sur de la Provincia de Misiones, bajo distintas densidades de plantación (tabla 1).

Tabla 1. Espaciamiento y densidades iniciales de plantación del ensayo de *Grevillea robusta* A.

Tratamiento	espaciamiento(m)	Densidad (árboles/ha)
1	2,5 x 2,65	1500
2	3,7 x 3,60	750
3	5,2 x 5,10	375
4	7,9 x 7,85	162

Todos los tratamientos sufrieron 4 podas con remoción del 30 % de la copa hasta llegar a una altura de base de copa verde mínima de 4 metros.

En los 4 tratamientos estudiados, siguiendo la metodología propuesta por Köhler *et al.* (2006), en el año 2012, a partir de un muestreo aleatorio estratificado, se aparearon 6 individuos por cada densidad de plantación, considerándose 2 ejemplares de cada estrato (dominante, codominante y dominado). Se consideraron 4 tratamientos (desde 1500 a 162 árboles/ha) descriptos en la tabla 1.

Para la determinación de la relación albura-duramen y densidad básica de la madera se trabajó con discos provenientes de diferentes alturas de cada uno de los árboles apeados. Para ello, tras el lijado de los discos, se obtuvieron imágenes digitalizadas a fin de visualizar los límites de albura y duramen a través de diferencias en la coloración (Moglia *et al.*, 2011). La medición de área de albura y duramen se realizó a través del software procesador de imágenes UTHSCSA "Image Tool" para Windows versión 3.0 (Wilcox *et al.*, 2002) previamente calibrado. Para la evaluación de posibles diferencias entre los distintos tratamientos, la relación albura-duramen se expresó en forma porcentual.

Para el cálculo de la densidad de madera se emplearon probetas cúbicas de 2 cm de lado logradas de listones de un largo equivalente al diámetro de los discos obtenidos (IRAM 9544, 1973). La densidad básica (db) se obtuvo como:  $db = Pa / Vh$ , donde, Pa es el peso anhidro y Vh es el volumen de la probeta al contenido de humedad máximo. El volumen de las probetas se calculó a través del principio de Arquímedes, ya que es considerado uno de los más prácticos y precisos. El peso anhidro de probetas se obtuvo por pesaje tras secado a estufa hasta peso constante a una temperatura de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ .

La contracción y el hinchamiento fueron evaluados en trozas de 0,70 m retirada para tal fin tras la primer troza aserrable. Para esta determinación se obtuvieron probetas de 2 cm de sección por 5 centímetros de longitud según norma IRAM n° 9543 (1966). Las probetas fueron cortadas de tal manera de poder evaluar contracción e hinchamiento en los sentidos radial, tangencial y longitudinal (axial). Las mediciones fueron realizadas con calibre digital (precisión 0,01 mm). Al hablar de contracción e hinchamiento total se consideró lo sucedido desde el estado saturado al anhidro. La contracción total se calculó como:  $CT = ((Ls - Lo) / Ls) \cdot 100$ , donde, C es la contracción total expresada en porcentaje, Ls es la longitud saturada y Lo es la Longitud anhidra, enunciadas ambas en centímetros.

El hinchamiento se calculó como:  $H = ((Ls - Lo) / Lo) \cdot 100$ , donde, H es el hinchamiento máximo, enunciado en porcentaje, Ls es la longitud saturada y Lo es la longitud anhidra, ambos expresados en centímetros.

La contracción volumétrica total y el hinchamiento volumétrico total hacen referencia a la sumatoria en sentido radial, tangencial y longitudinal de la contracción total y el hinchamiento total, respectivamente.

Las trozas y discos de todos los árboles fueron identificados mediante plaquetas metálicas con datos de tratamiento, número de árbol, altura desde la base y fecha de recolección.

Los análisis estadísticos fueron realizados con el software InfoStat (2014). Para la determinación de diferencias significativas entre tratamientos se trabajó con modelos lineales generalizados y mixtos considerando como efectos fijos al tratamiento y la posición de la probeta y como efecto aleatorio al árbol. Para la realización de las comparaciones múltiples de medias y contrastes se utilizó el procedimiento DGC (Di Rienzo, *et al.*, 2002). Todos los análisis fueron realizados con un nivel de significación del 5 %.

## Resultados y discusión

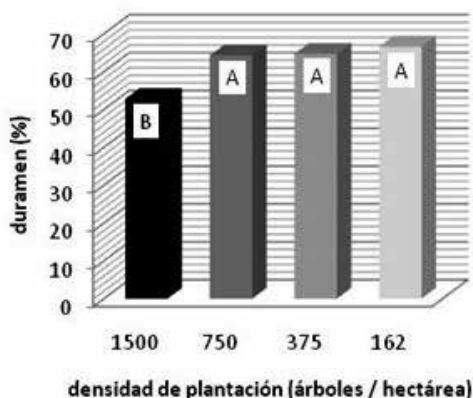


Figura 1. Duramen de madera de *Grevillea robusta* en función al número de árboles por hectárea. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

La proporción de albura/duramen en *Grevillea robusta* estuvo influenciada por la densidad de plantación (figura 1). El porcentaje de duramen se redujo de un promedio de 65% en densidades de plantación de 162 a 750 árboles por hectárea y a 53% con 1500 árboles por hectárea. La proporción de albura y duramen suele estar influenciada por el espaciamiento entre árboles u otras prácticas silviculturales. Wilkins (1991) encontró que los tratamientos silvícolas que favorecen un aumento en la tasa de crecimiento, esto se ve reflejado en un mayor porcentaje de duramen de *E. grandis* (Winck *et al.*, 2012). Los ensayos realizados en madera aserrada de *Grevillea robusta* dieron como resultado una densidad básica de 0,48 a 0,52 g/cm<sup>3</sup> (figura 2a), no evidenciando diferencias significativas entre 162 y 750 árboles/ha, pero sí entre estas densidades y 1500 árboles/ha. En 1972, Skolmen estudiando *Eucalyptus robusta* determinó que no existía una relación notoria entre la densidad de plantación y el peso específico de la madera. En *Pinus taeda* Martiarena *et al.* (2014) hacen referencia a que diferentes espaciamientos dados como consecuencia de la implementación de raleos no tuvieron influencia en la densidad

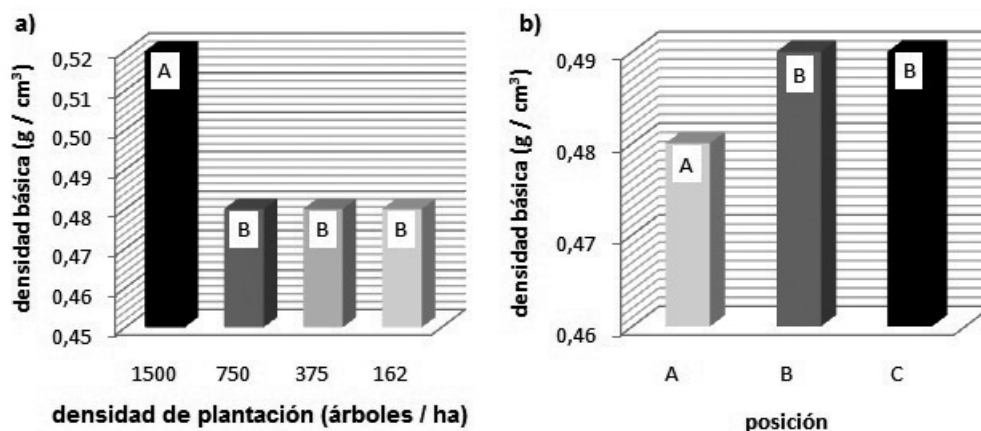


Figura 2. Densidad básica de la madera de *Grevillea robusta* en función: a) al número de árboles por hectárea y b) a la distancia radial desde la médula expresada como posiciones A, B y C. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

básica de la madera, aunque sí influyeron en el crecimiento de los árboles.

No se evidenciaron diferencias de la densidad básica de la madera en sentido radial (desde el interior hacia la periferia de la troza), con excepción de la sección de médula en la que también se produjeron rajaduras en tablas aserradas. La densidad básica observada pasó de una media de 0,48 g/cm³ en zona de médula a 0,49 g/cm³ en el resto de la sección (figura 2b). En contraposición a lo hallado en *Grevillea robusta*, estudios realizados confirman la existencia de un notorio gradiente positivo de densidad básica de médula a corteza en *Eucalyptus regnans* (Chafe, 1986); *Eucalyptus saligna* (De Bell *et al.*, 2001); *Eucalyptus grandis* (Tomazello, 1985; Wink *et al.*, 2013). En *Pinus taeda* (Barth *et al.*, 2012) notaron que la densidad básica tendió a aumentar desde la médula hasta el séptimo anillo de crecimiento ten-

diendo a estabilizarse de ahí hacia la periferia.

En cuanto a la contracción volumétrica total (sentido radial, tangencial y axial, desde el estado saturado al anhidro) no se evidenciaron diferencias ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos de 162 a 750 árboles/ha, pero sí entre estos y el tratamiento de 1500 árboles/ha con valores de 11,0 a 13,4 % respectivamente (figura 3). Idéntica tendencia se presentó en el hinchamiento volumétrico total. En 1991 Tsoumis afirmó que la magnitud de la contracción de la madera es mayor a mayor densidad básica. En consonancia, en *Grevillea robusta*, a una mayor densidad básica (1500 árboles/ha) se dio la mayor inestabilidad dimensional de la madera. Los valores de contracción de *Grevillea robusta* son superiores a los hallados para *Pinus taeda* que menciona una contracción volumétrica total promedio de 9,95% con un gradiente decreciente hacia las menores densidades tras la aplicación de raleos (Winck, 2013).

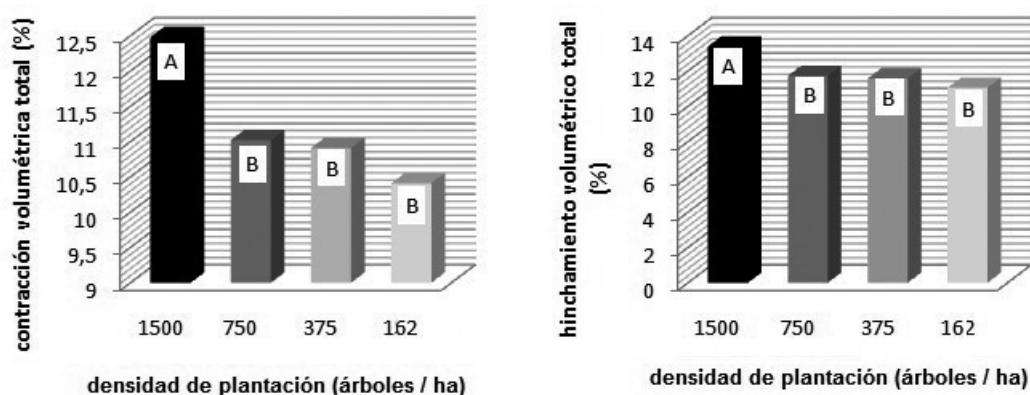


Figura 3. Contracción e hinchamiento volumétricos totales en madera de *Grevillea robusta* a diferentes densidades de plantación. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

## Conclusiones

Dadas las condiciones experimentales del presente estudio, y considerando los resultados obtenidos, se puede concluir que la proporción de duramen en *Grevillea robusta* se vio afectada por la densidad de plantación, reportando los valores más bajos a 1500 árboles/ha. Las demás densidades no tuvieron influencia significativa entre sí.

La densidad básica de la madera de *Grevillea robusta*, no presentó variación en sentido radial, con excepción de la zona central cercana a la médula en la que el valor hallado fue menor.

Considerando la densidad inicial de plantación, a 1500 árboles/ha la densidad básica de la madera fue mayor, no exis-

tiendo diferencias entre los demás tratamientos. Idéntico comportamiento se presentó en contracción volumétrica total y el hinchamiento volumétrico total.

La madera de *Grevillea robusta* no evidencia diferenciación de comportamiento entre 162 y 750 árboles por hectárea. Cualquiera fuere la densidad de plantación adoptada dentro de ese rango no influye en sus propiedades. Por ende, la especie tiene potencial para la implementación de un sistema agroforestal combinando el desarrollo de fuste maderable de alto valor con el desarrollo del estrato herbáceo con miras a la implementación de un sistema silvopastoril.

## Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración del personal de apoyo de INTA EEA Montecarlo: Diego Aquino, Lucas Giménez y Otto Knebel. Se contó además con la colaboración del Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones a través de la Ing. M. Sc. Teresa Suirezs y la alumna Adelaida Bragagnolo. El presente trabajo contó con financiamiento del Proyecto PIA 10051, Componente Plantaciones Forestales Sustentables, Proyecto MSR-NBIRFLN 7520 AR.

**Nota:** La información publicada es resultado parcial de la tesis doctoral en elaboración de la Ing. Ftal. M. Sc Sara Regina Barth.

## Bibliografía consultada

- Baggio, A. J.; Caramori, P. H.; Androcioli, A.; Montoya, L. 1997. Productivity of southern Brazilian coffee plantations shaded by different stockings of *Grevillea robusta*. *Agroforestry Systems*, v. 37, n. 2, p. 111-120.
- Barradas, V. L.; Fanjul, L. 1986. Microclimatic characterization of shaded and open-grow coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in Mexico. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 38, n. 1-3, p. 101-112.
- Barth, S. R.; Fassola H. E.; Crechi, E.; Keller, A.; Winck, R. A.; Figueredo, E. I.; Knebel O. E. 2012. Densidad de la madera de *Pinus taeda* L. implantado en la zona Misiones – Noreste Corrientes, Argentina, en sentido longitudinal y transversal. Cd Actas 15<sup>as</sup>. Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA. Eldorado, Misiones, Argentina.
- Barth, S. R. 2014. Presentación Avance Tesis Doctoral: Efectos de la densidad de plantación sobre la biomasa aérea y las propiedades físicas de la madera de *Grevillea robusta* A. reunión Comité Académico. FCA-UNC. Córdoba. Argentina.
- Cabrera, A. L. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. 2ª Edición. Tomo II. Fascículo I. Acme S.A.C.I., Buenos Aires. Argentina. 85 pp.
- Carmona R., Espinoza F. y Bull C. 2000. Influencia de la densidad de la madera en la encolabilidad de *Pinus radiata* D. Don. *Revista Ciencias Forestales*, Universidad de Chile. 14:55-63.
- Chafe, S. C. 1986. Radial variation of collapse, volumetric shrinkage, moisture content and density in *Eucalyptus regnans*. *F. Muell. Wood Science and Technology* 20: 253-262.
- Davel M., Jovanovski A. y Bell D. 2005. Densidad básica de la madera de Pino oregón y su relación con las condiciones de crecimiento en la Patagonia Andina Argentina. *Revista Bosque* 26 (3):55-62.
- De Bell, D.S.; Keyes, C.R.; Gartner, B.L. 2001. Wood density of *Eucalyptus saligna* grown in Hawaiian plantations: effects of silvicultural practices and relation to growth rate. *Australian Forestry* 64 (2): 106-110.
- De Lima I. L., Monteiro Borges Florsheim S. e Longui E. L. 2009. Influência do espaçamento em algumas propriedades físicas da madeira de *Tectonagrandislinn*. *Lavrás. Brasil. Cerne* 15 (2) 244:250.
- Di Rienzo, J. A.; Guzmán, A. W.; Casanoves, F. 2002. A Multiple Comparisons Method based on the Distribution of the Root Node Distance of a Binary Tree. *Journal of Agricultural, Biological, and Environment Statistics*, 7(2):1-14.
- Erickson H. D. and Harrison T. H. 1974. Douglas-fir wood quality studies. Effects of age and stimulated growth on wood density and anatomy. *Wood Science and Technology* 8:207-226.
- Esau, K. 1985. Anatomía vegetal. Editorial OMEGA. S. A. Barcelona. España. 779 pp.

- Fassola, H.E.; Moscovich, F.A.; Domecq, C.M.; Ferrere, P.; Lacorte, S.M.; Hampel, H.; Maletti, C.; Alegranza, D. 2004. Regulación de la densidad en rodales de *Grevillea robusta* A. Cunn. para la producción de madera de calidad y forraje en el sur de la provincia de Misiones. RIA 33 N°1, abril de 2004. Páginas 15-38.
- InfoStat. 2014. Software desarrollado por: Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez L.; Tablada, M.; Robledo C.W. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- IRAM 9543. 1966. Método de determinación de las contracciones totales, axial y tangencial y el punto de saturación de las fibras. Instituto Argentino de Racionalización de materiales. 10 pp.
- IRAM 9544. 1973. Norma para métodos de determinación de densidad aparente en maderas. Instituto Argentino de Racionalización de materiales. 10 pp.
- Köhl M., Magnussen S. and Marchetti M. 2006. Sampling Methods, Remote Sensing and GIS. Multiresource Forest Inventory. Ed. Springer. Berlin. Heidelberg. Serie Tropical Forestry, pp. 17-69.
- Ligier, H.D., Matteo, H.R., Polo, H.L., Rosso, J.R. (1990). Provincia de Misiones. In: Atlas de Suelo de la República Argentina, Vol II. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Pto.PNUD ARG.85/019 INTA.
- Muñiz Bolzon G. 1993. Caracterização e desenvolvimento de Modelos para estimar as propriedades e o comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. E *Pinus taeda* L. Tese doutoral em Ciências Florestais. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil. 252 pp.
- Parker M. L., Hunt K., Warren W. and Kennedy R. 1976. Effect of thinning and fertilization on intra-ring characteristics and kraft pulp yield of Dougals-fir. XXVIII Applied Polymer Symposium. Pp. 1075-1086.
- Pezzopane, J. R. M.; Pedro Júnior, M. J.; Gallo, P. B. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/banana. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 11, n. 3, p. 256-264, 2007.
- Pezzopane, J. R. M.; Souza, P. S. de; Rolim, G.; Gallo, P. B. Microclimate in coffee plantation grown under grevillea trees shading. Acta Sci., Agron.(Online).2011, vol.33, n.2, pp. 201-206. ISSN 1807-8621.
- Pezzopane, J.R.M.; Júnior, MJP.; Thomaziello, RA.; Camargo, MBP. 2003. Metodologia e Técnica Experimentais. Escala para Avaliação de Estádios Fenológicos do Cafeeiro Arábica. Bragantia, Campinas 62(3): 499-505
- Piccolo, G. A.; Goya, J. F.; Grangi J. L.; Arturi M. y Vaccaro S. 2012. Revista Compartiendo Tecnología. Año II n°1. INTA Cerro Azul. Misiones. Argentina. Evaluación de indicadores de calidad desuelo en ecosistemas de Misiones.
- Pryor L. D. 1967. *Eucalyptus* in plantations: Present and future. En: FAO World Symposium on man made forests and their industrial importance, Canberra. Australia Proceeding. V. 2:993-1008.
- Skolmen, Roger G. 1972. Specific gravity variation in *robusta eucalyptus* grown in Hawaii. Berkeley, Calif., Pacific SW. Forest & Range Exp. Stn., 7 p., illus. (USDA Forest Serv. Res. Paper PSW-78).
- Toledo, D. M.; Galantini, J. A.; Ferreccio, E.; Arzuaga, S.; Gimenez, L. y Vázquez, S. 2014. Indicadores e índices de calidad en suelos rojos bajo sistemas naturales y cultivados. Ciencias del suelo. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. V. 31, n. 2. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672013000200006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672013000200006&script=sci_arttext). Acceso: en 05 sept. 2014.
- Tomazello, M. 1985. Variacao radial da densidade básica e da estrutura anatómica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. IPEF 29: 37-45.
- Tsoulis, G. 1991. Science and technology of wood: structure, properties, utilization. New York: Van Nostrand Reinhold. 494 pp.
- Velásquez J., Toro M. E., Gómez L., Terzo F. M. and Márquez A. 2009. Axial and radial variation pattern in the specific gravity of the wood of *Erisma uncinatum* Warm. Revista Interciencia 34 (12): 873-879.
- Winck, R. A.; Fassola, H. E.; Barth, S. R.; Keller, A. E.; Crechi, E. H. 2013. Variación de la densidad básica de *Eucalyptus grandis* para diferentes edades y zonas agroecológicas de la región mesopotámica. Cd Actas IV Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Iguazú. Misiones. Argentina.
- Winck, R.A. 2013. Influencia del raleo sobre las características anatómicas y las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Pinus taeda* L. de la región NE de la Argentina. Tesis de Maestría. 102 pp.
- Wilcox, C.D., Dove, S.B., Mc David, W.D. and Greer, D.B. 2002. UTHSCSA Image Tool. Disponible en: <http://compdent.uthscsa.edu/dig/itdesc.html> (Acceso: Febrero 2014).
- Wilkins, A.P., 1991. Sapwood heartwood and bark thickness of silviculturally treated *Eucalyptus grandis*. Wood Sci. Technol. 25 (6), 415-423. Resumen Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search/display.do?f=1992%2FUS%2FUS92184.xml%3BUS9179664> (09-04-12).

# Prácticas culturales de implantación de sauces en la Depresión del Salado

Lorea, L.<sup>1</sup>, Laclau P.<sup>2</sup>,

## Resumen

La plantación de sauces bajo sistemas silvopastoriles constituye una estrategia promisorio para aumentar los rendimientos y diversificar la producción en la Depresión del Salado. En este estudio se sistematizaron las tareas de implantación de sauces aplicadas durante 3 años para instalar sistemas silvopastoriles en distintos ambientes bajos característicos de la región. Se evaluó la supervivencia de los clones en diferentes ambientes; estas observaciones se complementaron con el análisis de las tareas realizadas y de las condiciones climáticas que atravesaron las plantaciones. Los clones de mejor comportamiento en *bajos dulces* fueron los cultivares “Barrett 13-44 INTA”, “NZ 26992” de *Salix matsudana* x *S.alba* y *S.Nigra* “Alonzo 4 INTA”. En *bajos moderadamente salinos*, *S. matsudana* x *S.alba* “Barrett 13-44 INTA” y *S. babylonica* x *S.alba* “Ragonese 131-27” presentaron una respuesta aceptable. En *bajos salinos*, ambos cultivares de *S. matsudana* x *S.alba* tuvieron una supervivencia relativamente mayor que otros clones.

Se discute acerca de las dificultades de implantación en sitios adonde las limitantes acotan y restringen las posibilidades de intervención. Finalmente se proponen algunos criterios de intervención para iniciar una forestación, según distintas situaciones: (i) *bajo dulce en año húmedo*; (ii) *bajo dulce en año seco*; (iii) *bajo (moderadamente) salino en año húmedo*, y (iv) *bajo (moderadamente) salino en año seco*.

**Palabras clave:** *bajos, hidromórficos, sauce, manejo, sistemas silvopastoriles*

## Cultural practices for willow tree plantation to the Salado Depression

## Abstract

The willow plantation under silvopastoral systems is a promising strategy to increase yields and diversify production in Salado Depression. In this study implementation tasks for willow plantations applied over 3 years to install silvopastoral systems in different lowlands and floodplains, characteristic environments of the region, were systematized. Survival of clones was assessed and complemented by the analysis of the tasks performed and the climatic conditions. Cultivars of better performance in “sweet” floodplains were “Barrett 13-44 INTA”, “NZ 26992” *Salix matsudana* x *S.alba* and *S. Nigra* “Alonzo 4 INTA”. In moderately saline lowlands, *S. matsudana* x *S.alba* “Barrett 13-44 INTA” and *S. babylonica* x *S.alba* “Ragonese 131-27” presented an acceptable response. At salty lowlands, both cultivars of *S. matsudana* x *S.alba* had relatively higher survival than other clones.

The difficulties of implementation at sites where the constraints delimit and restrict the possibilities of intervention are discussed. Finally some intervention criteria are proposed to start an afforestation, according to different alternatives: (i) “sweet” floodplain, wet year; (ii) “sweet” floodplain, dry year; (lii) moderately saline lowland, wet year, and (iv) moderately saline lowland, dry year.

**Key words:** *floodplains, hydromorphic, willow, management, silvopastoral systems*

<sup>1,2</sup> INTAAE Tandil, Rodríguez 370, (7000) Tandil, Arg., <sup>2</sup>laclau.pablo@inta.gob.ar;

## Introducción

En la Depresión del Salado, provincia de Buenos Aires, predominan suelos hidrohalmórficos caracterizados por baja permeabilidad (INTA, 1977), salinidad y napa freática elevada (Paruelo y Sala, 1990). Esta situación supone limitaciones para la actividad agrícola, por lo que el manejo de la región ha sido tradicionalmente ganadero (Rojas y Vázquez 2008). La plantación de sauces bajo sistemas silvopastoriles constituye una estrategia promisorio para aumentar los rendimientos y diversificar la producción. A diferencia de las forestaciones densas, estos sistemas arbóreos tendrían efectos positivos sobre las condiciones ambientales y forrajeras para la ganadería, complementándose con otras actividades prediales y generando a la vez bienes y servicios ambientales poco tangibles o menos visibles por la sociedad (Oliveira Neto, 2010; Pagiola et al., 2004; Jose et al., 2000).

En general las buenas prácticas silvícolas para la plantación asignan importancia central a (i) *selección del sitio* y de *clones/especies*, (ii) *preparación*, (iii) *plantación* y a (iv) *prácticas culturales post-plantación* (Cozzo, 1978, 1967, 1964; Ottone, 1978). En líneas generales, se recomienda evitar sitios con poca profundidad efectiva, problemas de salinidad/alcalinidad, inundación durante períodos prolongados, y napa freática cercana a superficie. Las especies deberían mostrar adaptación y buenas características morfológicas. Las prácticas corrientes de *preparación* se centran en la remoción del suelo para mejorar su estructura física y eliminar vegetación competitiva, complementada con la aplicación de herbicidas. El control de hormigas resulta normalmente insoslayable, así como el cercado perimetral para exclusión de ganado. La *plantación* se realiza tradicionalmente en invierno en el caso de estacas y plantas a raíz desnuda mediante hoyadomanual con pala o con barreta plantadora para el caso de estacas. Las *prácticas post-plantación* comprenden al conjunto de tareas tendientes a favorecer el establecimiento del cultivo, como la reposición de fallas, el control de plagas y malezas, y en algunos casos, riego.

En la Depresión del Salado, los sitios de mejor condición son

destinados a agricultura mientras que los sitios con posibilidades de uso forestal son aquellos reservados para la actividad ganadera. Dentro de ellos se encuentran limitantes por escasa permeabilidad, napa freática alta y distintos niveles de salinidad, en ambientes de *medias lomas, bajos dulces y bajos salinos/alcalinos*, con presencia de arcillas cercanas a superficie, y salinidad o alcalinidad crecientes en profundidad (Rodríguez y Jacobo, 2012).

En el caso de los sauces, la plantación es un proceso crítico, ya que las características que limitan la agricultura en estos sitios serían también limitantes para la instalación de árboles. No existen antecedentes sistematizados de prácticas de cultivo para la forestación, aunque hay experiencias de productores basadas en la oportunidad y los medios disponibles en cada caso. La presencia de horizontes salinos, hacen inconveniente la roturación de los suelos. Por otra parte, como las plantaciones se realizan en el período de reposo vegetativo, los suelos suelen saturarse de agua o inundarse, lo que dificulta en extremo el tránsito de maquinaria agrícola. Por ello, fuera del eventual control de hormigas o del quemado previo del pajonal, no se han registrado otras tareas asociadas a la preparación del sitio para plantar sauces (Villaverde, R.; com. pers.). La plantación de árboles básicamente ha consistido en el clavado de estacones de sauce sobre suelos totalmente inundados, en casos realizado desde botes, a caballo, o con asistencia de maquinaria pesada (Villaverde, R., com. pers.; Sánchez, S., com. pers.). En sitios no inundados, se han utilizado barretas para clavar las estacas.

En este estudio se sistematizaron las tareas de preparación y plantación aplicadas en ensayos a escala durante 3 años de cultivo para la instalación de sistemas silvopastoriles con sauces en suelos hidromórficos e hidrohalmórficos característicos de la región. El análisis de la supervivencia de plantas en los distintos sitios y el seguimiento en el terreno de esas experiencias, se utilizaron para proponer una silvicultura de plantación apropiada para los ambientes descriptos.

## Materiales y Métodos

Con la finalidad de instalar áreas demostrativas de uso silvopastoril con manejo ganadero se iniciaron plantaciones entre 2012 y 2014 con distintos clones de sauces, y en parcelas menores, con álamos, eucaliptos y otras latifoliadas. Las plantaciones se localizaron en distintos lotes de la estancia El Callejón S.A., ubicada en las márgenes del Río Salado, partido de Castelli, Buenos Aires. En 2012 se plantaron 4 ha con mediana densidad de plantas (4 x 4 m) en tres lotes; uno en el borde de una laguna (lote Ñ en ambiente de bajo dulce, BD), otro en un sector del lote 10 (bajo anegable moderadamente salino, BMS), y otro en un sector bajo salino-alcalino

(lote 15, BS). Se ensayaron 6 clones de sauces y 4 de álamos. Al año siguiente se plantaron 15 ha con cuatro clones de sauce y uno de álamo en dos ambientes del lote 4: BMS y BD. También la densidad de plantación fue intermedia (5 x 4 m). Finalmente en 2014 se plantó el remanente del lote 10 (BMS) de 28 ha con diseño en franjas de 18 m de pastizal natural alternando con filas dobles (3 x 5 m) de dos clones de sauces. En el perímetro del lote se plantó también en una fila, alternando sauces y álamos. Las características de cada plantación anual por ambiente y las tareas realizadas se indican en la Tabla 1.

## Area 1: Producción agropecuaria y forestal en los sistemas silvopastoriles y agroforestales

Tabla 1. Plantaciones de sauces y álamos realizadas en El Callejón S.A. durante los años 2012, 2013 y 2014. Se indican los ambientes plantados, los clones/ especies, las tareas de preparación de sitio, plantación y labores culturales post plantación

AÑO/ PLANTACIÓN	AMBIENTES		
	BAJO DULCE	BAJO MOD.SALINO	BAJO SALINO
Año 2012			
Superficie	LOTE Ñ=1,3 ha	LOTE 10=1,3 ha	LOTE 15=1,3 ha
Clones	Salix matsudana x S.alba "Barrett 13-44 INTA", "NZ 26992"; S.Nigra "Alonzo 4 INTA"; S. babylonica x S.alba "Ragonese 131-25"; S.alba "Yaguareté INTA-CIEF"; S.matsudana x S. nigra "Lezama INTA-CIEF"; Populus x canadensis "Conti 12"; P. deltoides "Stoneville 66"; Populus alba; Populus x canadensis "Ragonese 22"		
Preparación del sitio	Demarcación de perímetro y líneas de plantación con brújula, estacas, cinta métrica		
	Desmalezado mecánico	Cercado perimetral. Pastoreo intensivo otoñal+ aplicación terrestre herbicidas post emergente a cobertura total (glifosato 48%, 2 l/ha + 2,4-D, 700 cc/ha)	
		Destrucción localizada de hormigueros	
Plantación	Macizo de mediana densidad, 4x4m (625 pl/ha). Barbados (4 clones de sauce), con hoyado a pala / estacones de 0,8 m (a 0,4 m profundidad), y estacas 0,4 m (a 0,25 m profundidad), hoyado con barreta / adición de gel+ tierra negra en todos los casos		
Tareas culturales post plantación		1er año:Aplicación localizada en hoyas de herbicidas postemergentes (Clopiralid 36%, 15 cc/10 l H <sub>2</sub> O + Haloxifop 3%, 100cc/10 l H <sub>2</sub> O) + insecticida de contacto (Alfame trina 15%, 5 cc/ 10 l H <sub>2</sub> O) . 1er, 2°, 3er año: Cebo tóxico para hormigas	
	Reposición de fallas en 2013 con estacas de Salix matsudana x S.alba "Barrett 13-44 INTA"; S.Nigra cv Alonzo 4; S. alba "Yaguareté INTA-CIEF"; S. matsudana x S. nigra "Lezama INTA-CIEF"	Reposición de fallas en 2013 con estacas de Salixmatsudana x S. alba "Barrett 13-44 INTA"; S.Nigra cv Alonzo 4; S. alba "Yaguareté INTA-CIEF"; S. matsudana x S. nigra "Lezama INTA-CIEF"	Reposición parcial de fallas en 2013 con estacas de Salix matsudana x S.alba "Barrett 13-44 INTA"; S.alba "Yaguareté INTA-CIEF"
Año 2013			
Superficie	LOTE 4=6,2 ha	LOTE 4=10,8 ha LOTE 10= 1,6 ha	
Clones	S.Nigra"Alonzo 4 INTA" (3,1 ha); S.alba "Yaguareté INTA-CIEF" (2 ha); S. matsudana x S. nigra "Lezama INTA-CIEF" (1,1 ha)	LOTE 4: Salixmatsudana x S.alba"Barrett 13-44 INTA" (6,3 ha);S. babylonica x S.alba"Ragonese131-25" (0,9 ha),"Ragonese131-27" (1,2 ha);Populusxcanadensis"Ragonese 22" (2,4 ha, fallado al 1er año) LOTE 10: Salixmatsudana x S.alba"Barrett 13-44 INTA"; S.alba "Yaguareté INTA-CIEF"; S. matsudana x S. nigra "Lezama INTA-CIEF"; Populus alba; Populus x canadensis "Ragonese 22"	
Preparación del sitio	Aplicación herbicida postemergente (2,4-D, 1 l/ha) a fin de verano, sobre ryegrass premacollaje Cercado perimetral. Demarcación por subsolado superficial (0,25 m) labrando las líneas de plantación + aplicación de herbicida pre post-emergente en bandas (Glifosato 48%, proporcional a 2 l/ha + Oxyfluorfen 24%, proporc. a 1 l/ha + Acetoclor 90%, proporc. a 1 l/ha Destrucción localizada de hormigueros		
Plantación	Macizo de mediana densidad, 5x4m (500pl/ha). Plantación manual de estacas de 0,5 m (a 0,25 m profundidad), y guías de 1,25 m (a 0,25 m de profundidad), clavadas u hoyadas con barreta		
Tareas culturales post plantación	1er año: Aplicación en bandas con herbicida post-emergente (Clopiralid 36%, 15 cc/10 l H <sub>2</sub> O + Haloxifop 3%, 100cc/10 l H <sub>2</sub> O) + insecticida de contacto (Alfame trina 15%, 5 cc/ 10 l H <sub>2</sub> O) Cebo tóxico para hormigas. 2° año: Aplicación aérea de insecticida de contacto (Alfame trina 15%, 100 cc/ha). Cebo tóxico para hormigas (2° año)		
Año 2014			
Superficie		LOTE 10=20 ha	
Clones		Salix matsudana x S.alba "Barrett 13-44 INTA"; S. alba "Yaguareté INTA-CIEF"	
Preparación del sitio		Cercado perimetral. Pastoreo en verano previo, luego anegado totalmente 4 meses antes de plantación	
Plantación	Plantación alternando franjas de pastizal de 20 con filas dobles, 3x5 m (200pl/ha) con guías de 1,1 m y estacas de 0,5 m (a 0,25 m de profundidad) clavados u hoyados con barreta		
Tareas culturales post plantación		Cebo tóxico para hormigas Aplicación aérea de insecticida de contacto (Alfame trina 15%, 100 cc/ha)	



### *Selección de sitio y de clones/ especies*

Para la selección de sitios se evaluó la topografía del terreno clasificando zonas de terreno alto, medio y bajo (Casaubon et al., 2012), y tomando muestras compuestas de suelo a dos profundidades en cada sector para determinar sus propiedades físico químicas. Las comunidades vegetales presentes se consideraron como elemento orientador para la clasificación de ambientes. Los pasos seguidos para zonificar la forestación y seleccionar los clones más adecuados a los distintos sitios, y la cartografía descriptiva realizada, fueron descriptos por Domínguez Daguer y Laclau (2014). Como resultante de estos estudios los ambientes a plantar fueron zonificados como ambientes de bajo dulce (Argiacuoles) (BD), bajo moderadamente salino (BMS) y bajo salino a salino-alcalino (BS) (Argialboles, Natralboles y Natracualfs). En función de las limitantes edáficas de los sitios se ensayaron 10 clones de sauces y álamos durante el primer año, elegidos en base a revisión bibliográfica, a sugerencias de especialistas de INTA EEA Delta del Paraná, y a experiencias previas del campo (Caset, 2010). En los años subsiguientes se eligieron aquellos clones que evidenciaron mejor supervivencia (Laclau et al., 2014) (Tabla 1).

### *Preparación del sitio*

La demarcación del terreno y de líneas de plantación se realizó con jalones, estacas, brújula y cinta métrica. En la plantación de 2013 (lote 4) se marcaron las líneas de plantación pasando un subsolador a 20 cm de profundidad, en cuyo chasis se adaptó un equipo para la aplicación de herbicidas en franjas (Lorea y Villaverde, 2014) (Figura 2). Los cercos existentes fueron reacondicionados y en algunos lotes parcialmente utilizados, se excluyó al ganado mediante el tendido de alambrados electrificados.

En función de las condiciones de enmalezado y transitabilidad, se aplicaron herbicidas post-emergentes a cobertura total

o en bandas (Figura 2), según lote y año de plantación (Tabla 1). En todos los casos el pastizal se había pastoreado entre 2 y 6 meses antes.

El control de hormigas cortadoras se realizó mediante la ubicación y destrucción directa de hormigueros del lote, y la aplicación periódica de cebo en gránulos.

### *Plantación*

El material de plantación, de viveros certificados del Delta del Paraná; de INTA, Estación Forestal 25 de Mayo y del vivero municipal de Cazón, fue preclasificado en origen según tamaño. En el campo, las guías (y los barbados) se mantuvieron en un tanque australiano para preservar su hidratación. El tiempo transcurrido desde la salida de origen hasta la plantación no superó los 20 días. Las estacas se prepararon con machete descartando extremos de guías. Las medidas de estacas, estacones y guías fueron: 0,5 m; 0,8 m y 1,25 m respectivamente. Se pintó un extremo para identificar los clones y conservar la polaridad de yemas, y se armaron atados para su distribución en el terreno.

La plantación de barbados (año 2012, Tabla 1) se realizó a pala (hoyo de 25 cm y un volumen aproximado de 12 dm<sup>3</sup>) agregándose tierra negra no salina y gel agrícola (Laclau et al., 2014). El material de estacas y guías fue plantado por clavado directo u hoyado con barreta, y salvo en la plantación de 2012, sin agregado de tierra o gel. La profundidad de plantación fue de 20-25 cm, excepto en el sector ensayado al primer año (2012) con estacones, que se plantaron a una profundidad de 40 cm. Las densidades de plantación oscilaron entre 200 y 625 pl/ha según sitio y año, bajo diseño regular (Tabla 1).

### *Tareas culturales post plantación*

El control de hormigas se realizó destruyendo nuevos hormigueros, y con aplicación de cebos a base de Sulfluramida. Ocasionalmente se utilizó Alfametrina, aplicándose con mo-



Figura 1. Izq.: labranza y demarcación de líneas de plantación con subsolador de arrastre. Sobre el chasis se instaló un equipo de pulverización liviano para aplicación localizada de herbicidas en fajas a lo largo de las líneas. Der: surcos de subsolado y fajas de pasto seco por efecto de herbicidas a los 10 días de aplicación de glifosato.

chila o en forma aérea cuando no hubo piso suficiente (primavera de 2014). Por problemas de anegamiento, las malezas fueron controladas solo parcialmente, mediante pulverizaciones dirigidas a las hojas de plantación, con mochila o equipo de arrastre adaptado al subsolador (Figura 1).

#### Supervivencia y evaluación

La supervivencia de los distintos clones se evaluó mediante

recuento de plantas vivas y muertas en los distintos lotes y ambientes. Estas observaciones se complementaron con el análisis de las tareas de campo -realizadas personalmente por los autores de este artículo-, y de las condiciones climáticas. La supervivencia lograda -que vincularía la calidad del sitio con los clones probados y las prácticas culturales realizadas-, se observó a los 14 y 17 meses post-plantación para las plantas establecidas en 2012 y 2013, respectivamente.

## Resultados y discusión

En los dos años consecutivos las forestaciones en *bajo dulce* (BD) tuvieron mayor supervivencia media que en las situaciones de *bajo moderadamente salino* (BMS) y *salino* (BS) (Tabla 2).

Debido a la acción de plagas (hormigas, roedores y otras), o por el desbalance hídrico, la salinidad o las heladas, las estacas renovaron sus brotes varias veces en etapas post-plantación. Aun cuando el año 2013 fue más seco que el promedio histórico, de 900 mm anuales (Canziani, 2008), los excedentes de precipitaciones del año previo y del siguiente (2012 y 2014) mantuvieron una buena condición de humedad edáfica (Figura 2). En estas condiciones hídricas la mortalidad observada en BMS estaría asociada a la disminución del potencial agua del suelo ( $\Psi_s$ ), presumiblemente por el incremento del componente osmótico. En BS, la toxicidad del sodio potenciaría al déficit de disponibilidad de agua útil, aunque estos efectos son difíciles de separar (Quiñones Martorello et al., 2014). Por otra parte, la supervivencia de álamos fue casi nula en todos los sitios, y al cabo de un verano sólo perduraron pocas plantas aisladas, situación que se había verificado en otros ensayos previos del campo (Caset, E., com .pers.).

Los clones de mejor comportamiento en BD de la plantación 2012, fueron *Salix matsudana* x *S.alba* “Barrett 13-44 IN-

TA”, “NZ 26992” y *S. Nigra* “Alonzo 4 INTA” con valores de supervivencia del 70% o mayor. En la plantación 2013 la supervivencia de *S. Nigra* “Alonzo 4 INTA” y *S. alba* “Yaguareté INTA-CIEF” fue también alta (Tabla 2). Por otra parte, *S. matsudana* x *S.alba* “Barrett 13-44 INTA” y *S. babylonica* x *S.alba* “Ragonese 131-27” presentaron una respuesta aceptable o alta en los ambientes BMS. En BS ambos cultivares de *S. matsudana* x *S.alba* tuvieron una supervivencia relativamente mayor que los otros clones.

Si bien estas respuestas responden significativamente a la situación climática particular de los años de plantación y al tipo de suelos, las prácticas culturales serían igualmente determinantes de la supervivencia observada. Con respecto a esto, varias directrices de práctica usual para una implantación apropiada, resultan difícilmente aplicables en estos sitios. Así por ejemplo, la roturación del suelo para el desmalezado y preparación de la cama de plantación (Cozzo 1964) resultó impracticable en estas experiencias, ya que los disturbios del suelo (como los del subsolado superficial o la plantación con barreta) debieron minimizarse para evitar la formación de panes de arcilla o la transferencia de horizontes salinos a la superficie. Asimismo, las condiciones de falta de piso durante muchos meses impidieron utilizar equipos de arrastre, condicionando la aplicación de herbicidas o insecti-

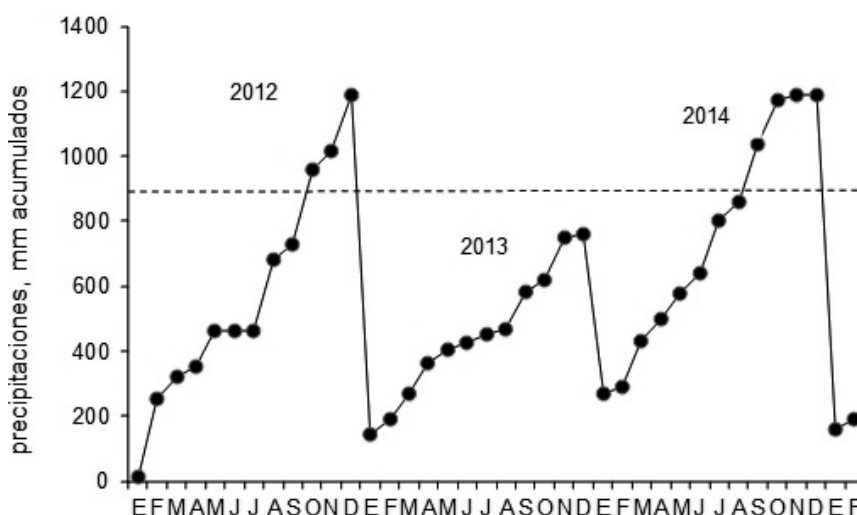


Figura 2. Precipitaciones trimestrales (mm) registradas en la estancia El Callejón. Se indica con flechas gruesas el momento de plantación en los años 2012 y 2013.

Tabla 2. Porcentaje de supervivencia de clones de sauce en las plantaciones 2012 y 2013, al cabo de un año en sitios bajos dulce (BD), bajo moderadamente salino (BMS) y bajo salino (BS). Se indican los valores medios (%) y el desvío estándar entre paréntesis para cada año y para cada clon en ambos años consecutivos. Las celdas sombreadas indican que no se plantaron los clones correspondientes.

CLON	PLANTACIÓN 2012			PLANTACIÓN 2013		MEDIA (DS)
	SUPERVIVENCIA A LOS 14 MESES			SUPERVIVENCIA A LOS 17 MESES		
	BD	BMS	BS	BD	BMS	
<i>S. babylonica</i> x <i>S.alba</i> “Ragonese 131-25”	41	34	0		43	29 (20,1)
<i>S. babylonica</i> x <i>S.alba</i> “Ragonese 131-27”					71	71 (----
<i>S.matsudana</i> x <i>S.alba</i> “Barrett 13-44 INTA”,	70	47	58		58	58 (9,3)
<i>S. matsudana</i> x <i>S. nigra</i> “Lezama INTA-CIEF”	53	0	0	54		27 (30,9)
<i>S.Nigra</i> “Alonzo 4 INTA”	81	18	0	75		44(40,7)
<i>S.alba</i> “Yaguareté INTA-CIEF”	23	0	0	89		28 (41,9)
<i>S.matsudana</i> x <i>S.alba</i> “NZ 26992”	95	40	62			66 (27,3)
<b>MEDIA (DS)</b>	60 (26,5)	23 (20,2)	20 (31,0)	73 (17,4)	57 (13,6)	46 (12,0)

ticidas. Estas limitaciones predisponen a un nivel importante de fallas iniciales, tanto por las condiciones del suelo como por la competencia del pastizal por agua y por luz; y también por el daño de hormigas y de otros animales silvestres

presentes (ñandú, chancho, liebre, coipos y ciervos), sobre los que no resulta costo-efectivo ningún método de control a escala, y por lo tanto se deben considerar más en la determinación de la densidad de plantación que en otra medida.

## Conclusiones

### Aspectos generales de plantación

Por todo lo expuesto, no hay un "modelo" ajustado de plantación para los ambientes hidrohalomórficos de la Depresión del Salado. Las limitantes particulares de cada sitio acotan las posibilidades de intervención. En ese sentido cobra particular importancia la zonificación de los lotes por ambiente, el contexto climático en el cual se inicia una plantación y la elección de aquellos clones de mejor comportamiento.

La ventana de plantación de sauces se restringe a los meses invernales, desde la entrada en reposo vegetativo hasta la brotación de primavera. En otoño e invierno los bajos se recargan, por lo cual las tareas preparatorias deben iniciarse con varios meses de antelación. En líneas generales la preparación del sitio debería realizarse entre marzo y mayo, si fuera posible transitar con maquinaria. En estos meses las gramíneas y hierbas estivales culminan su ciclo y emergen las especies de invierno, de modo que se controlarían las primeras brotaciones otoñales manteniendo el suelo con baja cobertura viva sobre las líneas de plantación, demorando su crecimiento primaveral.

Si los suelos no se han hidratado lo suficiente, no es conveniente plantar temprano en invierno, pues los altos contenidos de arcilla forman panes que afectan mecánicamente a las estacas y dificultan las tareas. En estos casos sería apropiado plantar hacia el final del invierno, sin extenderse más allá de agosto, para garantizar un desarrollo raíz/ tallo equilibrado. Algunos clones como *S. babylonica* x *S. alba* "Ragonese 131-25" y "Ragonese 131-25" mostraron una brotación aérea temprana (fines de agosto), que podría afectar la producción de raíces. En años secos este desbalance podría ocasionar fuertes pérdidas. Por otra parte *S. Nigra* "Alonzo 4 INTA" brota

tardíamente, y como se desempeña bien en bajos dulces -sin déficit hídrico primaveral-, su plantación tardía (septiembre) no presentaría inconvenientes.

El control de hormigas debería comenzar a fines del verano previo, ya que durante la primavera los suelos suelen estar anegados, complicando el uso de cebos tóxicos o la pulverización de insecticidas en la época que particularmente se desencadenan los mayores ataques.

### Estado inicial y silvicultura de plantación

En función de la experiencia adquirida se caracterizan 4 situaciones ambientales posibles al iniciar las tareas de forestación: (i) bajo dulce en año húmedo; (ii) bajo dulce en año seco; (iii) bajo (moderadamente) salino en año húmedo, y (iv) bajo (moderadamente) salino en año seco.

Para la situación (i) bajo dulce en año húmedo, cuando los suelos se encuentran anegados ya desde marzo-abril, no es posible preparar el sitio con maquinaria, por falta de piso. El control de vegetación competitiva se deberá realizar mediante pastoreos hasta la época de plantación invernal. No obstante, el ganado deja el suelo despajeado y lo compacta con el pisoteo, lo cual dificulta las tareas de plantación y afectará el enraizamiento si la primavera siguiente es seca. En general, en estos ambientes, en que el pastizal o pajonal desarrolla fuertemente en primavera-verano, se deben plantar guías o estacas de más de 80 cm sobre superficie, enterradas a unos 25 cm de profundidad. La mayor longitud de las estacas permitirá cierta ventaja por la luz frente a una vegetación competitiva que sólo puede ser controlada parcialmente. Las prácticas post-plantación estarán sujetas a la permanencia del agua (que limita el ataque de hormigas) reduciéndose al control de hierbas con pulverizadora manual a medida que el

agua se retira y permite cierta accesibilidad.

En el caso de (ii) *bajo dulce en año seco*, la preparación de sitio mediante aplicación de herbicidas a cobertura total, o en franjas simultáneamente con el subsolado a 25 cm de profundidad sería la técnica más adecuada. Las líneas de plantación quedan demarcadas por el surco de subsolado y facilitan una plantación a profundidad uniforme. Por haber menor competencia de malezas que en el caso anterior (i), las estacas estacas pueden ser más cortas (60-70 cm), clavándose a 25 cm en el suelo. Debido a la condición seca el impacto de hormigas será mayor. Por ello antes y después de la plantación se deberán controlar con cebos o pulverización de insecticidas. En el ambiente de (iii) *bajo (moderadamente) salino en año húmedo*, no será posible utilizar maquinaria; la preparación del sitio se reduce al pastoreo para bajar la carga de vegetación y a la marcación de las líneas de plantación con cable guía. Las estacas deberían ser mayores de 80 cm en su parte aérea para competir ventajosamente con la vegetación establecida, y su profundidad, de unos 25 cm. Los cuidados post-plantación estarán sujetos a la permanencia del agua. Sin embargo a di-

ferencia de la primera situación, estos ambientes presentan un mosaico de parches anegados y suelos algo más altos con menor anegamiento, secándose en superficie hacia fines de primavera. En estos micrositios más altos las hormigas instalan sus colonias y es donde se deben controlar. El control de malezas podrá realizarse con aplicación de herbicidas mediante equipo manual. Por último, en la situación (iv) *bajo (moderadamente) salino en año seco*, las prácticas a seguir serían similares a las de la situación (ii). Sin embargo los efectos del estrés salino combinado con el déficit hídrico desde el inicio hacen presumir mayores fallas iniciales y deberían evitarse las plantaciones en este contexto climático. Para compensar pérdidas deberá considerarse una alta densidad de plantas, y el uso de barbados (guías enraizadas) en lugar de estacas. En la experiencia realizada, los barbados en esta situación (de los clones *S.matsudana* x *S.alba*) plantados con hoyo a pala y agregado de suelo orgánico (no salino) y gel agrícola tuvieron alta supervivencia y un mayor desarrollo que las estacas. Los años secos requieren intensificar el control de hormigas, que tienen más espacios sin agua para expandir los hormigueros.

## Agradecimientos

Este artículo se realizó en el marco de los Proyectos (1) *Módulo Silvopastoril en Tierras de Uso Ganadero de la Cuenca del Salado*, (UCAR/INTA); (2) *Tecnologías y Capacidades para el Manejo de Sistemas Agroforestales y Silvopastoriles con Bosques Implantados* (INTA PNFOR 1104075), con apoyo de las Delegaciones Técnicas Regionales de Buenos Aires (Tandil, Chascomús) de la Dirección de Producción Forestal (MAGyP). Los autores agradecen a la administración y al personal de la Estancia El Callejón S.A., y al grupo de trabajo forestal de INTA AE Tandil.

## Bibliografía

- Casaubon E., Arano A. y Tassaró Viaña, J., 2012. Manual de buenas prácticas silvopastoriles para la obtención de madera de álamo de calidad para usos múltiples y de ganado de carne bovina en el Delta Inferior del Río Paraná. Versión N°1, INTA EEA Delta del Paraná.
- Canziani, O., 2008. Cuenca del Salado. 100 años de lluvias. Revista Hydria, Año 4, N°18:6-8
- Caset, E., 2011. Síntesis final de seguimiento de la forestación desarrollada en El Callejón durante el ciclo 2010/2011. Informe interno a la estancia El Callejón S.A., 9 pgs
- Cozzo, D. 1964. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Vol. 2, Capítulo XXVI: Forestales. Edit. ACME.
- Cozzo, D., 1967. LA Argentina Forestal. EUDEBA, Buenos Aires, 240 pgs
- Cozzo, D., 1978. Tecnología del Manejo Silvicultural del Bosque Implantado. Evaluación de la Adaptación y Crecimiento del Bosque. En: Curso de Perfeccionamiento Forestal. Dasonomía, con orientación en Forestación. Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Santa Fe/ Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), T. I: 311-365.
- Dominguez Daguer, D., y Laclau, P., 2014. Silvicultura Sitio-específica en Suelos Hidromórficos de la Depresión del Salado. Jornadas de Salicáceas 2014 y Cuarto Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina "Sauces y Álamos para el desarrollo regional" 18, 19, 20 y 21 de marzo de 2014 Ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Laclau P.; Gyenge J.; Fernandez M.E.; Dominguez Daguer D.; Villaverde R.; Lorea L., y A. Quiñones, 2014. Supervivencia inicial de clones de sauce en suelos hidromórficos de la Depresión del Salado. Jornadas de Salicáceas 2014 y IV Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina "Sauces y Álamos para el desarrollo regional", 18 al 21 de marzo, 2014, La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Lorea L. y Villaverde R. 2014. Una técnica para la implantación de salicáceas en tierras de uso ganadero en la cuenca del Río Salado en la Provincia de Buenos Aires. Jornadas de Salicáceas 2014 y Cuarto Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina "Sauces y Álamos para el desarrollo regional" 18, 19, 20 y 21 de marzo de 2014 Ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina.

- Ottone, J. R., 1978. Cultivo de Especies Forestales. En: Curso de Perfeccionamiento Forestal. Dasonomía, con orientación en Forestación. Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Santa Fe/ Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), T. I: 279-310
- Oliveira Neto, S.N.; do Vale, A. B.; Nacif, A. P.; Barbosa Vilar, M., y J.B. de Assis, 2010. "Sistema Agrossilvipastoril: IntegraçãoLavoura, Pecuária e Floresta". Universidade Federal de Viçosa.
- Quiñones Martorello, A.S.; Gyenge, J. E.; Lorea, L.; Domínguez Daguer, D.; Laclau, P., y M.E. Fernández, 2014. Ecofisiología de la implantación de sauces y eucaliptos en sitios con estrés ambiental múltiple. Jornadas de Salicáceas 2014 y IV Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina "Sauces y Álamos para el desarrollo regional", 18 al 21 de marzo,, 2014, La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Rodriguez A. y Jacobo E. 2012. Manejo de pastizales naturales para una ganadería sustentable en la pampa deprimida: buenas prácticas para una ganadería sustentable de pastizal: kit de extensión para las pampas y campos / Elizabeth Jacobo y Adriana Mabel Rodríguez ; coordinado por Fernando O. Miñarro y Pablo Preliasco. - 1a ed. - Buenos Aires: Fund. Vida Silvestre Argentina; Aves Argentinas, AOP, 2012.

# Uso del nitrógeno en la ganadería de leche bajo sistemas silvopastoriles intensivos y convencionales en el trópico colombiano

S. Montoya; G. Doneys; G. Villegas; C. Molina; J. Chará y R. Barahona Rosales\*

## Resumen

Cada vez más se reconoce el papel de los sistemas de silvopastoriles como herramientas para permitir una producción ganadera más limpia, ambiental y financieramente sostenible, y de mayor eficiencia en el uso de la tierra. En el presente estudio se evaluó la dieta suministrada en dos sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) diferentes, con énfasis en el consumo de materia seca (CMS) y en la eficiencia de uso del nitrógeno. Los SSPi fueron comparados con sistemas convencionales en los que se suministraron dietas típicas de estos sistemas de producción. El primer experimento fue realizado en Rionegro, Antioquia con vacas Holstein en producción y pastoreando en un SSPi de *Pennisetum clandestinum*, asociado a arbustos de *Tithonia diversifolia* y árboles de *Alnus acuminata*. El segundo experimento fue realizado en Bugalagrande, Valle del Cauca con novillas de la raza Lucerna que recibieron una dieta *Leucaena leucocephala*, asociada a *Cynodon nlemfluensis* y *Megathyrsus maximus*. Se evaluó el consumo de materia seca y de forraje verde, la producción de leche y la eficiencia de uso del nitrógeno. En el primer experimento, hubo diferencia en el CMS del SSPi y su homólogo tradicional, el cual fue de 10,78 y 7,89 Kg/día, respectivamente ( $p < 0.05$ ). De la misma manera sucede en la Hacienda Lucerna que como sistema silvopastoril presentó un CMS de 7,45 y 6,35 Kg/día en el sistema convencional ( $p < 0.05$ ). En general se pudo encontrar que los SSPi lograron ofrecer una mayor eficiencia en el uso de N.

**Palabras clave:** Consumo de materia seca, *Leucaena leucocephala*, *Megathyrsus maximus*, *Pennisetum clandestinum*, *Tithonia diversifolia*

## Nitrogen use in dairy cattle under intensive silvopastoral systems and conventional systems in the Colombian tropic

## Abstract

The role of silvopastoral systems as tools to enable a cleaner, environmentally and financially sustainable livestock production with greater soil usage efficiency is increasingly recognized. In the present study, diet adequacy was assessed for two different intensive silvopastoral systems (ISS), with emphasis on dry matter intake (DMI) and efficiency of nitrogen use. The results obtained were compared with two homologous systems in which animals were fed conventional diets. The first experiment was carried out in Rionegro, Antioquia with Holstein cows grazing in an ISS with *Pennisetum clandestinum*, *Tithonia diversifolia* and *Alnus acuminata*. The second evaluation was carried out in Bugalagrande, Valle del Cauca with Lucerne heifers receiving a basal diet of *Leucaena leucocephala*, *Cynodon nlemfluensis* and *Megathyrsus maximus*. Dry matter and forage intake, milk production and nitrogen utilization efficiency were evaluated. In the first experiment, DMI (kg/day) was greater in ISS (10.78) than in the conventional system (7.89) ( $p < 0.05$ ). The same occurred in the second experiment, where DMI was (7.45) for the ISS and 6.35 for the conventional system ( $p < 0.05$ ).

**Keyword:** Dry matter intake, *Leucaena leucocephala*, *Megathyrsus maximus*, *Pennisetum clandestinum*, *Tithonia diversifolia*

·Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV. Carrera 25 No 6-62 Cali, Colombia. smontoyau@gmail.com. \*Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

## Introducción

En la región tropical se encuentra la mayor proporción de la población mundial de rumiantes (FAO, 2009.) y los sistemas de producción de la leche se basan principalmente en monocultivos de pasturas. En Colombia, el modelo de mayor producción de leche es clasificado como “especializado” y comprende unas 300.000 hectáreas de monocultivos de gramíneas o de asociados de herbáceas, de las que el 80% esta constituidas por *Pennisetum clandestinum*. En estas condiciones, las dietas suministradas no siempre están balanceadas para cubrir las necesidades energético-proteicas de los animales, ocasionándose pérdidas de nitrógeno y económicas para las empresas y que están asociadas a emisiones de gases de efecto invernadero, como el óxido nitroso ( $N_2O$ ) (Rivera, 2014).

Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) han ganado mucha

atención como la opción de producción para realizar la reconversión ambiental y productiva que requiere la ganadería (Barahona et al., 2014; Murgueitio et al., 2014). En condiciones de trópico bajo, la implementación de dichos sistemas permite alcanzar cargas de al menos 3 UGG/ha en sistemas de producción de carne (Naranjo et al., 2012) y entre 3,5 y 4,3 vacas lecheras/ha con producciones de hasta 15,800 litros de leche /ha/año (Tarazona et al., 2013) en contraste con 3000 litros/ha/año de los modelos convencionales de producción.

El propósito de este trabajo fue determinar el consumo de materia seca y la eficiencia en el uso de nitrógeno en SSPi y sistemas convencionales bajo dos diferentes condiciones de producción en Colombia.

## Materiales y Métodos

**Localización:** El primer estudio fue realizado en La Finca Cien Años de Soledad, finca lechera bajo un modelo silvopastoril de *Pennisetum clandestinum* asociado a arbustos de *Tithonia diversifolia* y árboles dispersos de *Alnus acuminata* (80 árboles/ha), ubicada en el municipio de Rionegro, en el departamento de Antioquia, Colombia. Esta zona de vida es clasificada como Bosque Húmedo Montano Bajo (Bmh-MB; Espinal, 1997), con una altitud de 2.160 m.s.n.m., una temperatura promedio anual de 18 °C y una humedad relativa promedio de 80%. El segundo estudio fue realizado en La Hacienda Lucerna, finca lechera bajo un modelo silvopastoril de *Cynodon plectostachyus Megathyrus maximu* en asocio con *Leucaena leucocephala*, ubicada en el municipio de Bugagrande, departamento del Valle del Cauca. Esta zona de vida es clasificada como bosque seco tropical (b-ST; Espinal, 1997), con una altitud de 941 m.s.n.m., una temperatura promedio anual de 26,3 °C y una humedad relativa promedio de 66,5%.

**Animales:** En cada experimento, se incluyeron cuatro animales promedio del sistema productivo y se empleó un diseño de *cross-over* para evaluar ambas dietas, en dos periodos de 15 días cada uno. En la Finca Cien Años de Soledad se emplearon cuatro vacas lactantes de la raza Holstein con un peso promedio de 540 kg, una condición corporal de 3,25, una edad de 89 meses, 5 lactancias en promedio, 118 días desde el parto, 14 meses de Intervalo entre Partos y una producción de leche de 11,4 Kg con contenidos de proteína y grasa de 3,04 y 3,79 %, respectivamente. En La Hacienda Lucerna se emplearon novillas próximas al primer servicio de la raza Lucerna con un peso promedio de 294 Kg, una condición corporal de 3,25, una edad de 18 meses.

**Procedimiento general:** El consumo de materia seca se cuantificó en animales mantenidos en confinamiento, alojados en dos estructuras independientes donde fueron mantenidos de manera individual en un espacio de 12 m<sup>2</sup>. La temperatura y la humedad relativa fueron monitoreadas constantemente por 30 días. Las dietas suministradas a los animales fueron determinadas con un estudio previo, en donde se realizaron simu-

laciones en la herramienta CNCPS (Fox et al., 2000), aforos de acuerdo al método de doble muestreo para las gramíneas (Haydock y Shaw, 1975) y para cuantificar la biomasa de los arbustos se utilizó una modificación del mismo método y la literatura reportada (Cuartas, 2013; Molina et al., 2013; Gaviria et al., 2015).

El forraje verde se ofertó a razón de 17% del peso vivo. El pasto fue cortado, pesado y otorgado en 5 raciones diarias. Se ofreció sal y agua a libre voluntad y en el caso de Rionegro, se suministró concentrado al momento del ordeño constantemente durante el periodo de evaluación. Cada uno de los componentes de la dieta fue suministrado de manera separada, posibilitando el cálculo de su consumo.

**Análisis composicional de las materias primas:** Durante los dos últimos días de cada periodo, se obtuvieron muestras del alimento ofrecido a los animales. En estas muestras se determinó el contenido de proteína cruda (PC) por el método de Kjeldahl (NTC 4657), FDN y FDA (Van Soest et al., 1991) y extracto etéreo (NTC 668). La ceniza se midió mediante la incineración directa (AOAC 942.05) y la energía por calorimetría (ISO 9831)

**Evaluación de la producción y calidad de la leche:** La cuantificación de la producción de leche solo se realizó en la Finca Cien Años De Soledad, la única con animales lactantes. Esta se realizó durante todo el experimento. La evaluación composicional de la leche se realizó en los dos últimos días de cada periodo utilizando un LACTO100 y determinando la concentración de proteína cruda, grasa y sólidos totales.

**Determinación de la eficiencia en la utilización del nitrógeno:** La eficiencia de utilización se calculó como la relación entre la cantidad útil de un elemento dado y la cantidad invertida del elemento. En un sistema de producción de leche, la eficiencia de uso del nitrógeno se basa en expresar la excreción de este en leche como porcentaje de aquel consumido, usando la siguiente ecuación:

Eficiencia de uso de N (%) =  $(100 \times \text{cantidad de N en leche}) / \text{cantidad de N consumido}$

**Análisis estadístico:** En cada experimento hubo dos periodos

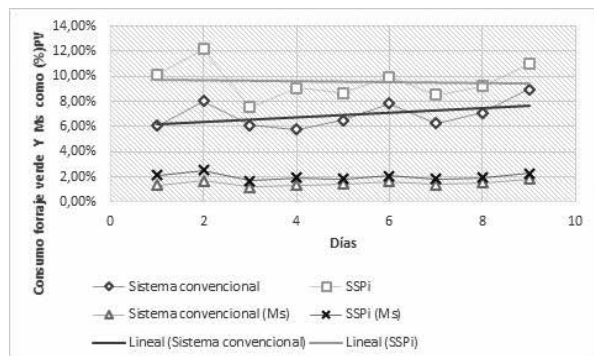
con dos repeticiones y cuatro animales. Se empleó el procedimiento PROC MIXED usando el siguiente modelo de medidas repetidas en el tiempo, usando como unidad experimental cada vaca y como tratamiento las dietas contrastantes.

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + P_j + T_k + C_l + E_{ijkl}$$

donde:  $Y_{ijkl}$  es la variable dependiente;  $m$  es la medias de  $Y$ , considerada como la sumatoria en el período de 2 semanas;  $B_i$  es el efecto del bloque ( $i = 1,2$ );  $P_j$  es el efecto del período ( $j = 1,2$ );  $T_k$  es el efecto del tratamiento ( $k = 1,2$ );  $C_l$  es el efecto del crossover ( $l = 1,2$ ) y  $E_{ijkl}$  es el error residual.

## Resultados

### Cien Años de Soledad



### Haciendo Lucerna

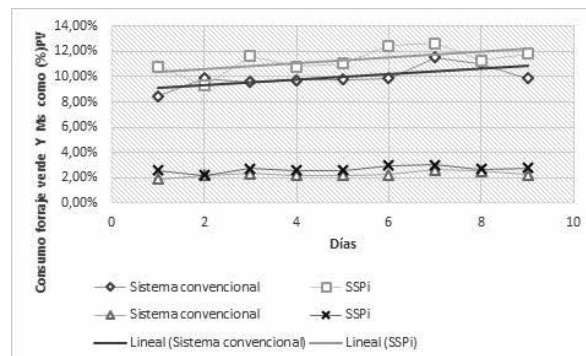


Figura 1. Consumo de forraje verde y de materia seca como % del PV.

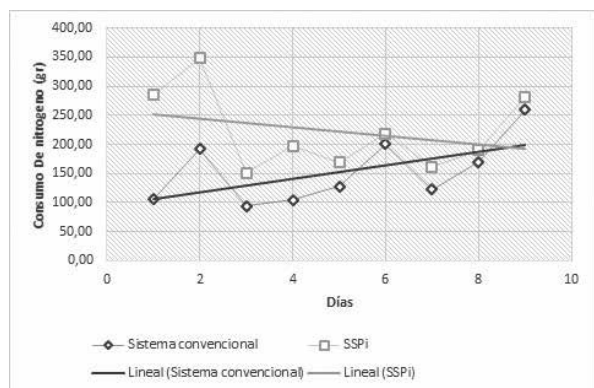
**Consumo de forraje verde (CFV) y de MS:** En el primer experimento el CFV (% del peso vivo) fue de 9,53 en el SSPi y de 6,93% en el sistema convencional ( $P > 0,05$ ; Gráfica 1). En el segundo experimento, el CFV fue de 11,29 en el SSPi y de 9,97% en el sistema convencional ( $P < 0,05$ ; Gráfica 1). En el primer experimento, el consumo porcentual de MS fue de 1,48% en el sistema convencional y de 2,01% en el SSPi ( $P < 0,05$ ). De igual manera, en el segundo experimento, el consumo porcentual de MS fue de 2,29% en el sistema convencional y de 2,68% en el SSPi ( $P < 0,05$ ).

**Consumo de N:** En el primer experimento, el consumo de nitrógeno (g/día) fue de 151,6 en el sistema convencional y de 217,8 para el SSPi ( $P > 0,05$ ; Figura 2). En el segundo experimento, el consumo de nitrógeno fue de 82,7 en el SSPi y de 45,91 en el sistema convencional ( $P < 0,05$ ).

**Producción de leche y excreción de N:** Este indicador solo se evaluó en el primer experimento, pues solo en este sistema se evaluaron vacas en producción. No hubo diferencia en la producción diaria de leche, aunque el SSPi tuvo una producción de 11,71 Kg comparados con 9,28 Kg del tratamiento convencional ( $P > 0,05$ , Figura 3). La excreción de nitrógeno en leche (g/vaca/día) fue de 55,9 en el SSPi y de 44,2 en el sistema convencional ( $P > 0,05$ ).

**Eficiencia en el uso del N:** En el primer experimento, la eficiencia de uso del nitrógeno fue de 38,26 % para el sistema convencional y de 33,19 en el SSPi ( $P > 0,05$ , Figura 4). En el segundo experimento, el cálculo de la eficiencia del uso del nitrógeno fue más incierto al basarse en los cambios de peso. Estos estimados fueron muy bajos en ambos experimentos, aunque superiores en el SSPi ( $P < 0,05$ ).

### Cien Años de Soledad



### Haciendo Lucerna

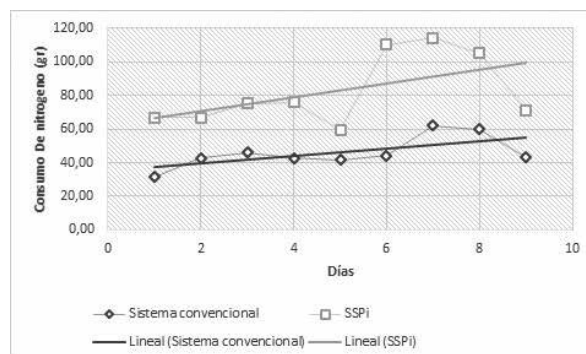
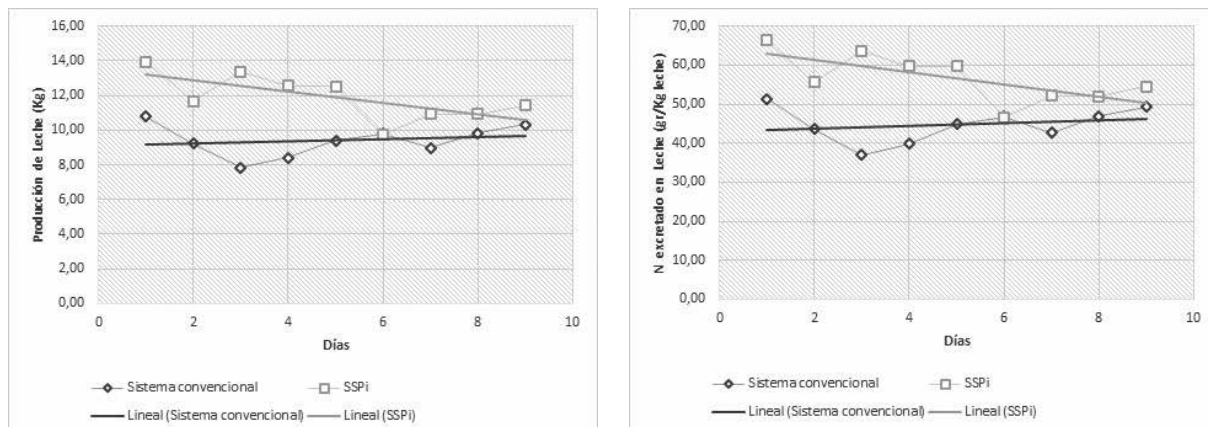


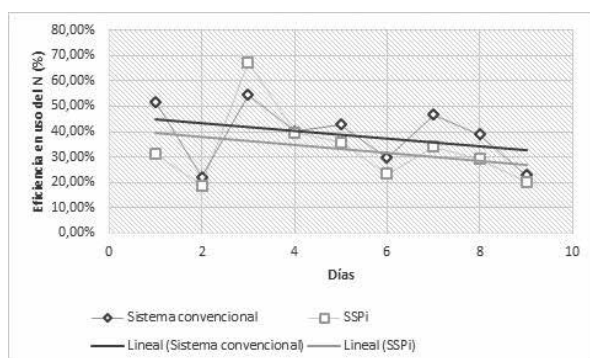
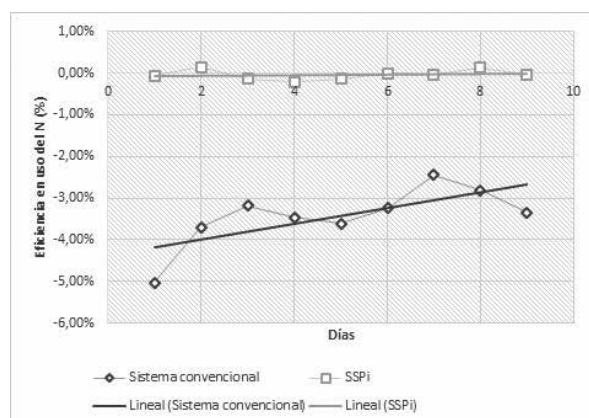
Figura 2. Consumo de nitrógeno.



**Cien Años de Soledad****Figura 3.** Producción de leche (litros/día) y excreción de nitrógeno (g/día).**Discusión**

Los SSPi de zona de vida húmeda poseen un mayor CMS y una tendencia a mayor producción de leche con respecto al sistema tradicional, pero menor al encontrado por el denominado sistema especializado de producción de la leche colombiana, que registrando un valor de CMS de 25,36 (kg vaca/día; Castro, 2009) en pasturas mixtas con fertilización cíclica, en contrastes con los 10,78 (kg vaca/día) consumidos por animales en un SSPi, con una distribución del CMS de 27 % Botón de oro, 24,3 % MS del concentrado suministrado al momento de ordeño y el restante 48,5 % del kikuyo pastoreado. Por su parte; la eficiencia de uso N, no es diferente entre los tratamientos evaluados, esto debido principalmente a que no se encuentra diferencia estadística entre el consumo de nitrógeno y la excreción de este en leche, pero es superior a la del sistema especializado, que presentaron valores de 17,55 y 22,7 % (Castro, 2009; Correa 2011) y a la reportada para cerdos de 20,5 y de 18,6 % para bovinos de leche (Van der Hoek, 2001) y similar a 33,8 % para aves de engorde.

El consumo observado en la zona de vida seca es similar al de 2,59 % obtenido por técnica de alcanos en novillos de ceba en un SSPi (Gaviria et al., 2015). Sin embargo, en el La eficiencia de uso de nitrógeno de bovinos no lactantes en crecimiento como los del segundo experimento, es baja, siendo frecuentemente menor del 10%. Al analizar los resultados del segundo experimento debe tenerse en cuenta que el estimado de eficiencia se basa en calcular adecuadamente las ganancias de peso. Dada la corta duración de este experimento, la medición de los cambios de peso puede tener alta incertidumbre, al ser afectada por diferencias entre consumo de agua y de materia seca entre pesajes. Es bueno recordar que en SSPi, los animales muestran ganancias de peso promedio de al menos 600 g/día (Cuatras et al., 2013), mientras que en sistemas convencionales dichas ganancias rondan entre 80 y 400 g/día (Naranjo et al., 2012) con lo que es factible esperar mayores eficiencias de uso de nitrógeno en SSPi.

**Cien Años de Soledad****Figura 4.** Eficiencia de uso de nitrógeno en porcentaje.**Haciendo Lucerna**

## Conclusiones

-Bajo las condiciones de producción en la que se realizaron los experimentos, los SSPi tuvieron un mayor consumo de N y una mayor producción de leche frente a sistemas convencionales, esto principalmente a una mayor oferta de forraje, mayor CMS y a un mejor balance de nutrientes. Siendo estos factores más relevantes en zonas secas, donde el componente arbustivo del sistema representa hasta el 26% de la dieta en base seca, con alta permanencia en praderas y aceptación total

del forraje proteico ofertado.

-No se encuentran diferencias en la eficiencia de uso del nitrógeno entre los tratamientos evaluados, pero los valores obtenidos son superiores a los registrados por sistemas pecuarios homólogos y producciones de otras especies, indicando el gran valor de estos sistemas en propender por garantizar un buen uso del ciclo de los nutrientes en tiempos de abusos en recursos.

## Agradecimiento

Los autores agradecen al proyecto “Análisis Integral De Sistemas Productivos En Colombia Para La Adaptación Al Cambio Climático” financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y ejecutado por CIPAV y el Centro Internacional de Agricultura – CIAT. También los autores agradecen a los predios Cien años de Soledad y Hacienda Lucerna S. A. por haber permitido desarrollar este estudio en sus instalaciones.

## Bibliografía

- AOAC. 2005. Official Method 942.05. Determination of Ash in Animal Feed. 18 ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Gaithersburg, MD, USA.
- Barahona, R., Sánchez, M.S., Murgueitio, E., Chará, J., 2014. Contribución de la *Leucaena leucocephala* Lam (de Wit) a la oferta y digestibilidad de nutrientes y las emisiones de metano entérico en bovinos pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos. En: Premio Nacional de Ganadería José Raimundo Sojo Zambrano. Modalidad Investigación Científica. Revista Carta Fedegán No. 140. Bogotá. Colombia. p. 66-69.
- Castro, E., Mojica, J., León, J., Pabón, M., Carulla, J. Cárdenas, E., 2009. Balance de nitrógeno en pastura de gramíneas y pastura de gramínea más *Lotus uliginosus* en la sabana de Bogotá. Colombia Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria 10(1), 91-101.
- Correa, H. J., Pabón, M., Sánchez, M., Carulla, J. E., 2011. Efecto del nivel de suplementación sobre el uso del nitrógeno, el volumen y la calidad de la leche en vacas Holstein de primero y segundo tercio de lactancia en el trópico alto de Antioquia. Livestock Research for Rural Development 23 (4).
- Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., Tarazona, A. M., Barahona, R. 2013. Uso de la energía en bovinos pastoreando sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* y su relación con el desempeño animal. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, 8(1), 70–81.
- Espinal, L. S. 1997. Zonas de vida o formación vegetal de Colombia: Memoria explicativa sobre el mapa ecológico Vol. 13. Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”.
- FAO 2009. The State of Food and Agriculture - Livestock in the Balance. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e.pdf>.
- Gaviria-Urbe, X., Naranjo, J.F., Bolívar-Vergara, D.M., Barahona-Rosales, R., 2015. Consumo y digestibilidad en novillos cebuinos en un sistema silvopastoril intensivo. Archivos de Zootecnia; 64 (245).
- Haydock, K. Shaw, N., 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield pasture. 1975. En: Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 15: 663-670.
- ICONTEC. 1973. NTC 668: Alimentos y materias primas. Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Bogotá, Colombia.
- ICONTEC. 1999. NTC 4657: Alimento para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Bogotá, Colombia.
- ISO. 1998. Animal feeding stuffs, animal products, and faeces or urine - Determination of gross calorific value - Bomb calorimeter method. ISO 9831. International Organization for Standardization Geneva, Switzerland.
- Murgueitio, E., Chará, J. D., Barahona, R., Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., 2014. Intensive silvopastoral systems (ISPS), mitigation and adaptation tool to climate change. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 17(3), 501 – 507.
- Naranjo, J. F., Cuartas, C. A., Murgueitio, E., Chará, J. Barahona, R., 2012. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. LRRD. 24 (8). <http://www.lrrd.org/lrrd24/8/nara24150.htm>

- Rivera, J. E., 2014. Análisis del Ciclo de Vida (ACV) en un Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi) y un Sistema Intensivo Convencional Orientados a la Producción de Leche Bajo Condiciones de bs – T. Tesis para optar el título de Magister en Ciencias Agrarias. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 129 pp.
- Tarazona, A. M., Ceballos, M. C., Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., Murgueitio, E. Barahona, R., 2013. The relationship between nutritional status and bovine welfare associated with adoption of intensive silvopastoral systems in tropical conditions. In: Enhancing Animal Welfare And Farmer Income Through Strategic Animal Feeding – Some Case Studies. FAO, Rome, Italy, p. 69–78.
- Van der Hoek, K.W. 1998. Nitrogen efficiency in global animal production. In: K.W. Van der Hoek, J.W. Erisman, S. Smeulders, J.R. Wisniewski and J. Wisniewski (Edts.), Nitrogen, the Confer-N-s. Elsevier, Amsterdam. pp. 127-132..
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.

# Modelos integrados de producción carne y madera: la evolución reciente en el Uruguay

A. Bussoni; G. Ferreira; J. Alvarez; V. Picasso; F. Cabbage

## Resumen

En la etapa reciente de la forestación en Uruguay, parte de la dotación ganadera pasa a ser pastoreada bajo los montes implantados, pudiendo albergar ganado por períodos variables. La administración de las dos actividades conjuntas define nuevas formas de organización productiva y uso de los recursos de los cuales existen escasos conocimientos. Sobre la base de la declaración anual de tenencia de ganado 2013, se aplicó la metodología de análisis multivariado sobre variables originales de tenencia, tamaño, dotación ganadera y área forestada para los casos de establecimientos ganaderos y forestales como actividad principal, respectivamente. Esto conforma un universo de 1.860 casos que se dividen en tres grupos y abarca 710.000 ha de montes: G1 son establecimientos ganaderos pequeños (243 ha), arriendan en promedio 18 % de la superficie y presentan baja superficie de campo mejorado, los montes tendrían como objetivo principal prestar servicios ganaderos ya que son pequeños lotes de 1 ha en la mayoría de los casos (valor modal), si bien también hay casos de mayor superficie y proporción de monte: 155 ha y 48%, respectivamente. Manejan una baja proporción de ganado en tierras ajenas y la producción ganadera es de ciclo completo. Este grupo representa 72% de las unidades productivas (UP) y 28% de la superficie forestada. El Grupo 2 está compuesto por predios ganaderos grandes (80 casos) y forestadores (64 casos), el destino principal es la comercialización de la madera (valor modal 300 ha). Este grupo se encuentra principalmente en el Litoral y Norte del país. Finalmente el Grupo 3 son UP medianas con montes forestados en su mayoría en el entorno de 100 ha, también con destino comercial; la mayoría se encuentran en la zona sureste (19%) con el 28% del área. Se discuten sobre las políticas de incentivos que deberían ser diferenciales hacia los diferentes tipos hallados.

**Palabras claves** Forestación; productores ganaderos; sistemas silvopastoriles; cambios en uso de la tierra; cluster.

## Integrated meat and wood production Models: Uruguayan sector recent evolution

## Abstract

Recently part of livestock stocking rate has developed in Uruguay, considering part of the forestry areas for animals grazing, on variables periods of time. Managing both activities defines new ways for organize production and land use, not well known. Using the 2013 data base for livestock activities and using multivariate analysis on the originals variables such as land tenure, size, stocking rate and area with forest. By this procedure, three groups were obtained. Group 1, are productive units that manage an average of 243 hectares, hire 18% of the land and have a very low investment on improved pastures. Those productive units have as a main objective to provide services to livestock producers, because, the majority, are small paddocks of 1 ha, however, it is possible to have major forested areas: 155 ha and 48% respectively. They manage a low proportion of livestock on hired lands and rise and fattening production system. This group represents 72% of farmers and 28% of the Forestry area. Group 2, represents mainly farmers with large livestock and forestry farms which main farm outputs is wood (modal value 300 has). This group are mainly in the Litoral and North of the country. Finally, Group 3 represents farmers that manage an average of 100 ha of forestry mainly oriented to de wood market. Poly implications are discussed

**Keywords** Forestry; livestock producers; silvopastoral systems; land use change; cluster.

## Introducción

Desde sus orígenes modernos en el siglo XIX, Uruguay ha sido un país ganadero, siendo ésta la actividad productiva más extendida en su territorio. Sin embargo, el rubro ha perdido importancia relativa en el comercio exterior y en la ocupación del área agropecuaria; mientras que en 1930 representaba el 46% del total exportado (Azzarini *et al.*, 1972) este guarismo pasa al 17% para el año 2013 (23% de las exportaciones agropecuarias) con un valor de 1.620 millones de dólares (DIEA, 2013). Esto se debe en parte a que otras producciones, como la forestación y la agricultura se expanden e integran al territorio a partir de la década de 1990 e inicios del siglo veinte, respectivamente. A diferencia de otras regiones forestadas como en Europa y América del Norte, la mayor parte de los bosques se encuentran bajo la propiedad de unas pocas compañías extranjeras que concentran el 88% del área. El resto de la superficie forestada no es menos importante tanto desde el abastecimiento de madera como de la estrategia que pueden fijar los productores forestales no integrados a la industria. Se podría afirmar que el sector forestal surge a partir de la puesta en práctica del concepto de globalización e integración de los mercados. En efecto la historia reciente está ligada a la integración vertical pero con gran distancia geográfica entre la producción de madera y etapas de industrialización en la fabricación de papel, a lo que denominamos integración distante. Hasta el siglo pasado las fábricas se encontraban cerca de las áreas forestadas, fuente de la materia prima. Actualmente se puede producir a miles de kilómetros en las industrias y los mercados consumidores; este ha sido el motor de cambio en el uso del suelo en Uruguay y buena parte de América Latina, ya que la dinámica de las tierras forestadas está ligada a los cambios de uso de la tierra en otros países (Barbier *et al.*, 2010). Importantes cambios en el uso de la tierra han ocurrido a partir de la década de los 90, siendo la actividad ganadera la más extendida en el territorio y la que más se ha contraído. La superficie dedicada a la ganadería, que a mediados de los 80 era de 15,5 millones de hectáreas, actualmente es de alrededor de 12 millones de hectáreas (DIEA, 2013). La visión tradicional de la empresa agropecuaria establece una relación biunívoca entre el lugar físico del establecimiento y el agente de decisión que en él actúa (Ferreira, 1997), existiendo dos tipos de

atributos: los asignables a la empresa o establecimiento y los asignables al empresario (Cohan, 1975). Esta relación cambia en la etapa reciente de la forestación, en donde surgen otros actores sociales: el administrador de la forestación, el propietario de la forestación generalmente dueño de la tierra, el administrador del ganado que gerencia el trabajo y el dueño del ganado, los varios centros decisores deben articular sus acciones y llegar a un resultado económico satisfactorio para persistir en el tiempo. Aparecen nuevas organizaciones del trabajo, del capital y de los recursos naturales, que incide tanto en el uso del territorio como de las políticas y acciones diferenciales a estos grupos.

Asimismo en el sector forestal existen áreas en las que el abastecimiento es deficitario y precisaría de forestadores o de productores ganaderos con forestación en sus predios. Por ejemplo, una de las limitantes señaladas en la industria de tableros y aserraderos medianos, es la falta de materia prima y la consecuente capacidad ociosa (Tommasino y Annunziato, 2014).

Se han realizado estudios para agrupar a pequeños productores forestales con el objetivo de identificar cuáles son los factores que inciden en los momentos de cosecha forestal y en la silvicultura, el manejo en sus montes (Jennings y van Putten, 2006) o cual es la actitud hacia la forestación (Gramann *et al.*, 1985). En Uruguay existen antecedentes de productores ganaderos con actitud para incorporar tecnológicas y las variables de motivación (Ferreira, 1997) y también agrupamientos de productores ganaderos familiares (Prieto y Wins, 2007). Sin embargo existen escasos antecedentes que tengan como objetivo identificar grupos de productores que hayan integrado ambas producciones o forestadores que alberguen ganado en sus montes. La identificación de estos grupos y su caracterización permite la aplicación de políticas de estímulo diferenciales hacia las necesidades de cada grupo que converjan con los intereses del sector.

El objetivo del presente trabajo fue identificar en el contexto de cambio de uso del territorio los nuevos actores emergentes, principalmente en los productores ganaderos como integran la forestación en sus predios y el uso de las masas forestales integradas con la ganadería

## Materiales Y Métodos

En la primera etapa del estudio se analizaron establecimientos ganaderos sin y con forestación y establecimientos forestales; se realizó una descripción estadística y análisis de su evolución, basada en registros ganaderos anuales de 5 años, entre el 2000 y 2013. En la segunda etapa se agruparon utilizando análisis multivariado, al subconjunto de ganaderos con más del 5% forestado y a los forestadores; en ambas etapas se utilizó el paquete estadístico *Stata v. 11*. Los registros ganaderos se obtienen de la declaración jurada anual (Dicose), obligatoria para todos los propietarios de ganado y propietarios de tierra que alberguen ganado propio o ajeno (MGAP, 2001, citado

por Saravia *et al.*, 2011). Cabe aclarar que un productor o sociedad puede tener más de un número de registro o Unidad Productiva (UP) de ganado. A partir de esta información se describe el universo para las asociaciones entre la actividad forestal y la ganadería.

Para identificar los grupos, se aplicó el análisis de cluster el cual está comprendido en el análisis multivariado; utiliza medidas de distancia para establecer la interdependencia de las variables escogidas, sin conocer a priori el número y la composición de los grupos (Mooi and Sarstedt, 2011). Se seleccionó el cluster jerárquico para conformar grupos homogé-

## Area 1: Producción agropecuaria y forestal en los sistemas silvopastoriles y agroforestales

neos en base a métodos aglomerativos (Cormak, 1971), operando sobre una matriz de similaridad (Prieto y Wins, 2007). Dicha técnica, llamada método de mínima varianza o simplemente método de Ward (1963), mide la distancia euclidiana combinando los dos objetos de mayor similitud, de manera de disminuir sucesivamente la varianza, es decir maximiza la homogeneidad dentro del grupo, frente a otros métodos que maximizan la heterogeneidad entre los grupos, siendo aconsejado en muestras con clusters de tamaños similares y sin outliers (Mooi and Sarstedt, 2011). Una de las ventajas de este método es el de tender a incluir un mayor número de casos y funcionar en una amplia variedad de circunstancias (Howards y Brown, 2000).

Se utilizaron 17 variables originales agrupadas en aquellas que explican la tenencia y el tamaño (superficie en propiedad, arrendamiento, otras formas), variables de uso del suelo (montes forestales, campo natural, praderas), orientación productiva (tipo de actividad ganadera orientada a la cría de animales, al engorde o ciclo completo) y la proporción de ganado propio y ajeno en el establecimiento. Las cabezas se transformaron en Unidades Ganaderas (UG). Se definió mediante análisis de dendrograma la asignación a 3 grupos o cluster. Una vez obtenidos los mismos se realizó una descripción de las variables de orientación productiva: la proporción entre las cabezas (cab.) de novillos y vacas de cría en el establecimiento usado comúnmente para definir el sistema ganadero (Índice 1). Un valor mayor a 2 es una orientación a producir

categorías de engorde o invernador, un valor de 0,2 a 2 es un perfil productivo de ciclo completo y un valor menor a 0,2 es criador. El Índice 2 es la relación entre las cab. de novillos en el establecimiento y las cab. de vacas de cría propias que están tanto dentro como fuera del establecimiento. El Índice 3 es la relación entre las categorías de cría fuera del establecimiento y las categorías de cría dentro del establecimiento (vaquillonas de más de 2 años, vaquillonas de 1 a 2 años y terneros). Un valor alto del Índice 3 indica que el productor tiene como estrategia criar en campos de terceros. Finalmente se analizan las posibles políticas de incentivos a aplicar a estos grupos.

## Resultados

Se presentan los resultados de estadística descriptiva y evolución de las variables de tamaño, tenencia, uso del suelo y superficie forestada entre el período 2000-2013; luego se analizan los grupos obtenidos o cluster y finalmente se discuten posibles acciones para los diferentes grupos.

De la base completa de Dicose año 2013, resulta que un 86 % de las UPs no declara ningún tipo de forestación, mientras que 5.038 UPs presentan forestación sin importar el rubro productivo y 1.242 UPs ganaderas tienen forestación en un área mayor al 5% (Tabla 1). El total de superficie de montes en establecimientos forestales es de 450.584 hectáreas, la mayoría de esa superficie está bajo propiedad de unas pocas empresas. Como se aprecia en la Tabla, entre los años 2000 al 2013 la actividad ganadera se ha contraído en la ocupación del territorio; el número de UPs y la superficie han descendido

Tabla 1. Evolución del número de Unidades Productivas, superficie en producción y forestada entre los años 2000 y 2013.

	Año	2000	2005	2007	2010	2013
Establecimientos Ganaderos	Número de UP registradas	37.458	37.748	38.108	37.445	39.659
	Superficie en propiedad explotada (ha)	7.281.835	6.730.091	6.417.387	6.313.227	5.932.674
	Superficie propiedad por UP (ha)	194	178	168	169	166
	Superficie trabajada total (ha)	13.521.963	13.299.417	12.517.784	12.241.564	11.613.599
	Superficie promedio trabajada (ha)	361	352	328	327	325
	Superficie promedio forestada (ha)	4,8	6,1	5,8	6,7	6,9
	Proporción forestada*(%)	0,8%	1,0%	1,1%	1,1%	1,1%
Establecimientos Ganaderos >= 5% forestado	Número de UP registradas	1.188	1.292	1.280	1.251	1.242
	Superficie en propiedad explotada (ha)	450.490	423.059	394.522	437.475	447.617
	Superficie propiedad por UP (ha)	379	327	308	350	360
	Superficie trabajada total (ha)	658.152	705.939	629.681	720.183	743.443
	Superficie promedio trabajada (ha)	554	546	492	576	599
	Superficie promedio forestada (ha)	111	148	148	178	180
	Proporción forestada*(%)	21%	26%	28%	30%	30%
Establecimientos Forestales	Número de UP registradas	391	345	411	668	687
	Superficie en propiedad explotada (ha)	446.913	422.463	486.213	609.069	632.040
	Superficie propiedad por UP (ha)	1.143	1.225	1.183	912	920
	Superficie trabajada total (ha)	485.699	459.581	549.126	657.458	701.958
	Superficie promedio trabajada (ha)	1.242	1.332	1.336	984	1.022
	Superficie promedio forestada (ha)	887	873	854	717	683
	Proporción forestada*(%)	72%	67%	68%	77%	72%

Tabla 2.- Evolución del número de establecimientos, superficie propia y superficie forestal implantada (MA).

	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
	UP (N°)	Total MA (ha)	UP (N°)	Total MA (ha)	UP (N°)	Total MA (ha)
<b>Litoral</b>	119	13.043	53	118.205	48	27.547
<b>Norte</b>	223	54.842	27	73.247	62	54.146
<b>Centro</b>	135	17.689	27	25.928	39	13.017
<b>Sur-Este</b>	675	93.768	31	61.132	162	80.159
<b>Total</b>	1.152	179.342	138	278.512	311	174.869
	72%	28%	9%	44%	19%	28%

en un 12 % y 25%, respectivamente (Tabla 1), mientras que el número de UPs con un área igual o mayor al 5% forestado se mantuvo prácticamente igual en ese período con una variación del 5%, si bien aumentó la superficie promedio forestada. Los establecimientos ganaderos con más del 5% forestado y los forestales aportan 249.190 hectáreas y 469.000 hectáreas a la superficie forestada del país, respectivamente.

Los casos que se incluyen en el proceso de cluster (ganaderos con más del 5% forestado y forestadores) están compuestos por 1.860 casos que se dividen en tres grupos. Estos se diferencian por el tamaño de los montes, la orientación ganadera y su localización. El Grupo 1 (G1) son establecimientos ganaderos pequeños (promedio 243 ha), arriendan 18 % de la superficie, con escasa superficie de campo mejorado: los montes tendrían como objetivo principal el de servicio ganadero ya que son pequeños lotes de 1 hectárea en la mayoría de los casos (valor modal), si bien la media es de superficie y proporción de monte de 155 hectáreas y 48%, respectivamente. El primer grupo (G1) lo conforman unidades productivas (UP) de ganaderos pequeños que manejan una baja proporción de ganado ajeno, la orientación de la producción ganadera es de ciclo completo, representan el 72% de las UPs y el

28% de la superficie forestada. Como se observa en la Tabla 2 están difundidos en la zona Sur-Este del país. Una proporción importante de las UG de cría (35%) se encuentra fuera del predio (Tabla 3).

El Grupo 2 está compuesto por predios grandes con montes destinados a la comercialización de los mismos; se encuentran principalmente en la zona Litoral y lo conforman empresas ganaderas y forestales en una proporción muy semejante. Es el grupo menos numeroso pero el que concentra la mayoría de los montes: representan 9% del universo y 44 % de las tierras forestadas, la superficie más frecuente de los montes es de 300 hectáreas, si bien el promedio está muy por encima de este valor; la orientación ganadera es la de invernada de ganado.

El Grupo 3 son UP medianos con montes forestados, en su mayoría de 100 ha (valor modal), que se encuentran en la zona sureste (19% del total de UP) con el 28% del total del área forestada en los tres grupos (632.723 hectáreas). Son ganaderos medianos con escasa proporción de praderas y un valor intermedio de ganado fuera del establecimiento (8%).

La proporción de ganado propio en el establecimiento es alta para todos los grupos, sin embargo el G1 manda una alta proporción de categorías de cría a otros campos.

Tabla 3.- Valores medios de las variables seleccionadas en los tres grupos.

Valores Medios	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Superficie Total (ha)	243,8	4.328,6	1.127,2
Superficie Arrendada (ha)	28,7	402,3	74,5
Campo Natural (ha)	68,6	2.020,4	459,5
Praderas (ha)	5,2	30,6	10,7
Superficie Forestada (ha)	155,0	1.965,5	498,8
Proporción superficie forestada: (%)	48	43	40
UG	74,2	1.230,9	544,3
UG/ha	0,5	0,5	0,6
UG propias en el establecimiento	46,7	1.230,9	455,1
Proporción ganado propio en la UP (%)	94	93	92
Orientación ganadera (Índice 1)	2,0	7,4	5,7
Proporción de las categorías de cría fuera del establecimiento (%) (Índice 3)	35	4	18
N° Establecimientos Ganaderos	840	80	322
N° Establecimientos Forestales	458	64	64

\* Este Índice relaciona las proporción de categorías de cría y engorde cuyo valor indica: 0,2-2 Ciclo completo, > 2: Invernador

## Discusión

De acuerdo a la descripción que surge de los tres grupos el G1 comprende a los ganaderos pequeños cuyos montes tendrían una orientación de servicios hacia la ganadería. En este grupo y dado el valor modal de 1 hectárea, los montes cosechados se destinan a combustibles y usos locales, ya que la incidencia del transporte en bajos volúmenes es muy alta. En este sentido las acciones deberían ser el de fortalecer el destino del servicio ganadero pero introduciendo especies con alto valor del producto final (Tommasino y Annunziatto, 2014), brindar asesoramiento en la fase silvícola y generar información sobre las posibilidades de comercialización.

El G2 es el que genera la mayor oferta de madera. Son empresas que acceden a convenios con la industria, altos rendimientos de madera debido al acceso de materiales genéticos mejorados. También incluye a las empresas forestadoras, tanto integradas como no integradas verticalmente. Este grupo es el de mayor escala y acceso a los recursos, se articula naturalmente y no requeriría acciones específicas de promoción. Finalmente el G3 es un grupo intermedio donde las acciones de promoción y apoyo serían dirigidas hacia los montes con destino principal de comercialización, integrados con la gana-

dería. Este grupo se encuentra mayoritariamente en el Sur-Este que es la zona de la nueva expansión forestal.

Existen unos pocos casos que no entran en ningún agrupamiento, lo que surge de la diferencia observada entre 1.860 casos en los clusters y los 1.929 casos en la base nacional. Los casos como estos, llamados outliers presentan un valor residual muy alto, por lo que se debería avanzar en las características de estos y ver si corresponden a empresas grandes del sector. Para el agrupamiento se utilizó asimismo el método Ward ya que el porcentaje de outliers es bajo (3,6%) y es el método que realizó una mejor distribución.

La descripción de los grupos conformados revela diferentes orientaciones productivas, destino de los montes forestales y distribución geográfica. Los ganaderos en especial el G3 tiene capacidad para aportar a la industria del aserrado y tableros, los cuales poseen capacidad ociosa por lo que se deberían tener acciones de estímulo en ese sentido. El G1 debería ser apoyado con planes de fomento, ya que engloba pequeños UP ganaderos con pocas posibilidades de realizar acuerdos con las industrias. El G3 debería ser más desglosado en la conformación del tipo de empresas.

## Conclusiones

El agrupamiento sobre la base de registro nacional permite obtener las características productivas de los grupos y orientar acciones de estímulo para favorecer un mayor valor agregado en los productos maderables. El sector ganadero

presenta un alto potencial de contribución al sector forestal. Se debe profundizar en las características de los grupos hallados en especial entre unidades productivas forestadoras y ganaderas.

## Agradecimientos

Se agradece al apoyo financiero brindado por INIA para realizar este trabajo, a la ANII por brindarme la oportunidad de capacitarme. También los comentarios y sugerencias del Ing. Agr. Waldemar Annunziatto quien realizó valiosos aportes.

## Bibliografía

- Azzarini; Bonnacarrere; Deambrosis ;Echavarren; Del Puerto; Rovira; Vigorito, 1972. Producción y Comercialización de Carnes, Rustica, Montevideo, pp. 300.
- Barbier E.; Burgess J.; Grainger A., 2010. The forest transition: Towards a more comprehensive theoretical framework. *Land Use Policy* 27, 98-107.
- Cohan, H. E. 1975. Tipificación de Empresas y Análisis de Sistemas. Uruguay. Seminario sobre Métodos y Problemas en Tipificación de Empresas Agropecuarias. Montevideo, Uruguay, Reunión IICA 92, vol.3, Cap.5. p.7.
- Cormak R.M., 1971. A review of classification. *Journal of the Royal Statistical Society* 134 (1971), pp. 321-367.
- Dicose.- Dirección de Contralor de Semovientes. 2014. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/DGSG/DICOSE/dicose.htm#-datos> (Consultado 22.10.2014).
- DIEA, 2013. Anuario Estadístico Agropecuario 2013. Montevideo, 269 pp. Disponible en: [http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxp001.aspx?7,5,754,O,S,0,MNU;E;27;9;MNU;,\(Consultado 25.02.14\)](http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxp001.aspx?7,5,754,O,S,0,MNU;E;27;9;MNU;,(Consultado 25.02.14)).
- Ferreira G., 1997. An evolutionary approach to farming decision making on extensive rangelands. TESIS de Doctorado en Economía Agrícola. Edinburgo, University of Edinburgh, 372 p.
- Gramann J., Marty T., Kurtz W., 1985. A logistic analysis of the effects of beliefs and past experience on management plans for non-industrial private forests. *Journal of Environmental Management* 20: 177-185



- Jennings S.M., van Putten I.E., 2006. Typology of Non-Industrial Forest Owners in Tasmania. *Small-scale Forest Economics. Management and Policy* 5(1), 37-56.
- Howard, T., Brown S., 2000. *Handbook of Applied Multivariate Statistics and Mathematical Modelling*. Ed. H.E.A Tinsley, Cap. 11: 298-324, Academic Press, San Diego.
- Mooi E., Sarstedt M., 2011. Cluster Analysis, Chapter 9. In: *A Concise Guide to Market Research. The Process, Data, and Methods Using IBM SPSS Statistics*, XX, 347p. ISBN: 978-3-642-12540-9.347.
- MGAP, 2001. *Legislación Sanitaria Animal Tomo I*, Capítulo 4 pág. 409, Montevideo Disponible en: [http://www.mgap.gub.uy/dgsg/legislacion/Cap4\\_Normas\\_Control.pdf](http://www.mgap.gub.uy/dgsg/legislacion/Cap4_Normas_Control.pdf), (Consultado 21.01.15).
- Prieto V., Wins R., 2007. Comparación de diferentes agrupamientos generados utilizando técnicas multivariadas y distintos tipos de variables. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía, 94 p.
- Saravia A., César D., Montes E., Taranto V., Pereira M., 2011. Manejo del rodeo de cría sobre campo natural. Montevideo, pp. 80. [http://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/21\\_manual.pdf](http://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/21_manual.pdf), 19th August 2014.
- Tommasino H., Annunziatto W., 2014. ¿Cómo mejorar la cadena forestal uruguaya? En: *Opypa*(Ed.). *Anuario 2014 Opypa*, Montevideo, pp. 223-234.
- Ward, J.H., 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American statistical association* 58 (301), 236–244.

# Impacto de la *Collaria spp.* en Sistemas silvopastoriles intensivos –SSPi y Sistemas convencionales, monocultivo de pasto Kikuyo, *Pennisetum clandestinum*

Ochoa, D. E.\*; Lopera, J. J.\*; Márquez, S. M.\*\*; Chará, J.\*; Murgueitio, E.\*

## Resumen

La ganadería de leche en Antioquia está fundamentada en sistemas intensivos de monocultivo de pasto Kikuyo, *Pennisetum clandestinum* y la principal plaga que afecta este pasto es la *Collaria*, un insecto fitófago que disminuye el contenido nutricional de la planta, además de la capacidad de carga y la producción de leche. El objetivo es comparar el comportamiento y el nivel de daño del invertebrado en los Sistemas Silvopastoriles Intensivos – SSPi y en Sistemas Convencionales de monocultivo de pasto Kikuyo, *Pennisetum clandestinum*. Materiales y métodos; se realizaron diez pases dobles de jama en cuatro tratamientos, dos en SSPi, árboles dispersos en alta densidad y sistema convencional, todos con medidas repetidas en el tiempo. Resultados obtenidos; la población de *Collaria* en los SSPi y en árboles dispersos en alta densidad es inferior al umbral de 10 insectos por cada 10 pases dobles de jama, comparado con el monocultivo que supera el umbral, requiriendo algún tipo de control. Igual ocurre con el daño, a mayor presencia del insecto aumenta la probabilidad del nivel de daño; en la escala de daño del sistema convencional, el 60 % del pasto se encuentra en los niveles dos y tres, lo que indica que más de la mitad del pasto presenta una deficiencia en el contenido nutricional.

**Palabras claves:** *Sistemas silvopastoriles, monocultivo, Collaria.*

## Impact of *Collaria spp.* Intensive silvopastoral systems - iSPS and Conventional systems, monoculture Kikuyu grass, *Pennisetum clandestinum*

## Abstract

Dairy farming in Antioquia is based on intensive monoculture systems Kikuyu grass, *Pennisetum clandestinum* and the main pest of this grass is *collaria* a phytophagous insect that decreases the nutritional content of the plant, plus the ability to loading and milk production. The objective is to compare the behavior and level of damage *collaria* in Silvopastoral Intensive Systems – iSPS and Conventional Systems monoculture Kikuyu grass, *Pennisetum clandestinum*. Materials and methods; jama ten double passes in four treatments, two in SSPi, scattered trees in high density and conventional system, all with repeated measures over time were performed. The results obtained; *collaria* population in the SSPi and scattered trees at high density is below the threshold of 10 insects per 10 double passes of jama, compared with monoculture, requiring some form of control. So is the damage, the greater the presence of the insect level increases the probability of damage, so that in the conventional system the scale of damage in 60% of the grass is at levels two and three, indicating that more Lea half presents a deficiency in nutrient content.

**Key words:** *Silvopastoral systems, monoculture, Collaria.*

\*Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV. Carrera 25 No 6-62 Cali, Colombia. danielo@fun.cipav.org.co \*\*Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Colombia.

## Introducción

La ganadería es la actividad humana que ocupa una mayor superficie de la tierra. La expansión de la producción ganadera es un factor fundamental en la deforestación, especialmente en América Latina, donde se está produciendo una deforestación muy intensa para convertir ecosistemas naturales en sistemas con monocultivo de pastos (Steinfeld et al., 2006), (Fao, 2010), lo que causa la aparición de plagas y enfermedades y permite la proliferación a un nivel que puede causar pérdidas económicas, según Altieri citado en (Nicholls, 2008), (Vázquez, 2010). El sistema convencional de ganadería de leche intensiva en el trópico alto colombiano, se encuentra fundamentado en el monocultivo del pasto Kikuyo,

*Pennisetum clandestinum*, (Márquez, 2013) y la *Collaria spp.*, se ha convertido en la plaga más incidente, encareciendo los costos de producción, reducción de la carga animal y una significativa merma en la producción de leche (Vergara, 2006), (Barreto, 1998).

Los sistemas de reconversión ganadera, en particular los sistemas silvopastoriles, son alternativas viables en la recuperación de la biodiversidad en las áreas productivas. (Murgueitio, 2011). Por ello el propósito de esta investigación es, comparar el comportamiento y el daño de la *Collaria* en Sistemas Silvopastoriles Intensivos – SSPi y en Sistemas Convencionales de monocultivo de pasto Kikuyo, *Pennisetum clandestinum*.

## Materiales y Métodos

### Localización

Las evaluaciones se están desarrollando en el predio Cien Años de Soledad, ubicada en la vereda El Tablazo (municipio de Rionegro – Ant.), dentro del altiplano del oriente antioqueño, a una altura que oscila entre 2200 y 2350 msnm, en una zona de vida de bosque húmedo montano bajo (bmh-MB) en el sistema de clasificación para las zonas de vida según (L. R. Holdridge, 1976). La precipitación promedio anual varía entre 2000 y 3000 mm, presentando un régimen de precipitaciones bimodal y una temperatura promedio anual de 17 °C. El predio presenta una extensión de aproximadamente 15 ha y el objetivo productivo es la ganadería de leche.

### Evaluaciones de la *Collaria* y el daño causado en el pasto Kikuyo

En el predio Cien años de Soledad, se seleccionaron cuatro sistemas de producción, se escogieron al azar dos puntos y se realizaron diez (10) pases dobles con jama entomológica, en trayectos lineales de diez metros de largo y dos metros de ancho. Las mediciones se repetían cada quince días, durante el periodo de descanso y antes de cada pastoreo (Galindo et al., 2001). Los insectos colectados, fueron almacenados en una cámara letal con acetato de etilo (Márquez, 2005).

Se considera que hay daño económico, cuando los individuos adultos colectados están por encima de diez (10) insectos por cada diez (10) pases dobles de jama, requiriendo algún tipo de control (Echeverry, 2012). A continuación se presenta la escala de los niveles de daño con que se evaluó la pastura.

### Tratamientos evaluados

**Tratamiento 1 - BP:** Sistema Silvopastoril intensivo (SSPi), conformado por botón de oro asociado a pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

**Tratamiento 2 – ABP:** Sistema Silvopastoril intensivo (SSPi), conformado por botón de oro asociado a pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Aliso (*Alnus acuminata*).

**Tratamiento 3 – AP:** Árboles en alta densidad asociado al pasto kikuyo.

**Tratamiento 4 – P:** Monocultivo de pasto Kikuyo con árboles en los perímetros.

### Análisis estadístico

La unidad experimental corresponde a los dos puntos evaluados en cada tratamiento; se realizaron repeticiones para cada uno de ellos en el tiempo durante un año. Los datos obtenidos en la evaluación poblacional de la *Collaria*, se analizaron mediante el procedimiento PROC MIXED de SAS (2001), usando el modelo correspondiente a un diseño completamente al azar (DCA) con medidas repetidas en el tiempo (Littell et al., 1996). El ajuste del modelo elegido fue determinado mediante el criterio de información bayesiano de Schwarz (BIC), (Vallejo et al., 2010). La comparación de medias se realizó por medio de la instrucción LSMEANS, con una significancia del 0,05.

El análisis del nivel de daño promedio en cada uno de los meses evaluados en el periodo, se realizó a través de la utilización de las hojas de cálculo establecida por Microsoft Office.

**Tabla 1.** Nivel de daño ocasionado por *Collaria oleosa* en el pasto

<b>Daño</b>	<b>Nivel</b>	<b>Descripción</b>
Ausencia de daño	0	Pasto sano
Daño leve	1	Presencia de puntos blancos
Daño moderado	2	Amarillamiento en bordes y ápice
Daño grave	3	Necrosis apical

(Vergara, 1996) consultado en (Sierra et al 2001).

## Resultados y discusión

### Evaluación de la población de *Collaria* en SSPi y monocultivo de pasto Kikuyo

El modelo que presenta un mayor número de insectos en las unidades experimentales, fue el monocultivo de pasto, tratamiento (P) y muestra una diferencia significativa en los meses de agosto, octubre, noviembre y febrero de 2014 en relación a los demás tratamientos (Figura 1). En los meses restantes no hubo una diferencia relevante y esto puede ser explicado por el tamaño del lote y por las cercas vivas que presenta el sistema. Durante las evaluaciones, los modelos restantes no presentaron una diferencia importante entre ellos, pero en los primeros meses de evaluaciones mostraron un alto número de insectos que se fueron controlando con el manejo adecuado de los sistemas. El modelo que muestra un menor número de insectos, fue el de árboles dispersos asociados al pasto, tratamiento (AP), y la diferencia que existe con los demás sistemas, es la disminución en la temperatura por la presencia de árboles en alta densidad. Con presencia de lluvias, se espera que la población del insecto disminuya pero en el monocultivo sucede lo contrario en el mes de

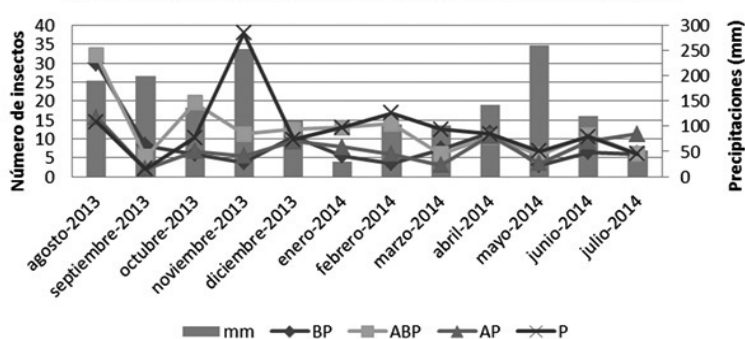
noviembre y esto puede ser explicado porque el ambiente en los demás tratamientos es más controlado.

En las siguientes gráficas (Figura 2, 3, 4 y 5), se puede observar el comportamiento de la población de *Collaria* y el nivel de daño en las hojas. En el primer tratamiento, la población del fitófago, no supera el umbral de los 10 insectos en los diez pases dobles de jama, sólo presenta un comportamiento diferente en los meses de agosto, diciembre y abril, lo que coincide con el aumento en las temperaturas de la zona, por ende el aumento en los niveles de daño dos y tres, un promedio de 40%, el resto se encuentra en los niveles cero y uno, lo que indica que, el 60 % es altamente aprovechado por el animal y es mayor el contenido nutricional de los tejidos. En el segundo tratamiento, se observa una tendencia igual con un promedio 57 % en niveles cero y uno. El tratamiento tres, presenta el menor promedio de insectos, 8 fitófagos y un menor daño, 77 % en los niveles cero y uno; en el último tratamiento, se pueden observar picos que superan el umbral, con 13 insectos promedio y 62 % en la escala de daño dos y tres, una pasto con una calidad regular y una menor capacidad de carga.

**Tabla 2.** Se presentan los resultados de tendencia de la *Collaria* en los cuatro tratamientos con repeticiones en el tiempo.

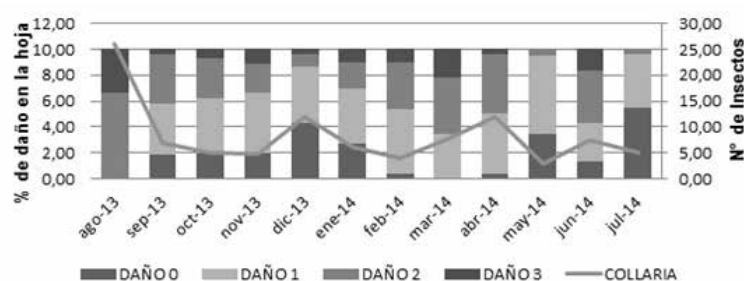
Tiem Ttos	VALORES DE TIEMPO												*ESM
	Agosto 2013	Septiembre 2013	Octubre 2013	Noviembre 2013	Diciembre 2013	Enero 2014	Febrero 2014	Marzo 2014	Abril 2014	Mayo 2014	Junio 2014	Julio 2014	
BP	30 <sup>a</sup>	8,25 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	3,75 <sup>a</sup>	10,5 <sup>a</sup>	5,5 <sup>a</sup>	3,5 <sup>a</sup>	7,25 <sup>a</sup>	11,5 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	6,5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	4,1248
ABP	32 <sup>a</sup>	5,25 <sup>a</sup>	19,5 <sup>b</sup>	11,25 <sup>a</sup>	12,5 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	10,5 <sup>a</sup>	5,75 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	4,1248
AP	15,75 <sup>b</sup>	2 <sup>a</sup>	6,75 <sup>a</sup>	5,5 <sup>a</sup>	9,25 <sup>a</sup>	7,875 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	10,75 <sup>a</sup>	3,5 <sup>a</sup>	9,25 <sup>a</sup>	11,25 <sup>a</sup>	4,1248
P	14,5 <sup>b</sup>	2 <sup>a</sup>	10,25 <sup>ab</sup>	38 <sup>b</sup>	9,75 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	16,75 <sup>bc</sup>	12,5 <sup>a</sup>	11,25 <sup>a</sup>	6,75 <sup>a</sup>	10,5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	4,1248

\*ESM: Error estándar de la media; Medias que tengan una letra común entre columnas, no difieren significativamente.



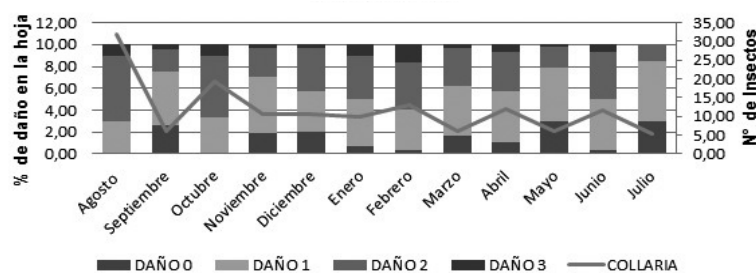
mm: Precipitación – BP: Botón y Pasto – ABP: Árboles, Botón y Pasto – AP: Árboles y Pasto – P: Pasto

Figura 1. Nivel de daño en el pasto causado por la *Collaria*



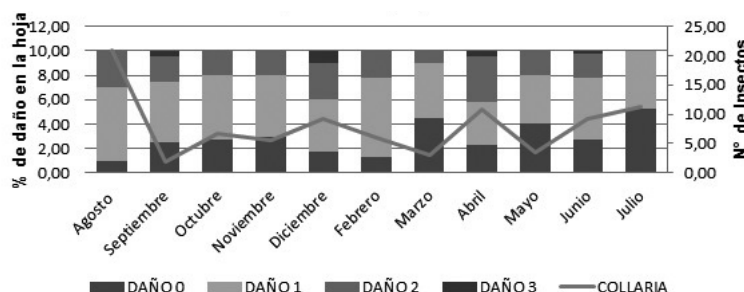
Daño 0: Pasto sano - Daño 1: Presencia de puntos blancos – Daño 2: Amarillamiento en bordes y ápice – Daño 3: Necrosis apical

Figura 2. Nivel de daño por *C.scenica* en el pasto vs población (Ta)



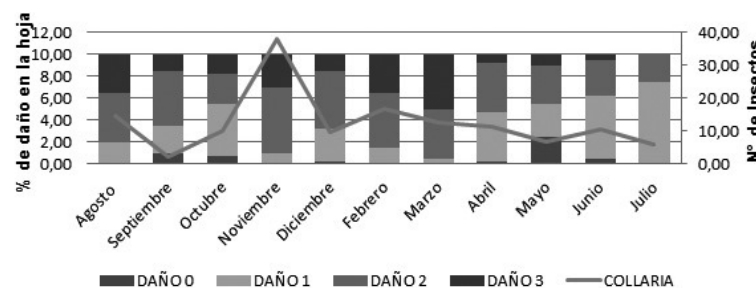
Daño 0: Pasto sano - Daño 1: Presencia de puntos blancos – Daño 2: Amarillamiento en bordes y ápice – Daño 3: Necrosis apical

Figura 3. Nivel de daño por *C.scenica* en el pasto vs población (Tb)



Daño 0: Pasto sano - Daño 1: Presencia de puntos blancos – Daño 2: Amarillamiento en bordes y ápice – Daño 3: Necrosis apical

Figura 4. Nivel de daño por *C.scenica* en el pasto vs población (Tc)



Daño 0: Pasto sano - Daño 1: Presencia de puntos blancos – Daño 2: Amarillamiento en bordes y ápice – Daño 3: Necrosis apical

Figura 5. Nivel de daño por *C.scenica* en el pasto vs población (Td)

## Conclusión

Con la utilización de los SSPi se puede mantener la población del insecto *Collaria* controlada, sin hacer uso de los insecticidas químicos que ocasionan un daño tanto a los animales como a los humanos y disminuyendo los costo de producción. Además de los beneficios que tiene la implementación de los arbustos y árboles, como es el caso del aliso, que permite aumentar la fijación y disponibilidad de nitrógeno en el suelo evitando el uso de fertilizantes químicos, asimismo, mantiene el ambiente controlado en el potrero. Con el Botón de oro, se atraen insectos benéficos; depredadores de *Collaria* como es el coleóptero *eripis sp*, un Coccinélido, un hemíptero de la familia Nabidae

y los arácnidos. Adicional a esto, se aumenta el contenido de proteína en los potreros, la cantidad de biomasa y la disponibilidad de fósforo (P) en el suelo. Los dos tratamientos con SSPi y los árboles en alta densidad, son sistemas sostenibles que permiten tener una buena producción sin afectar el ambiente, en general el pasto presenta un mejor estado nutricional y el sistema una capacidad de carga mucho mayor, dado al consumo de un pasto de mejor calidad. Cuando se produce en sistemas convencionales se requiere de usos de insecticidas para el control de las plagas y de los daños causados al pasto, de lo contrario la producción sería muy deficiente.

## Bibliografía

- Barreto, N., Martínez, E. 1998. La chinche de los pastos *Collaria scenica* Stal en la sabana de Bogotá. 66.
- Calegario, N., R. Maestri, C. Leal, y R. Daniels. 2005. Estimativa do crescimento de povoamentos de *Eucalyptus* baseada na teoria dos modelos não lineares em multiníveis de efeito misto. *Ciência Florestal* 15:285.
- Carrero, O., M. Jerez, R. Macchiavelli, G. Orlandoni Stock J. 2008. Ajuste de curvas de índice de sitio mediante modelos mixtos para plantaciones de *Eucalyptus urophylla* en Venezuela. *Interciencia* 33:4
- Echeverry, J. 2012-1. Manejo de pastos y forrajes. Notas de clase, Universidad de Antioquia.
- FAO. 2010. Ganadería y deforestación. Políticas pecuarias. Dirección de producción y sanidad animal <http://www.fao.org/3/a-a0262s.pdf>.
- Galindo, J., Barreto, N., Ospina, D. 2001. Una metodología muestral sugerida para la estimación de la población de la chinche de los pastos en la sabana de Bogotá, pp 6.
- Holdridge, L. 1976. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica.
- Márquez, S., 2013. Riesgo ambiental por uso del clorpirifos en zonas de ganadería de leche y propuestas de conversión agroecológicas, en San Pedro de los Milagros, Colombia, pp. 3-6.
- Márquez, J., 2005. Técnica de colecta y preservación de insectos. Boletín sociedad entomológica aragonesa. Hidalgo, México. 24 p.
- Murgueitio, E., 2011. Los sistemas silvopastoriles intensivos SSPi en el trópico húmedo: reconversión ambiental con producción ganadera rentable, Cali, pp. 7
- Nicholls, C., 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Antioquia, pp. 15-16.
- Littell RC, Milliken GA, Stroup WW, Wolfinger RD. 1996. SAS® System for Mixed Models. SAS Institute. Cary (North Carolina, USA). 633 p.
- Sierra, P., Builes, A., Gómez, C., Murgueitio, E. Evaluación de la producción y calidad del Kikuyo *Pennisetum clandestinum*, asociado con árboles de Aliso, *Alnus acuminata*, en los andes centrales, Antioquia. pp 16.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., Haan, C., 2006. *Livestock's long shadow*, Roma, pp. 407.
- Vázquez, L. (2010). Manejo plagas en la agricultura ecológica. La Habana, Cuba. Boletín Fitosanitario No. 15, 120 p.
- Vallejo G, Arnau J, Bono R, Fernández P, Tuero E. 2010. Selección de modelos anidados para datos longitudinales usando criterios de información y la estrategia de ajuste condicional. *Psicothema* 22:323.

# Desarrollo de un simulador para manejo de producciones silvopastoriles sobre campo natural

*F. Varela, A. Bussoni, F. Dieguez*

## Resumen

Uruguay ha venido incrementando el área de pastoreo bajo dosel, lo que se transforma en una importante actividad económica. Los sistemas de producción silvopastoril están basados en la combinación de componentes forestal, pasturas y animales y deberían procurar optimizar la interacción de estos factores y beneficiar el sistema en su totalidad. En Uruguay se han desarrollado modelos de simulación de producción ganadera y modelos de crecimiento forestal en forma separada, no existiendo herramientas que permitan simular la evolución de los componentes silvopastoriles a lo largo del desarrollo del cultivo forestal. Este trabajo tiene como objetivo desarrollar un modelo de simulación de silvopastoreo que apoye la toma de decisiones en la producción. La estructura del simulador se basa en un módulo animal que contempla la cantidad de unidades ganaderas, carga en la superficie, diferentes categorías del rodeo y variación de peso en kilos de carne. El segundo módulo, el pastoril atiende a la oferta de materia seca para alimentar el stock animal, y tiene en cuenta la superficie disponible para pastoreo, el tipo de tapiz natural o mejorado y la estacionalidad de crecimiento de las pasturas. El módulo forestal considera la superficie de bosque en los diferentes potreros, el diseño o marco de plantación, aspectos dendrométricos de crecimiento de los árboles en diámetro y altura. En una siguiente etapa se incorporará el crecimiento del dosel y el pasaje de luz solar a los estratos inferiores modulando los efectos sobre la oferta forrajera. Esto permitirá poder simular diferentes marcos de plantación y la incidencia sobre los resultados económico – productivos del sistema.

*Palabras clave:* programa de simulación, forraje, materia seca, sistema, campo natural.

## Development of a simulator for silvopastoral systems management on natural pastures

## Summary

Uruguay has been increasing the grazing area under trees shade, which becomes an important economic activity. Silvopastoral production systems are based on the combination of forest components, pastures and animals, they should attempt to optimize the interaction of these factors and benefit the whole system. In Uruguay, there have been developed simulation models of livestock production and on the other hand, forest growth models, with no tools that allow to simulate the evolution of silvopastoral components throughout the forest crop development. This aims is to develop a silvopastoral simulation model which support the decisions in production. The structure of the simulator bases on an animal module which includes the amount of livestock, the charge on the surface, the different rodeo categories, and the weight variation in meat kilos. The second module, the pastoral one has the aim to simulate the offer of dry matter of the fodder to feed the animal stock, and bears in mind the available area for grazing, the kind of natural or enhanced tapestry, seasonality of pasture growth. Forest module considers the area of forest in the different paddocks, the planting design frame, dendrometric aspects of tree growth in diameter and height. In a next stage will be incorporated the canopy growth and the passage of sunlight to the lower strata modulating the effects on forage offer. This will allow simulate different planting frames and the impact on the economic – productive results of the system.

*Keywords:* simulation software, fodder, dry matter, system, natural grassland.

## Introducción

Los sistemas de producción silvopastoril están basados en la combinación de componentes forestales, pasturas y animales y deberían procurar optimizar la interacción de estos factores y beneficiar el sistema en su totalidad. En general pueden generar ingresos económicos a la vez que crean un sistema sostenible con beneficios ambientales; esto puede ayudar a desarrollar la economía rural de un establecimiento que adopte este tipo de manejo. El ganado bajo pastoreo requiere de un manejo adecuado para poder administrar eficientemente los recursos y disminuir las interacciones negativas, ya que debe ser manejado en forma intensiva. El productor o encargado debe conocer cómo crece el forraje, el tiempo adecuado para el pastoreo, excluir los animales de las siembras nuevas, evitar el acceso por un tiempo a las nuevas plantaciones para no perjudicar los árboles en desarrollo, evitar el sobrepastoreo, el pisoteo excesivo y controlar la carga animal para evitar la compactación del suelo. Se trata de una práctica con mayores exigencias para asegurar un buen desarrollo de todos sus componentes.

Uruguay ha venido incrementando el área de pastoreo bajo dosel, lo que se transforma en una importante actividad económica. Los antecedentes de modelos nacionales son por un lado herramientas de simulación ganaderas (Dieguez *et al.*, 2012; Pereira y Soca, 1998) y por otro simuladores de crecimiento forestal (Methol, 2003; Methol, 2008, Hirigoyen *et al.*, 2013) no contando con herramientas que permitan modelar la evolución de la carga animal, la oferta de forraje a medida que la plantación crece y las variables económicas y ambientales. Dentro de los modelos aplicados a la ganadería extensiva, Megane (Dieguez *et al.*, 2012) simula el funcionamiento de una explotación ganadera sobre campo natural. Es un modelo dinámico ya que el sistema evoluciona en el

tiempo, es empírico porque reproduce las relaciones entre sus componentes a partir de observaciones experimentales y referencias locales y es un modelo determinístico debido a que no tiene asociado una distribución de probabilidad de ocurrencia de los eventos. El sistema ganadero modelado tiene dos componentes principales: la altura del pasto en cm y el peso de los animales en kg/cabeza (Figura 1). Utiliza como *inputs* la altura inicial de la pastura y el peso inicial de los animales, además de la estación, número y tipo de animales para realizar las simulaciones. Se ajusta diariamente el balance diario entre la oferta de forraje, consumo y ganancia de peso.

El modelo presenta como resultados principales la evolución trimestral de la Altura del pasto y del Peso vivo promedio de los animales, en función de la situación inicial establecida. Otros resultados son la dotación y la ganancia de peso por hectárea, eficiencia de cosecha, eficiencia de conversión, consumo animal y resultados de preñez. La herramienta PlanG (Pereira y Soca, 1998) que funciona sobre planillas de cálculo, permite el control de movimiento de ganado y estima el rendimiento del ejercicio, balance forrajero, carga animal y es posible optimizar las actividades bajo diferentes escenarios de precios. Otros desarrollos de modelos ganaderos destacados son Farmax (Vogeler *et al.*, 2014) que ajusta el balance de carga ganadera sobre la superficie de pastoreo y estrategias de suplementación y manejo de stock. Entre los modelos que integran los dos componentes a escala de potrero se encuentra Always (Balandier *et al.*, 2003); maneja cinco unidades: clima y suelo que generan recursos para los componentes animal, pastura y árboles.

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un modelo de simulación de silvopastoreo que apoye la toma de decisiones en la producción conjunta.

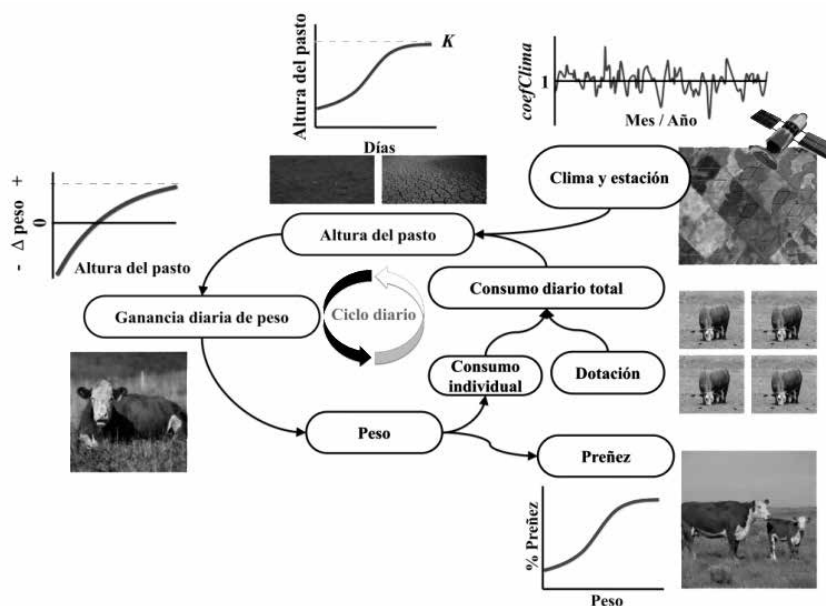


Figura1. Diagrama del MEGanE indicando sus componentes y relaciones.



## Materiales y Métodos

El simulador silvopastoril se desarrolla para una plataforma web, ya que permite una distribución global del producto, y cumple con el objetivo de que pueda llegar a aquellos usuarios – productores, técnicos, profesionales - que tengan interés en evaluar y utilizar la herramienta. En una primera etapa los datos se obtienen a partir de información de parcelas permanentes de medición de madera y forraje de dos estudios de caso en los departamentos de Rocha y Maldonado; se diseña un simulador que interrelaciona en los tres componentes del sistema. Esta información se complementará con la revisión de antecedentes de otros trabajos nacionales sobre las relaciones animal – pastoril, integrándolo al componente ganadero y forestal.

A través de un navegador y contando con acceso a internet, el usuario podrá hacer uso del simulador que brindará privacidad en la información suministrada. Se busca desarrollar una interfaz intuitiva y con ayudas para un uso amigable en el manejo de las pantallas, la carga de datos y las salidas de información. El lenguaje de programación utilizado es C++ generando el código en .Net para ambiente web, evaluando otras herramientas de software libre como Php, mientras que para la creación de tablas, base de datos y acumulación de información, el manejador de base de datos - DBMS – propuesto es MySql por tratarse de una herramienta de código libre. Cabe mencionar que es necesario manejar un volumen importante de datos que deben ser ingresados como inputs al sistema; debe considerarse esta situación en el diseño del simulador para evitar desestimar al usuario generando un tiempo excesivo en el ingreso de los datos.

La estructura del simulador se basa en los siguientes módulos: a) un componente animal que contempla la cantidad de unidades ganaderas, la carga en la superficie, las diferentes categorías del rodeo, la variación de peso en kilos de carne; b)

un componente pastoril que atiende a la oferta de materia seca para alimentar el stock animal, y tiene en cuenta la superficie disponible para pastoreo, el tipo de tapiz natural o mejorado, la estacionalidad de crecimiento de las pasturas y c) un módulo forestal donde se considera la superficie de bosque en los diferentes potreros, el diseño o marco de plantación, aspectos dendrométricos de crecimiento de los árboles, con especial interés en el crecimiento del dosel debido a la incidencia directa que tiene esta característica para el pasaje de luz solar a los estratos inferiores y los efectos sobre el crecimiento de los pastos.

Los outputs son: volumen de madera (m<sup>3</sup>/ha), kilos de carne, mejoras en aspectos productivo y kilos de materia seca producida. Se desarrollan indicadores que dependen del marco de plantación, como afecta éste cambio a la tasa de pasaje de la luz y a su vez como incide esto en la pastura y su crecimiento, lo cual determina una variación en la oferta de alimento al ganado por lo tanto afecta la ganancia de peso diario; cuanto superficie puede ser destinada a los bosques sin afectar negativamente la carga animal. La integración de aspectos productivos ambientales y económicos en una herramienta de simulación permitirá un manejo más eficiente del ganado y proyectar indicadores de sustentabilidad del sistema.

El poder contar con una herramienta que intente comprender y permita realizar un manejo de las variables principales y obtener diferentes escenarios como salidas, es sin duda donde estriba la importancia de éste modelo.

En un ambiente donde no pueden llevarse a cabo experimentos en forma continua, por una razón de tiempos biológicos de crecimiento de cultivos, de procesos de engorde, del mismo modo por una razón de costos y hasta por los efectos ambientales, contar con una metodología de diseño y análisis basada en la simulación resulta en una herramienta relevante.

## Resultados y Discusión

Modelar un sistema que integra varios aspectos y actividades eleva su grado de complejidad. Una forma de facilitar la construcción del modelo es dividir en áreas o módulos independientes y luego estudiar las interrelaciones. Para ello se definen las principales actividades que son: forestación, forraje y ganadería. Dentro de cada módulo se establece la definición conceptual de los procesos principales y la definición de las variables involucradas, a continuación se mencionan en forma esquemática los principales aspectos y variables de interés que debería contemplar el modelo silvopastoril.

En el **módulo pastoril / forrajero**: las relaciones están dadas por la cantidad de luz que llega a la pastura por cierre de copa; el espacio ocupado por bosque, animales y pastura en la superficie total productiva; la disponibilidad de forraje para consumo; las especies que conforman la pastura; el efecto del pisoteo animal; y aspectos de manejo como mejoras del tapiz natural y la accesibilidad al forraje disponible (Figura 2<sup>1</sup>).

Las variables de interés son la tasa de crecimiento de la pastura, la cantidad de forraje disponible, la digestibilidad de la pastura.

En el módulo forestal: las relaciones de interés están dadas por la luz que llega a la pastura por cierre de copa, la variación en la temperatura ambiente bajo el dosel; el espacio ocupado por bosque, animales y pastura en la superficie total productiva (Figura 3).

Las variables a considerar son la cantidad de árboles plantados, la fecha de plantación, edad de proyección final, el crecimiento en altura (H) y diámetro (AB), el diámetro máximo y desvío estándar, la tasa mortalidad de la población, el Índice de sitio, el marco de plantación, diseño de plantación – distancia entre filas y entre individuos -, el crecimiento de la copa - cierre del dosel - y aspectos de manejo como raleos y podas.

En el **módulo ganadero / animal**: se analizan las relaciones espacio ocupado por bosque, animales y pastura en la superfi-

<sup>1</sup> Nota: Las imágenes 2,3 y 4 fueron desarrolladas con software Stella iseesystems, versión demo.

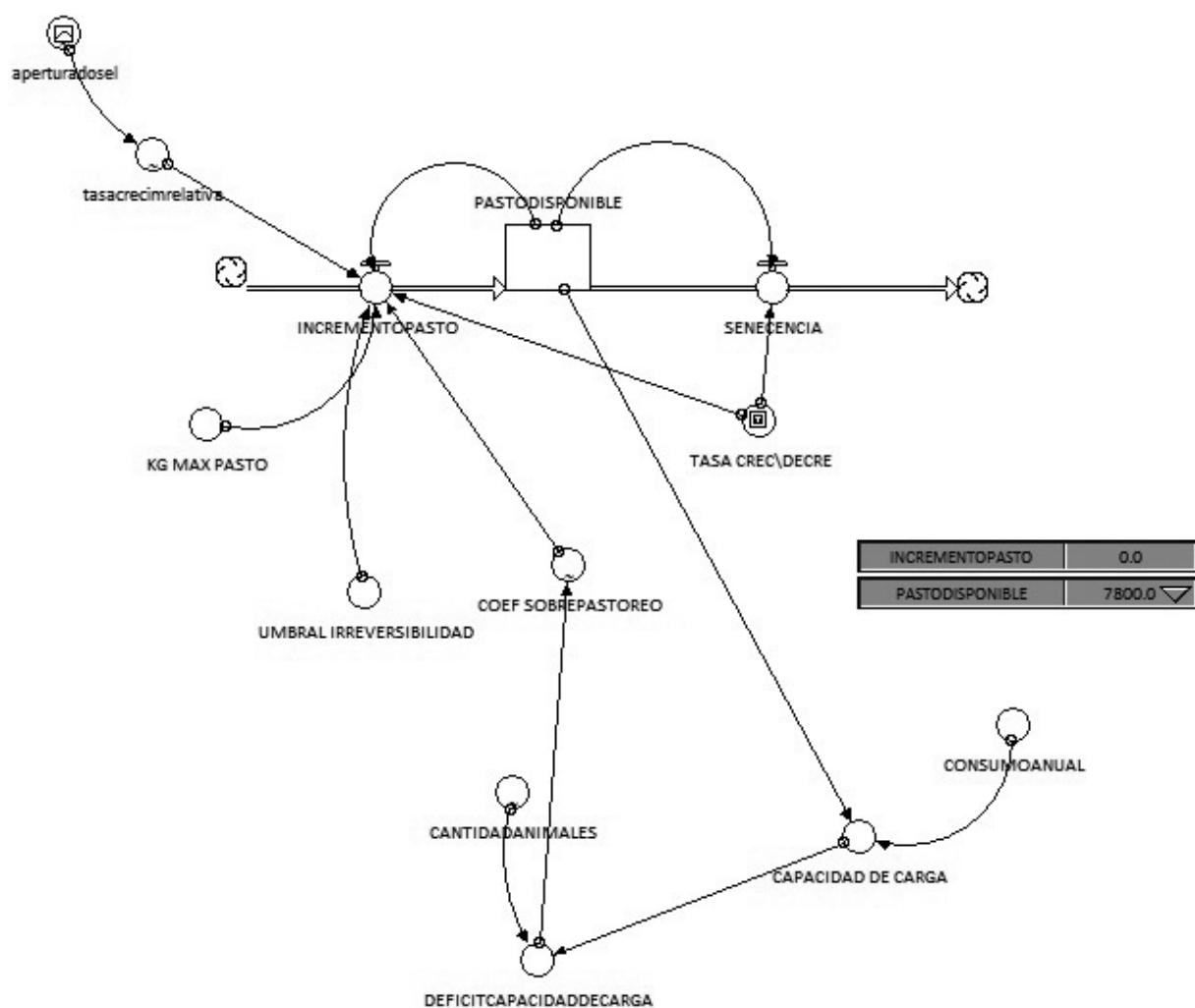


Figura 2. Diagrama de la interacción de variables dentro del subsistema pastoril forrajero.

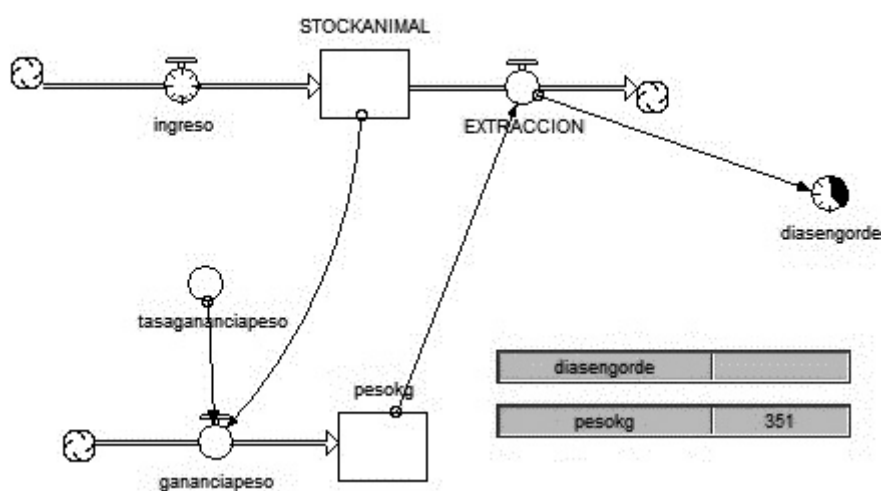


Figura 3. Diagrama de la interacción de variables dentro del subsistema forestal

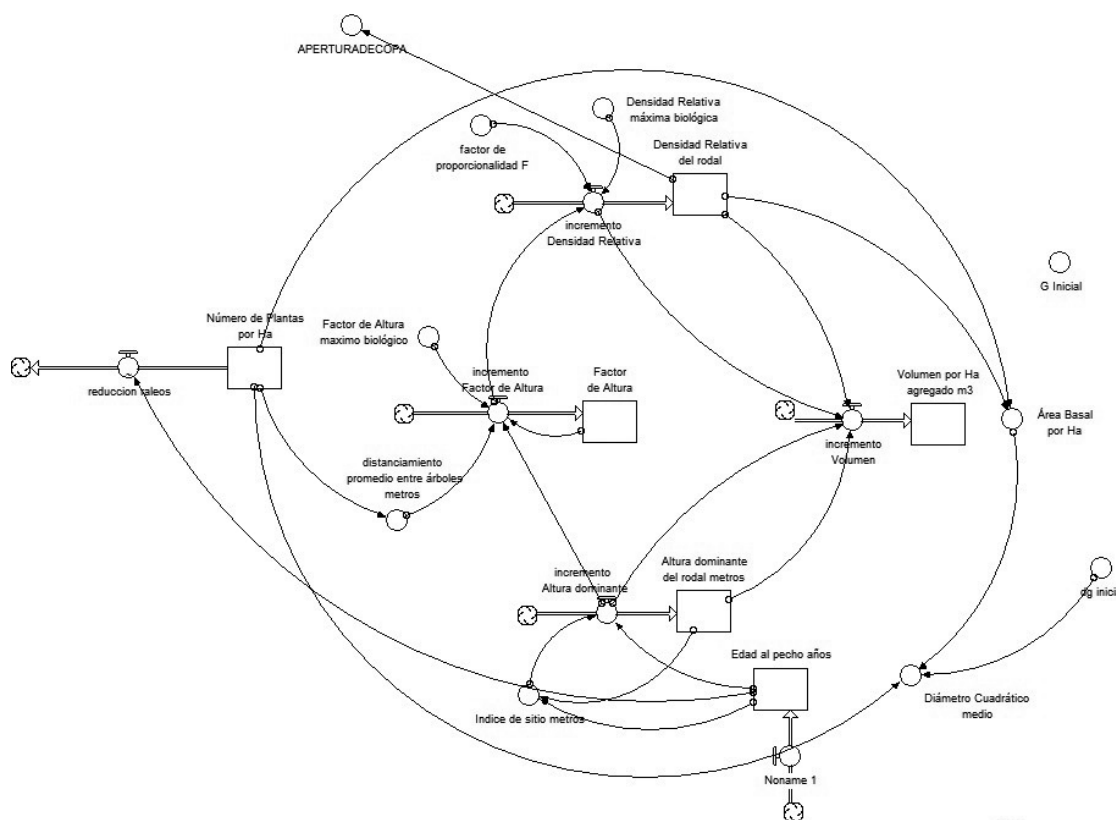


Figura 4. Diagrama de la interacción de variables dentro del subsistema animal.

cie total productiva, pisoteo animal, capacidad de carga; disponibilidad de forraje para consumo, y aspectos de manejo de rodeo como movimientos de stock dentro del establecimiento, ingresos, egresos y cambios de categorías (Figura 4).

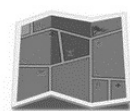
Las variables para éste módulo son el stock animal, la capacidad de carga (UG), el peso vivo de animales, el consumo diario por animal, la tasa ganancia diaria de peso, las categorías animales que forman el rodeo, la distribución de energía metabólica para mantenimiento y engorde, las deposiciones (kg/día).

A partir del simulador existente Megane, que trabaja sobre

el balance diario de oferta de materia seca y demanda para satisfacer la alimentación del rodeo, el simulador silvopastoril que se está desarrollando busca integrar la actividad forestal e investiga sobre las nuevas condiciones generadas en el sistema y las respuestas obtenidas.

En la actualidad el trabajo se desarrolla en parte a nivel de campo donde se realiza la recolección y posterior procesamiento de datos de parcelas forestadas y pasturas para ciertas zonas del país, y a nivel de gabinete donde se trabaja en el diseño del software y revisión de antecedentes.

Se ilustra a continuación algunas pantallas del simulador:



Potrero	Facilidad de acceso	Descripción	Categoría	Pastura dominante	Tipo de suelo	Superficie forestada (ha)	Superficie no disponible (ha)	Superficie pastura (ha)	Superficie total (ha)	Superficie disponible (%)
POTRERO 3	ACCESO FACIL	POTRERO NORTE MEJORAS Y AGUADA	CATEGORIA ALTA	CN PROMEDIO (SUPERFICIAL Y PROFUNDO)	2.11	5,00	0,00	20,00	25,00	80,00 %
POTRERO 4	ACCESO MEDIO	POTRERO NORTE SIN AGUADA	CATEGORIA MEDIA	CNM PROMEDIO C/(TB+L)	2.10	0,00	1,00	23,00	24,00	95,83 %
POTRERO SUR	ACCESO FACIL	POTRERO AL SUR CON AGUADA	CATEGORIA ALTA	CN PROMEDIO (SUPERFICIAL Y PROFUNDO)	2.10	10,00	1,00	20,00	31,00	64,52 %
Agregar Potreros		Volver								

Figura 5. Manejo de Potreros, superficie forestada, superficie de pastura, disponibilidad, tipo de suelo y tapiz



## Paso 1: Seleccione Categorías de Animales

	Especie	Nombre	Peso Ini	Peso Fin	Equivalente UG	Req. Inv	Req. Oto	Req. Pri	Req. Ver	Req. Total
<input type="checkbox"/>	BOVINO	NOVILLOS + 3	100,00	160,00	4,00	88,00	79,00	88,00	9,00	264,00
<input type="checkbox"/>	BOVINO	NOVILLOS 1 - 2	55,00	55,00	5,00	40,00	25,00	70,00	90,00	225,00
<input checked="" type="checkbox"/>	BOVINO	NOVILLOS 2 - 3	66,00	66,00	6,00	80,00	87,00	80,00	66,00	313,00
<input type="checkbox"/>	BOVINO	TERNEROS/AS	1,00	70,00	1,00	25,00	20,00	30,00	35,00	110,00
<input checked="" type="checkbox"/>	BOVINO	VACAS CRIA	222,00	255,00	3,00	110,00	100,00	90,00	67,00	367,00
<input type="checkbox"/>	BOVINO	VACAS INVERNADA	79,00	89,00	5,00	123,00	80,00	100,00	99,00	402,00
<input type="checkbox"/>	BOVINO	VAQUILLONAS +2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Figura 6. Selección de categorías de rodeo para trabajar en simulación de oferta y demanda.

En la figura 5 se describen los potreros que forman parte de la superficie total del establecimiento, indicando su descripción, las pasturas dominantes, el tipo de suelo y la facilidad de acceso. Esta combinación determina la categoría del potrero que es el resultante de una función que otorga una calificación según estos parámetros y otros como presencia de aguadas. Se observa el área forestada, el área no accesible y se determina un porcentaje de utilización real de la superficie para pastoreo. La figura anterior muestra las categorías animales presentes en el establecimiento para que el usuario seleccione aquellas con que desea efectuar una simulación de oferta y demanda.

Se indican los requerimientos estacionales de materia seca según la categoría y la estacionalidad. Posteriormente se debe indicar el número de animales para efectuar la simulación. El simulador trabaja con la información ingresada por defecto, pero el usuario puede modificar los datos para plantear diferentes escenarios.

La figura 7, pertenece a una salida de tipo gráfico que muestra los requerimientos en materia seca para las categorías seleccionadas. Además de esta salida, el simulador ofrece reportes y la posibilidad de exportar los datos a planillas electrónicas de cálculo.

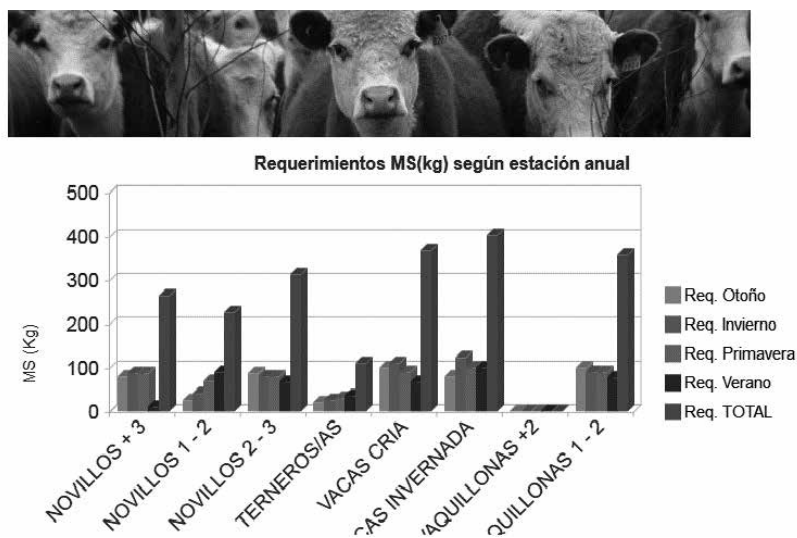


Figura 7. Gráfico requerimientos de materia seca (Kg/ha) según categoría ingresada.

## Conclusiones

La incorporación de áreas forestadas en predios ganaderos del país, es una opción disponible para los productores o dueños de establecimientos. Con el desarrollo de esta herramienta se

espera poder contribuir a la evaluación económica y un mejor diseño de las plantaciones que estén orientadas a un aprovechamiento conjunto con la ganadería.

## Agradecimientos

Este trabajo se enmarca dentro del Proyecto INIA-FPTA 300; se agradece al INIA por brindar el apoyo financiero para este trabajo.

## Bibliografía

- Balandier, P.; Bergez, J.E.; Etienne, M., 2003. Use of the management-oriented silvopastoral model ALWAYS: Calibration and evaluation. *Agroforestry Systems* 57: 159-171.
- Dieguez Camerón, F.; Bommel, P.; Corral, J.; Bartaburu, D.; Pereira, M.; Montes, E.; Duarte, E.; Morales Grosskopf, H., 2012. Modelización de una explotación ganadera extensiva criadora en basalto. *Agrociencia* 16(2), 120-130.
- Hirigoyen, A.; Rachid, C.; Varela F., 2013. Actualizaciones de herramientas informáticas para la toma de decisiones forestales. *Revista INIA Uruguay*, 35, 58-62.
- Methol, R., 2003. SAG *grandis*: Sistema de apoyo a la gestión de plantaciones de *Eucalyptus grandis*. *Revista INIA Uruguay Serie Técnica* 131 INIA Tacuarembó, 42 pág.
- Methol, R., 2008. SAG *Eucalyptus*: Sistema de apoyo a la gestión de plantaciones de *Eucalyptus* orientadas a la producción de celulosa en Uruguay. *Revista INIA Uruguay Serie Técnica*, 26 pág.
- Pereira, G., Soca, P. 1998. Manual del Plan G. Programa para la toma de decisiones en predios ganaderos (Derechos reservados Título N° 2290).
- Vogeler, I.; Vibart, R.; Mackay, A.; Dennis, S.; Burggraaf, V.; Beutrais, J., 2014. Modelling pastoral farm – scaling from farm to region. *Science of the Total Environment* 482-483: 305-317.
- Hirigoyen, A. 2014. Sistemas de apoyo a la gestión de plantaciones de *Eucalyptus globulus*, Actualización 2014. *Revista INIA Uruguay*, No. 38 43-45.

# Productos forestales no maderos en bosques de ñire bajo uso silvopastoril: Obtención de tintes naturales de *Misodendrum punctulatum*

F.J. Mattenet<sup>1,2\*</sup>; M. Goyheneix<sup>3</sup>; P.L. Peri<sup>2,4,5</sup>

## Resumen

*Misodendrum punctulatum* es una planta hemiparásita, endémica de los bosques de *Nothofagus* del sur de Argentina y Chile, sobre la cual existe escasa información respecto de su utilización. En el marco de los productos forestales no madereros de los bosques de ñires bajo uso silvopastoril en la provincia de Santa Cruz, se analizó la utilización de *M. punctulatum* como fuente de tintes naturales para el teñido de lana de oveja. En este trabajo se describen los procedimientos básicos para la obtención de tintes, el mordentado de la lana y su teñido. Se probaron 4 pre-tratamientos del material vegetal tintóreo (MVT); 3 concentraciones distintas del MVT para el preparado de los tintes y 4 modificadores de color que se aplicaron sobre el tinte básico antes del teñido de la lana. La determinación de las tonalidades logradas se realizó mediante la comparación directa sobre una cartilla de colores estándar. Adicionalmente se realizaron pruebas de resistencia del color de las lanas teñidas a la exposición solar. Los mejores resultados para el teñido se obtuvieron machacando 300g de MVT por cada 100g de lana a teñir. La resistencia a la exposición solar resultó en un nivel medio para todos los tratamientos. Como resultado del trabajo se obtuvieron 5 tonalidades diferentes a partir de *M. punctulatum* para el teñido en lana. La información generada además de contribuir al conocimiento de los productos forestales no madereros de los bosques de ñire bajo uso silvopastoril pretende contribuir con el desarrollo regional de prendas de lana confeccionadas artesanalmente.

**Palabras clave:** bosque nativo, pigmentos naturales, productos no madereros.

## Non woody products from ñire forest under silvopastoral use: Obtaining natural dye of *Misodendrum punctulatum*

## Abstract

*Misodendrum punctulatum* is an endemic hemi-parasitic plant of *Nothofagus* forests in southern Argentina and Chile, with little information regarding their use. In the context of non-timber forest products from ñire forests under silvopastoral use in the province of Santa Cruz, *M. punctulatum* utilization as a source of natural pigments for dyeing wool of sheep was analyzed. In this paper the basic procedures for obtaining dyes, etching of wool and the dyed process are described. Four pre-treatment of the dyeing plant material (MVT) were tested; 3 different concentrations of MVT, and 4 color modifiers were applied before dyeing the wool. Determining the colors achieved was performed by direct comparison on a standard color. Additionally endurance color dyed wool to sun exposure were assessed. The best results for dyeing were obtained from pounding MVT 300g per 100g of yarn dyeing. The resistance to sun exposure resulted in an average level for all treatments. As a result of the work 5 different color tonalities were obtained from *M. punctulatum* for dyeing wool. The information generated contributes to the knowledge of non-timber forest products from forests under silvopastoral use ñire by enhancing the development of woolen garments made by hand.

**Keywords:** native forest, natural pigment, non-timber forest products

\*Autor de correspondencia: mattenet.francisco@inta.gov.ar <sup>1</sup>Dirección provincial de planificación; <sup>2</sup> INTA; <sup>3</sup>Programa de Recuperación y Estímulo del Patrimonio Artesanal Provincial (PREPAP); <sup>4</sup>UNPA; <sup>5</sup>CONICET

## Introducción

*M. punctulatum* es una planta hemiparásita, comúnmente llamada farolito chino o flor de ñire, endémica de los bosques del sur de Argentina y Chile. Los productos forestales no madereros (PFNM) resultan de gran importancia económica, social y ambiental. En este contexto, en Argentina desde 1994 existe un programa Nacional de Productos Forestales No Madereros dependiente de la Dirección de Bosques de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. La utilización de los tintes naturales por parte del hombre se remonta a tiempos prehistóricos donde los humanos primitivos se valían de lo que encontraban en su medio natural para colorear pieles y tejidos. Los colorantes se extraían de vegetales, minerales

y animales por medio de la cocción o del contacto con los materiales a teñir (Terrazas Matas, 1997). Existen antecedentes en el uso de plantas nativas que se desarrollan en los bosques de ñire que han sido utilizados con fines tintóreos como ser el *Berberis darwinii*, *Usnea* sp, *B. microphylla* y *Baccharis magellanica* (Tacon et al., 2006; Naranjo y Mekis Rozas, 2011; Mekis Rozas, 2014). Sin embargo, no se hallaron descripciones específicas del teñido con *M. punctulatum*, ni de los colores que se pueden obtener de ella. El objetivo del presente trabajo fue conocer el potencial de *M. punctulatum* de los bosques de ñires bajo usos silvopastoril como especie tintórea para el teñido sobre lana de oveja.

## Materiales y Métodos

El material de estudio fue cosechado en forma manual en diferentes rodales de ñire en la zona de Río Turbio de la provincia de Santa Cruz en Ea. Cancha Carreras (51° 13' 21" S, 72° 15' 34" O), Ea. Stag River (51° 38' 22" S, 71° 59' 40" O) y Ea. Morro Chico (51° 57' 22" S - 71° 31' 40" O). La cosecha se realizó en forma manual a una altura máxima de 2m. De los rodales seleccionados se cosechó en forma homogénea hasta un 40% de los árboles maduros.

**Etapa 1.** Tanto la bibliografía (Mekis Rozas, 2014) como los referentes consultados para la realización del presente trabajo recomendaron distintos tipos de acondicionamiento del material vegetal tintóreo (MVT) previo a la elaboración del tinte. Por lo tanto, en la *primera etapa* se probaron 4 pre-tratamientos del material cosechado. 1. Material Vegetal Entero/Uso directo: la preparación del tinte se realizó utilizando el material vegetal en las mismas condiciones en que fue recolectado del bosque. 2. Material Vegetal Entero/Macerado: el material obtenido en el bosque se colocó en un balde con agua hasta cubrirlo y se lo dejó macerar durante diez días, luego utilizando el tinte tanto del material como el agua de la maceración. 3. Material Vegetal Machacado/Directo: el machacado del material se realizó mediante acción de mortero utilizando rocas y golpes sucesivos sobre una superficie dura, quedando así el material troceado en fracciones inferiores a los 4 cm de largo y 2 mm de ancho. 4. Material Vegetal Machacado/Macerado: el material se machacó utilizando la misma técnica mencionada en el anterior tratamiento, luego se colocó en un balde con agua y se lo dejó macerar durante diez días, utilizando tanto el material como el agua de la maceración para la obtención del tinte.

**Obtención de los tintes:** se procedió a la cocción del material vegetal en olla de aluminio con agua de red a una temperatura entre 80 y 90 °C durante una hora. Se dejó reposar el preparado hasta que se enfrió. Finalmente se filtró para remover los restos vegetales quedando así listo el tinte para su uso.

**Mordentado:** El mordentado de la lana previo a la tinción permite una mejor fijación de los colores. Se utilizaron como mordientes 15g de alumbre y 6 g de crémor tártaro por cada 100g de lana a teñir. Se disolvió el mordiente en agua caliente dentro de una olla de aluminio. Se incorporó la lana previamente mojada en agua tibia y se calentó cuidando de que no hierva durante un periodo de 40 minutos. Una vez que la lana se enfrió se retiró

de la olla para enjuagarla en agua tibia y se la seca, tras lo cual estuvo lista para ser teñida.

**Tinción:** Se realizó introduciendo la madeja húmeda en el tinte a temperatura ambiente que se calentó hasta los 80°C/90°C. Alcanzada la temperatura de referencia permaneció en el tinte durante una hora, revolviendo frecuentemente con un palo de madera. Luego se retira la olla del fuego permitiendo que se enfríe lentamente. Posteriormente se retiró la madeja del tinte y fue lavada con agua tibia hasta que el agua del lavado permanezca limpia. Finalmente se centrifugó la madeja en un secador eléctrico y se colgó para que se termine de secar.

**Etapa 2.** En función de los mejores resultados del ensayo de pre-tratamientos en la obtención de los tintes se probaron tres concentraciones de MVT: 200, 300 y 400g de MVT por cada 100g de lana a teñir.

**Etapa 3.** A fin de explorar la diversidad de colores que se pueden obtener se procedió a la incorporación de modificadores de color en el tinte. Para el coloreado de las lanas se utilizaron los mejores resultados de los dos ensayos previos (300g *M. Punctulatum* machacado/directo por cada 100g de lana a teñir). Los modificadores ensayados fueron sulfato de hierro, sulfato de cobre, bicarbonato y jugo de limón. En todos los casos los modificadores fueron incorporados a los tintes antes de sumergir las madejas de lana.

La definición de los colores resultantes fueron realizados por comparación directa de la lana teñida sobre una cartilla de colores Roland Color System Library (VersaWorks Rip & Print management software, VrtcsCSMM SP-540). Con el fin de evaluar la resistencia a la exposición solar de los tintes obtenidos se realizaron las pruebas según se describe en Trillo y Demaio (2007). Esta técnica consiste en el enrollado de la lana teñida sobre una pequeña plancha de cartón (10x3cm) hasta cubrirla por completo. Luego se cubre una porción de la lana enrollada para protegerla del sol y se coloca sobre una ventana que tenga buena exposición al sol por un mes. Luego se retira la protección para observar las diferencias en el color de la lana protegida y expuestas al sol. Para esto se crearon 3 categorías de resistencia: Alta: al comparar, no se aprecian cambios en el color original. Media: el área expuesta presenta un grado más claro según la cartilla de color comparado con el color original del tinte. Baja: el área expuesta al sol presenta dos grados de tonalidad más clara.

## Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos en la **primera etapa** en la que se probaron los 4 pre-tratamientos del material vegetal tintóreo. El uso directo del material entero generó un color levemente más claro que el resto de los tratamientos, que resultaron en un mismo color. Los pre-tratamientos ensayados no presentaron diferencias en cuanto a la resistencia a la exposición solar (Tabla 1). Por su practicidad y rapidez, se optó por el tratamiento de machacado y uso directo para la obtención de los tintes a ser usado en las siguientes etapas.

En la **segunda etapa** se detectó que con la menor concentración de material tintóreo ensayada (200g) la coloración resultó levemente más clara que en las otras dos concentraciones (Tabla 2). Ya que los tratamientos con 400g y 300g no presentan diferencias de color y resistencia solar, se considera a este último como el más apropiado ya se logra un mismo color con una cantidad menor de material vegetal tintóreo.

En la **tercera etapa** se demostró que en los tratamientos limón y bicarbonato se obtuvieron modificaciones leves del color hacia el amarillo y el rojo respectivamente, con un nivel medio de resistencia a la exposición solar (Tabla 3). Los tratamientos con sulfato de hierro y cobre presentaron baja resistencia al sol, a su vez que se apartaron de la coloración “ocre” que resultó ser la general obtenida a partir de *M. punctulatum*. En base a la experiencia de los tratamientos realizados los mejores resultados en la tinción de lana de oveja con *M. punctulatum* se obtuvieron machacando el material antes de preparar el tinte, utilizando 300g de este por cada 100g de lana a teñir. El mordentado podrá realizarse previo a la tinción utilizando 15g de alumbre y 6 de crémor tártaro. Sin embargo, al tra-

tarse de una práctica artesanal la obtención de tintes naturales puede variar por diversos factores que hacen que tanto la bibliografía como los referentes consultados concuerden en la dificultad de obtener dos tintes iguales. Respecto de esto Terrazas Matas (1997), menciona “son muchas las recetas escritas o transmitidas oralmente; empero, los elementos que intervienen en la tintorería hacen de éste un oficio azaroso.” Por lo tanto, si bien estos resultados confirman el uso de *M. punctulatum* como material tintóreo en el marco de productos forestales no madereros del bosque de ñire bajo uso silvopastoril, los colores y procedimientos obtenidos son una guía para los artesanos.

Actualmente existen en Santa Cruz artesanas que se dedican al hilado, teñido y confección de prendas de lana de oveja, lo cual constituye una parte o el total de su fuente de ingresos. Algunas de ellas realizan el teñido de sus lanas a partir de tintes naturales, con los cual las prendas confeccionadas adquieren un especial atractivo en un mercado cada vez más grande y que valora este tipo de productos. En tal sentido la consultora textil Werner International hacia la siguiente mención en el año 2012 “La oferta de prendas de diseño de moda que utilicen los colorantes naturales en su elaboración se conecta con los valores aprendidos por los consumidores éticos de moda, que han incorporado nuevos comportamientos en su estilo de vida, adoptando la utilización de vestimenta responsable y sostenible, fabricada bajo procesos eco-amigables, por empresas con responsabilidad social y utilizando insumos orgánicos, libres de químicos y pesticidas”. Esto potencia el uso de *M. punctulatum* como tinte natural.

**Tabla 1.** Colores y resistencia al sol logrado con los diferentes pre-tratamientos del material vegetal tintóreo. Para la obtención de los tintes se utilizó 300 g de material vegetal tintóreo (MVT) por cada 100g de lana a teñir.

Pre-tratamiento		Código de color	Descripción del Color	Resistencia al sol
MVT. Entero	Uso Directo	CPR45	Ocre muy claro	Media
	Macerado	DST43	Ocre claro	Media
MVT. Machacado	Uso Directo	DST43	Ocre claro	Media
	Macerado	DST43	Ocre claro	Media

**Tabla 2.** Colores y resistencia al sol para las distintas concentraciones de material vegetal tintóreo (MVT) con el pre-tratamiento de machacado con uso directo. En todos los casos la cantidad de MVT se expresa por cada 100 gr de lana a teñir.

Concentración de MVT	Código de Color	Descripción del color	Resistencia al sol
200g.	BPR45	Ocre muy claro	Alta
300g.	CPR44	Ocre claroscuro	Media
400g.	CPR44	Ocre claroscuro	Media

**Tabla 3.** Colores y resistencia al sol obtenidos con los modificadores de color.

Modificador	Código de Color	Descripción del color	Resistencia al sol
Limón 75cc	APR44	Ocre amarillento claro	Media
Sulfato de Hierro 5g.	ABK04	Gris Claro	Baja
Sulfato de Cobre 5g.	CST04	Verde grisáceo	Baja
Bicarbonato 5g.	BPR45	Ocre rojizo claro	Media



## Conclusiones

Mediante el presente trabajo se comprobó que el *M. punctulatum* de los bosques de ñire bajo uso silvopastoril es apto para el teñido de lana de oveja, obteniéndose 5 tonalidades diferentes a partir de esta especie. El uso tintóreo de esta especie se suma al listado de productos forestales no madereros de los bosques de *Nothofagus* de la Patagonia Argentino/Chilena. La adopción por parte de los artesanos de colores obtenidos de plantas nativas y más aun de aquellas endémicas de la región como el caso de *M. punctulatum* podría valorizar y reforzar la idea o concepto de productos regionales con un fuerte vínculo a los recursos naturales nativos.

## Bibliografía

- Tacon A.C., Palma J.M., Fernandez U.V., Ortega F.B. 2006. El Mercado de los Productos Forestales No Madereros y la conservación de los bosques del sur de Chile y Argentina, 100 pp. WWF Chile, Valdivia, Chile.
- Mekis Rozas C. 2014. Tinte Austral, tiñendo con la flora nativa de Aysén. ONG Forestales por el Desarrollo del Bosque Nativo, 159 pp., Coyhaique, Chile.
- Naranjo J., Mekis Rozas C. 2011. Telar Patagón una guía para principiantes. 67 pp., Libros El Trueno, Santiago de Chile, Chile.
- Terrazas Mata E. 1997. Teñido de Textiles con Tintes Naturales. Taller de Tintes Naturales en la Comunidad Cora de Sta. Teresa, Nayarit, 84 pp., Méjico.
- Trillo C., Demaio P. 2007. Tintes Naturales Guía para el reconocimiento de plantas tintóreas del Centro de Argentina. 79 pp.

# Productos forestales no maderos en bosques de ñire bajo uso silvopastoril: Obtención de tintes naturales de *Usnea barbata*

F.J. Mattenet<sup>1,2\*</sup>, M. Goyheneix<sup>3</sup>, P.L. Peri<sup>2,4,5</sup>

## Resumen

*Usnea barbata* es un líquen de distribución cosmopolita que ha sido ampliamente estudiado por su potencial en la medicina como fuente de antioxidantes naturales, agente antimicrobiano y anticancerígenos. En el marco de los productos forestales no madereros de los bosques de ñires bajo uso silvopastoril en la provincia de Santa Cruz, se analizó la utilización de *U. barbata* para tintes naturales en el teñido de lana de oveja. En este trabajo se describen los procedimientos básicos para la obtención de tintes, el mordentado y teñido de lana de oveja. Se probaron 2 pre-tratamientos del material vegetal tintóreo (MVT); 3 concentraciones distintas del MVT para el preparado de los tintes y 4 modificadores de color que se aplicaron sobre el tinte básico antes del teñido de la lana. La determinación de las tonalidades logradas se realizó mediante la comparación directa sobre una cartilla de colores estándar. Adicionalmente se realizaron pruebas de resistencia del color de las lanas teñidas a la exposición solar. Los mejores resultados para el teñido se obtuvieron utilizando 300g de MVT por cada 100g de lana a teñir. La resistencia a la exposición solar resultó en un nivel medio para todos los tratamientos. Como resultado del trabajo se obtuvieron 4 tonalidades diferentes a partir de *U. barbata* para el teñido en lana. La información generada además de contribuir al conocimiento de los productos forestales no madereros de los bosques de ñire bajo uso silvopastoril pretende contribuir con el desarrollo regional de prendas de lana confeccionadas artesanalmente.

**Palabras clave:** bosque nativo, pigmentos naturales, productos no madereros.

## Non woody products from ñire forest under silvopastoral use: Obtaining natural dye of *Usnea barbata*

## Abstract

*Usnea barbata* is a cosmopolitan distribution lichen that has been widely studied for its natural antioxidants and anticancer agent anti-microbial properties. In the context of non-timber forest products from forests under silvopastoral ñires use in the province of Santa Cruz, the use of *U. barbata* as a source of natural dyes for dyeing wool of sheep was analyzed. In this paper the basic procedures for obtaining dyes are described, etching and dyeing of wool sheep. 2 pre-treatment of the dyeing plant material (MVT) were tested; Three different concentrations of MVT for the preparation of dyes and 4 color modifiers applied on the basic dye before dyeing of wool. Determining the colors achieved was performed by direct comparison on a standard color book. Additionally endurance color dyed wool sun exposure were performed. The best results were obtained for dyeing using MVT 300g per 100g of yarn dyeing. The resistance to sun exposure resulted in an average level for all treatments. As a result of the work 4 different hues are obtained from *U. barbata* for dyeing wool. The information generated and contributes to the knowledge of non-timber forest products from forests under silvopastoral use ñire aims to contribute to regional development woolen garments made by hand

**Keywords:** native forest, natural pigment, non-timber forest products

\* Autor de correspondencia: mattenet.francisco@inta.gob.ar <sup>1</sup>Dirección provincial de planificación <sup>2</sup>INTA; <sup>3</sup>Programa de Recuperación y Estímulo del Patrimonio Artesanal Provincial (PREPAP); <sup>4</sup>UNPA; <sup>5</sup>CONICET

## Introducción

Al tratarse de un líquen, *Usnea barbata* (barba de viejo, barba de piedra, barba de fraile) es una asociación simbiótica entre un hongo y un organismo fotosintético. Existen cerca de 20.000 especies de líquenes en el mundo, muy diversos en tamaño, forma y color. Se encuentran en todo tipo de hábitat, de los polos a los trópicos y en todo tipo de bosques (Hale, 1983; Hawksworth y Hill, 1984). Algunas especies de líquenes pueden formar parte de la dieta de animales invertebrados como ácaros, lepidópteros, colémbolos, tijeretas, caracoles y babosas (Perezllano, 1944; LLano, 1948; Richardson, 1975). Aunque los pájaros no comen líquenes, muchos de sus talos pueden ser incorporados por ellos en la construcción de sus nidos. El hombre ha usado desde hace centurias a los líquenes como alimento, y también como fuente de fibras, colorantes,

medicinas y venenos. (Illana Esteban, 2009). Existen antecedentes en que se menciona el uso del género *Usnea* y *Usnea barbata* con fines tintóreos en diferentes regiones de Argentina y el mundo (Résico y Burghi 2003; Trueba Sánchez, 2009; Terrazas Mata, 1997; Trillo *et al.*, 2007), pero sin detalles del procedimiento para obtener los tintes. Trillo Demaio (2007) brinda un detalle metodológico adecuado para la obtención de tres tonalidades diferentes a partir de *Usnea amblyoclada*. Sin embargo, no se hallaron descripciones específicas del teñido con *U. barbata* proveniente de bosques nativos de Patagonia, ni de los colores que se pueden obtener de ella. El objetivo del presente trabajo fue conocer el potencial de *U. barbata* de los bosques de ñires bajo usos silvopastoril como especie tintórea para el teñido sobre lana de oveja.

## Materiales y Métodos

El material de estudio se encontraba adherido a troncos y ramas de ñire y fue cosechado en diferentes rodales de la zona de Río Turbio de la provincia de Santa Cruz en Ea. Cancha Carreras (51° 13' 21"S, 72° 15' 34"O), Ea. Stag River (51° 38' 22"S, 71° 59' 40"O) y Ea. Morro Chico (51° 57' 22"S - 71° 31' 40" O). La cosecha se realizó en forma manual a una altura máxima de 2m. De los rodales seleccionados se cosechó en forma homogénea hasta un 40% de los árboles maduros.

**Etapas 1.** En la primera etapa se probaron 2 pre-tratamientos del material cosechado. 1. Material Vegetal Entero/Usado directo: la preparación del tinte se realizó utilizando el material vegetal en las mismas condiciones en que fue recolectado del bosque. 2. Material Vegetal Entero/Macerado: el material obtenido en el bosque se colocó en un balde con agua hasta cubrirlo y se lo dejó macerar durante diez días, luego utilizando el tinte tanto del material como el agua de la maceración.

**Obtención de los tintes:** se procedió a la cocción del material vegetal en olla de aluminio con agua de red a una temperatura entre 80 y 90 °C durante una hora. Se dejó reposar el preparado hasta que se enfrió. Finalmente se filtró para remover los restos vegetales quedando así listo el tinte para su uso.

**Mordentado:** El mordentado de la lana permite una mejor fijación de los colores. Se realizó incorporando una cucharada sopera de sal gruesa de mesa por cada 100g de lana a teñir, en el tinte antes de incorporar la lana en la tinción.

**Tinción:** Se realizó introduciendo la madeja húmeda en el tinte a temperatura ambiente que se calentó hasta los 80°C/90°C. Alcanzada la temperatura de referencia permaneció en el tinte durante una hora, revolviendo frecuentemente con un palo de madera. Luego se retira la olla del fuego permitiendo que se enfríe lentamente. Posteriormente se retiró la madeja del tinte y fue lavada con agua tibia hasta que el agua del lavado

permanezca limpia. Finalmente se centrifugó la madeja en un secador eléctrico y se colgó para que se termine de secar.

**Etapas 2.** En función de los mejores resultados del ensayo de pre-tratamientos en la obtención de los tintes se probaron tres concentraciones de MVT: 200, 300 y 400g de MVT por cada 100g de lana a teñir.

**Etapas 3.** A fin de explorar la diversidad de colores que se pueden obtener se procedió a la incorporación de modificadores de color en el tinte. Para el coloreado de las lanas se utilizaron los mejores resultados de los dos ensayos previos (300g *U. barbata* entera y de uso directo por cada 100g de lana a teñir). Los modificadores ensayados fueron sulfato de hierro, sulfato de cobre, bicarbonato y jugo de limón. En todos los casos los modificadores fueron incorporados a los tintes antes de sumergir las madejas de lana.

La definición de los colores resultantes fueron realizados por comparación directa de la lana teñida sobre una cartilla de colores Roland Color System Library (VersaWorks Rip & Print management software, VrtedsCSMM SP-540). Con el fin de evaluar la resistencia a la exposición solar de los tintes obtenidos se realizaron las pruebas según se describe en Trillo y Demaio (2007). Esta técnica consiste en el enrollado de la lana teñida sobre una pequeña plancha de cartón (10x3cm) hasta cubrirla por completo. Luego se cubre una porción de la lana enrollada para protegerla del sol y se coloca sobre una ventana que tenga buena exposición al sol por un mes. Luego se retira la protección para observar las diferencias en el color de la lana protegida y expuestas al sol. Para esto se crearon 3 categorías de resistencia: Alta: al comparar, no se aprecian cambios en el color original. Media: el área expuesta presenta un grado más claro según la cartilla de color comparado con el color original del tinte. Baja: el área expuesta al sol presenta dos grados de tonalidad más clara.

## Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos en la **primera etapa** en la que se probaron los 2 pre-tratamientos del material vegetal tintóreo. El uso directo del material entero generó un color amarillo más intenso que el color beige obtenido luego de la maceración. Es por esta razón se utilizó material entero y de uso directo para los ensayos posteriores. Los pre-tratamientos ensayados no presentaron diferencias en cuanto a la resistencia a la exposición solar (Tabla 1).

En la **segunda etapa** se detectó que con la menor concentración de material tintóreo ensayada (200g) la coloración resultó levemente más clara que en las otras dos concentraciones (Tabla 2). Ya que los tratamientos con 400g y 300g no presentan diferencias de color y resistencia solar, se considera a este último como el más apropiado ya que se logra un mismo color con una cantidad menor de material vegetal tintóreo.

En la **tercera etapa** se demostró que en los tratamientos limón y bicarbonato se obtuvieron modificaciones muy leves del color hacia el amarillo claro típico de la *U. barbata* (Tabla 3). Los tratamientos con sulfato de hierro y cobre resultaron en una importante modificación del color obteniéndose tonalidades marrones fuertes y verde suave grisáceo. Este último resulta particularmente interesante porque podría lograr una rápida asociación entre el color de la lana teñida y el color del liquen del que se extrae el tinte.

En base a la experiencia de los tratamientos realizados los mejores resultados en la tinción de lana de oveja con *U. barbata* se obtuvieron al preparar el tinte con material en fresco, utilizando 300g de este por cada 100g de lana a teñir. El mordentado se realizó incorporando una cucharada sopera de sal gruesa de mesa por cada 100g de lana a teñir, en el tinte antes de incorporar la lana en la tinción.

Existen un sin número de variables que pueden afectar el co-

lor resultante como pueden ser: la calidad del agua utilizada, la época del año en que fue recolectado el material, las distintas calidades de lana, las temperaturas y tiempos empleados en la preparación de los tintes y durante el teñido, el material de las ollas utilizadas, etc. En relación con esto debemos mencionar lo siguiente: En Trueba Sánchez (2009) se menciona que se obtiene un color café mediante el uso de *U. barbata* y esto coinciden con lo expuesto en Terrazas Mata (1997) quien agrega que este color se obtiene empleando 200g de *U. barbata* por cada 100g de lana a teñir. Sin embargo en este trabajo la coloración típica de la *U. barbata* es la obtención de un color amarillo claro. Si bien se demostró que se puede obtener este color es mediante la utilización de 5 g de sulfato de hierro cada 100 g de lana a teñir información ausente en las publicaciones mencionadas.

Por lo tanto, si bien estos resultados confirman el uso de *U. barbata* como material tintóreo en el marco de productos forestales no madereros del bosque de ñire bajo uso silvopastoril, los colores y procedimientos obtenidos son una guía para los artesanos. Actualmente existen en Santa Cruz artesanas que se dedican al hilado, teñido y confección de prendas de lana de oveja, lo cual constituye una parte o el total de su fuente de ingresos. Algunas de ellas realizan el teñido de sus lanas a partir de tintes naturales, con lo cual las prendas confeccionadas adquieren un especial atractivo en un mercado cada vez más grande y que valora este tipo de productos. En tal sentido Sanjuan Moya (2013) explica que “Los hábitos de consumo están cambiando, y el consumidor ahora se involucra más en conocer de dónde provienen y cómo se hicieron los productos por los que están pagando.” Sumado a lo cual conocer las fuentes naturales de tintes propias de la región podría potenciar el uso de *U. barbata*.

**Tabla 1.** Colores y resistencia al sol logrado con los diferentes pre-tratamientos del material vegetal tintóreo. Para la obtención de los tintes se utilizó 300 g de material vegetal tintóreo (MVT) por cada 100g de lana a teñir.

Pre-tratamiento		Código de color	Descripción del Color	Resistencia al sol
MVT. Entero	Uso Directo	CPR48	Amarillo claro	Media
	Macerado	CST47	Beige	Media

**Tabla 2.** Colores y resistencia al sol para las distintas concentraciones de material vegetal tintóreo (MVT) con el pre-tratamiento de machacado con uso directo. En todos los casos la cantidad de MVT se expresa por cada 100 gr de lana a teñir.

Concentración de MVT	Código de Color	Descripción del color	Resistencia al sol
200g.	BPR50	Amarillo muy claro	Media
300g.	CPR48	Amarillo claro	Media
400g.	CPR48	Amarillo claro	Media

**Tabla 3.** Colores y resistencia al sol obtenidos con los modificadores de color.

Modificador	Código de Color	Descripción del color
Limón 75cc	BPR01	Amarillo muy claro
Sulfato de Hierro 5g.	CDP43	Marrón fuerte
Sulfato de Cobre 5g.	CST07	Verde grisáceo suave
Bicarbonato 5g.	CPR49	Amarillo claro estepario

## Conclusiones

Mediante el presente trabajo se comprobó que el *U. barbata* de los bosques de ñire bajo uso silvopastoril es apto para el teñido de lana de oveja, obteniéndose 4 tonalidades diferentes a partir de esta especie. La adopción por parte de los artesanos

de colores obtenidos de plantas nativas y más aun de aquellas endémicas de la región como el caso de *U. barbata* podría valorizar y reforzar la idea o concepto de productos regionales con un fuerte vínculo a los recursos naturales nativos.

## Bibliografía

- Hale E.M. 1983. The Biology of Lichens. Third edition. Baltimore, USA. 492pp
- Hawksworth D.L. y D.J. Hill .1984. The lichen-forming fungi. Chapman & Hall, New York, USA.
- Illana Esteban C. 2009. Edible lichens. Bol. Soc. Micol. Madrid. 282pp.
- LLano G.A. 1948. Economic uses of lichens. Econ. Bot.2. 45pp.
- Perez-llano G.A. 1944. Lichens. Their biological and economic significance. Bot. Rev.10. 65pp.
- Richardson D.H.S. 1975. The Vanishing lichens. Their history, biology and importance. David & Charles. 231 pp.
- Resico C. y Burghi M. 2003 Atlas de los Bosques Nativos Argentinos, Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085-AR, Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable 117pp
- Sanjuán Moya A. I. 2013. Uso de tintes naturales propios de la biodiversidad colombiana como factor de valor agregado para la comercialización internacional de la moda nacional en Canadá, 114 pp. Universidad EAFIT Medellín, Colombia.
- Terrazas Mata E. 1997. Teñido de Textiles con Tintes Naturales. Taller de Tintes Naturales en la Comunidad Cora de Sta. Teresa, Nayarit, 84 pp., Méjico.
- Trillo C.,et al. 2007. Conocimiento actual de plantas tintóreas por los pobladores del valle de Guasapampa, provincia de Córdoba. Editado por Kurtziana Museo Botánico de Córdoba. 65 pp.
- Trillo C., Demaio P. 2007. Tintes Naturales Guía para el reconocimiento de plantas tintóreas del Centro de Argentina. 1ª ed. Córdoba, Ediciones Sezo. 79 pp.
- Trueba Sánchez S. 2009 Plantas tintóreas utilizadas en artesanías textiles de lana de Soledad Atzompa, Veracruz. Reporte de investigación etnobotánica realizada para el Consejo Veracruzano de Arte Popular Xalapa, Veracruz. 37pp

# Efecto de la cobertura arbórea sobre desempeño reproductivo postparto y ganancia de peso de vacas brahman

J F Osorio <sup>1</sup>/ L Mahecha <sup>2</sup>/ H A Moncada <sup>3</sup>/ J C Carmona<sup>4</sup>

## Resumen

Se evaluó el efecto de la cobertura arbórea en la ganancia de peso de vacas Brahman y sus crías en el periodo posparto, y el desempeño reproductivo de las vacas en una ganadería de carne ubicada en Bosque húmedo Tropical de Colombia. 20 vacas fueron manejadas en pastoreo con sombrío superior al 22% (tratamiento A) en sistemas silvopastoriles de árboles dispersos en potrero con presencia de un callejón central de árboles y otras 20 vacas en condiciones de manejo tradicional, en potreros con bajo sombrío, inferior al 7% (tratamiento B). La reactivación ovárica y ovulación postparto se evaluó mediante ultrasonido, se determinaron el número de días abiertos y la tasa de gestación. Para soportar los resultados, se midieron variables fisiológicas, etológicas y ambientales. El análisis estadístico se realizó mediante Sistema estadístico SAS. No hubo diferencia significativa en la recuperación y ganancia de peso en las vacas, pero si en la ganancia de peso de las crías a favor de los terneros del tratamiento A ( $P=0.05$ ). Las vacas del tratamiento A también tuvieron una tendencia a retornar más pronto al celo ( $P=0.07$ ) y a un retorno más rápido a la preñez ( $P=0.05$ ). Las variables de soporte favorecieron a los animales que pastorearon con adecuada cobertura arbórea. En conclusión, el arreglo silvopastoril evaluado con más del 22% de sombrío, mejoró el desempeño reproductivo en las vacas Brahman y la ganancia de peso en sus crías.

**Palabras clave:** árboles en potrero, GnRH, Cortisol, estrés calórico, sistemas silvopastoriles

## Effect of tree cover on weight gain and postpartum reproductive performance of brahman cows

## Abstract

The effect of tree cover on weight gain of Brahman cows and their calves in the postpartum period, and on reproductive performance of cows was evaluated in a farm of beef cattle located in humid Tropical Forest of Colombia. 20 cows were grazing in plots with shadow higher than 22 % (treatment A) in silvopastoral system of dispersed trees and a central alley of trees, and another 20 cows were grazing in traditional conditions with shadow lower than 7% (treatment B). The postpartum ovarian recovery and ovulation were assessed by ultrasound. The number of open days and the pregnancy rate were evaluated. For the interpretation of the results were taken into account physiological, behavioral and environmental variables. Statistical analysis was performed using SAS system. There was no significant difference in recovery and weight gain in cows, but there was higher weight gain of calves from treatment A ( $P = 0.05$ ), there was a tendency for cows to treatment A to return sooner to estrus ( $P = 0.07$ ) and to return sooner to pregnancy ( $P = 0.05$ ). Support variables favored the animals grazing with adequate tree cover. In conclusion, the silvopastoral system with more than 22% of shadow improved the reproductive performance in Brahman cows and weight gain in their calves.

**Keywords:** trees in plot, GnRH, Cortisol, heat stress, silvopastoral systems.

<sup>1</sup> Ingeniero Agropecuario, Candidato a Maestría en Ciencias Animales, Profesor Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. jfosorioagpc@hotmail.com / <sup>2</sup> Zootecnista, Doctorado en Agricultura y Medio ambiente, Profesor Universidad de Antioquia / <sup>3</sup> Médico Veterinario, Doctorado en Reproducción Animal, Profesor Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid / <sup>4</sup> Zootecnista, Magister en Ciencias Animales, Profesor Universidad de Antioquia.

## Introducción

Una de las principales alternativas para incrementar la oferta alimenticia de la creciente población es la producción animal en zonas tropicales, en estas zonas se presentan temperaturas elevadas que generan estrés térmico en los animales, afectando la eficiencia reproductiva del ganado bovino, la producción de leche y carne (West, 2003; Velazco y Rovira, 2009). El estrés ocasionado por las condiciones climáticas tropicales húmedas o secas, se denomina estrés calórico, que induce una descarga simpático-adrenal la cual se manifiesta en una baja producción (De Dios Vallejo, 2000; Hötzel & Piheiro, 2000). De esta manera el estrés calórico se relaciona con disminución del consumo de alimento, lo que afecta notoriamente la ganancia de peso (West, 2003), y disminuye la eficiencia reproductiva. Bajo estas condiciones se produce la hormona corticotrópica (CTH), la cual genera una disminución de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) que es la estimulante de la síntesis de las principales hormonas reproductivas (Lucy, 2003). La raza Brahman es la más difundida en el trópico Colombiano, y es una raza resistente a las condiciones tropicales (McManus *et al*, 2009). Sin embargo existen pocos estudios actualizados especí-

ficos acerca de los rangos de temperaturas en el cual se desempeñan mejor los animales de esta raza y el efecto del ambiente en el estrés calórico del animal y en su desempeño productivo y reproductivo. El sombrío constituye una excelente alternativa para mitigar el efecto negativo del estrés calórico, lo que a su vez redundará en un mejor desempeño reproductivo y mejores ganancias. Los arreglos silvopastoriles representan una importante alternativa para mitigar los efectos negativos del estrés calórico teniendo en cuenta que ofrecen sombrío mejorando el ambiente y favoreciendo el rendimiento de los sistemas ganaderos con sus múltiples beneficios. (Murgueitio e Ibrahim, 2000; Mahecha y Angulo, 2012). Se considera que una adecuada cobertura arbórea en condiciones tropicales está entre el 22 y 30% del área con sombrío y se considera baja cuando está por debajo del 7% (Betancour *et al*, 2004). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la cobertura arbórea en la ganancia de peso de vacas Brahman y sus crías en el periodo posparto, y el desempeño reproductivo postparto de las vacas en una ganadería de carne ubicada en Bosque húmedo Tropical de Colombia.

## Materiales y métodos

**Ubicación y caracterización:** El trabajo se realizó en una ganadería de carne en el municipio de Puerto Nare, Antioquia, situado en Latitud 6° 15' 0" N y Longitud 74° 33' 0" W, 125 m.s.n.m., temperatura promedio de 27°C, humedad relativa reportada en la zona de 81% y una precipitación anual promedio de 2487 mm, características que corresponden a una zona de vida Bosque húmedo Tropical (BhT) (Holdridge (1967). El pasto introducido dominante es el Angleton (*Dichantium aristatum*) y los árboles predominantes son Melina (*Gmelina arborea Roxb*) y Samán (*Samanea saman*).

**Grupo experimental y tratamiento:** En esta ganadería se tomó un grupo experimental de 40 hembras que tuvieran entre 1 y 9 partos, clínicamente libres de problemas sanitarios y que tuvieran programado su parto entre los meses de marzo y abril de 2013. Se conformaron dos grupos: uno de 20 ejemplares manejado con cobertura de sombrío central superior al 22% mediante árboles dispersos en potrero y un callejón (tratamiento A) y un grupo control de 20 ejemplares en condiciones de manejo tradicional, en potreros con baja cobertura de sombrío, inferior al 7% (tratamiento B).

**Variables evaluadas:** Durante 6 meses a cada hembra y a su cría se le evaluó la ganancia de peso mediante pesajes mensuales en la báscula. El desempeño reproductivo se evaluó

observando diariamente celos y con ayuda de ultrasonido se determinó reactivación ovárica y ovulación postparto, mediante el hallazgo de cuerpos lúteos, se determinaron el número de días abiertos y la tasa de gestación. Además, en cada grupo para apoyar y soportar los resultados obtenidos, se midieron algunas variables fisiológicas tales como la tasa respiratoria y la condición corporal (escala 1 a 9 de Richards, Spitzer y Warner, 1986), variables etológicas como comportamiento de pastoreo (tiempo de pastoreo, reposo, rumia, consumo de agua y desplazamiento) y consumo de materia seca (medido mediante el método de marcadores externos e internos), variables ambientales (temperatura ambiente y humedad relativa en la sombra y por fuera de ella) medidas con termómetro higrometro.

**Análisis estadístico:** El análisis estadístico se realizó mediante Sistema SAS (Statistical Analysis System), trabajando con un diseño de bloques generalizados al azar; los métodos estadísticos utilizados fueron análisis de varianza, evaluación de medidas repetidas en el tiempo, proporciones binomiales mediante la prueba Chi cuadrado y prueba T de Student. Para todos los casos de significancia se consideró un alfa menor o igual a 0,05 y se indica en las tablas y gráficos con el signo asterisco (\*) y para tendencia estadística un alfa > 0,05 y ≤ 0,10.

## Resultados

**Ganancia de peso:** No hubo diferencia significativa en la ganancia de peso acumulada postparto de las vacas ( $P=0.069$ ). Hubo una tendencia a una mayor ganancia de peso en las hembras del tratamiento B (Tabla 1).

**Tabla 1.** Ganancia de peso (kg) acumulada postparto en las vacas durante los 6 meses de evaluación

Tratamiento A	30.84 ( $\pm 24.6$ )
Tratamiento B	44.94 ( $\pm 21.66$ )
P value	0.069

Se encontró diferencia estadística significativa en la ganancia de peso de los terneros, siendo mayor en las crías de la sombra (Tabla 2).

**Tabla 2.** Ganancia de peso (kg) de los terneros durante los seis meses de evaluación

Tratamiento A	183.87 ( $\pm 21.50$ )
Tratamiento B	167.91 ( $\pm 27.26$ )
P value	0.05

### Desempeño reproductivo postparto:

Se encontró una tendencia estadística ( $P=0.0778$ ) a favor de las vacas paridas del Tratamiento A “manejadas en pastoreo con una cobertura arbórea mayor al 22%” con respecto a las vacas del tratamiento B “manejadas en pastoreo tradicional con menos del 7% de cobertura arbórea” (Tabla 3).

**Tabla 3.** Días postparto de retorno al celo

Tratamiento A	50.63 ( $\pm 22.96$ )
Tratamiento B	72.74 ( $\pm 47.85$ )
P value	0.0778

Se encontró una tendencia en las preñeces efectivas acumuladas por intervalos con un mayor número de preñeces en las vacas del tratamiento A de los 60 a 89 días ( $P=0.09$ ). En el intervalo de 90 a 119 días se presentó diferencia significativa ( $P=0.05$ ), siendo mayor el número de preñeces efectivas de las vacas del tratamiento A (16) con respecto a las vacas del tratamiento B (9). Para los demás intervalos no hubo diferencia significativa (Gráfico 1). El promedio de días abiertos fue de  $73.4 \pm 49.4$  para las vacas del tratamiento A y de  $92.9 \pm 59$  para las vacas del tratamiento B.

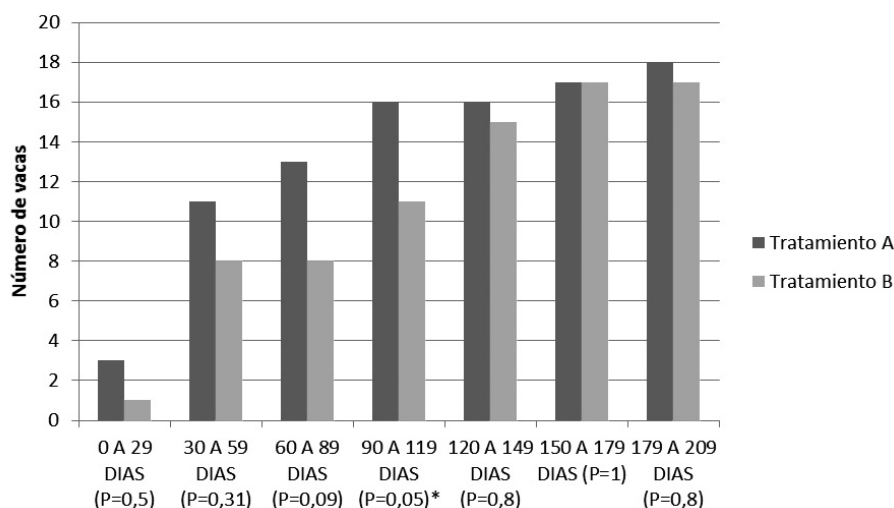
En la cantidad de cuerpos luteos se encontró diferencia significativa ( $P=0.02$ ), siendo mayor en las vacas del tratamiento A (7 vacas con CL), con respecto a las vacas del tratamiento B (1 vaca con CL). En todas las demás mediciones no se presentó diferencia estadística significativa.

**Variables de apoyo:** En la tasa respiratoria se encontró diferencia significativa ( $P=0.0001$ ) siendo menor el número de respiraciones por minuto en las vacas del tratamiento A ( $43.1 \pm 4.24$ ) que las del tratamiento B ( $43.9 \pm 4.39$ ).

En la condición corporal se encontró diferencia significativa en el mes 1 ( $P=0.002$ ) siendo mayor en el tratamiento A ( $6.75 \pm 0.36$ ) que en el B ( $6.24 \pm 0.54$ ) y en el mes 2 ( $P=0.0098$ ) siendo mayor en el tratamiento A ( $7.36 \pm 0.36$ ) que en el B ( $6.84 \pm 0.49$ ) en las demás mediciones mensuales no se encontró diferencia.

No se encontró diferencia significativa ( $P=0.40$ ) en el consumo de materia seca (tratamiento A= $10961 \pm 1998.2$  g; Tratamiento B= $9738.6 \pm 1358.6$  g), pero si en el comportamiento de pastoreo, las vacas del tratamiento B en la noche presentaron un mayor tiempo de consumo de forraje (0,0017).

La temperatura ambiente medida en grados centígrados ( $T^\circ$ ), presentó diferencia significativa ( $P=0.04$ ), siendo menor en los potreros con adecuada cobertura arbórea ( $30.2 \pm 3.5$ ) que en los potreros con baja cobertura ( $31.7 \pm 3.7$ ). No se presentó diferencia significativa en la humedad relativa (HR) promedio.



**Gráfico 1.** Preñeces efectivas acumuladas en intervalos de 30 días.



## Discusión

El efecto del tratamiento de acuerdo al porcentaje de cobertura arbórea para ofrecer sombrío, modificó el ambiente presentándose una modificación de la temperatura ambiente aproximadamente de 2° C por debajo en el potrero con más del 22% de cobertura arbórea, congruente a lo reportado por Wilson y Ludlow (1991) quienes afirman que entre las ventajas de los sistemas silvopastoriles está la creación de microclimas que disminuyen de 2 a 3°C la temperatura ambiental, favoreciendo el bienestar animal y beneficiando la producción gracias a la favorabilidad del ambiente (Arias, 2008).

Las vacas con adecuada cobertura arbórea no alcanzaron mayores ganancias de peso que las que contaban con baja cobertura, sin embargo según Gorosito (2007) el ternero y la vaca son unidades interdependientes. El peso promedio al destete obtenido fue de 184 Kg para los terneros del tratamiento A y 168 Kg para los terneros del tratamiento B, obteniendo así una diferencia de 16 Kg por animal, en donde se presentó una diferencia significativa, encontrando así que el producto de la actividad de la cría que es el ternero se ve favorecido por la cobertura arbórea. Las ganancias de peso fueron inferiores en las crías del tratamiento B y relacionando los factores antes mencionados, podría decirse que en este grupo de terneros que estuvo expuesto a temperaturas ambientales mayores, se presentó uno de los signos iniciales de respuesta al estrés calórico según Tholen y Hill (2013) que es, permanencia de los terneros en la sombra (West, 1992). Se podría entonces pensar que esta estadía en la sombra puede limitar la disponibilidad alimenticia para el ternero, pues se disminuye el área de pastoreo y puede disminuir el tiempo de lactancia.

Según Osorno (2008) y Bo et al (2005) una baja condición corporal, es una de las principales causas que disminuyen la fertilidad. Según Molina (2007) la eficiencia en las ganaderías de cría se mide en distintos parámetros, y uno de los principales es la tasa de natalidad la cual es un indicador del desempeño reproductivo. En el presente estudio aunque las vacas que pastoreaban con adecuada cobertura arbórea, no tuvieron mayores ganancias de peso durante los 6 meses de evaluación, si hubo un mejor mantenimiento y recuperación de la condición corporal los primeros dos meses pos parto, lo que potencialmente favorecería el desempeño reproductivo. Según Wattiaux (1998) el número de días en que las hembras presentan su primer celo posparto no debe ser superior a 60, pues un mayor número de días de retorno al celo posparto indica que hay problemas reproductivos. De acuerdo con Henao (2001) y Elizabeth (2009), el anestro posparto prolongado en la hembra bovina se da por fallas para ovular, pues el desarrollo folicular se presenta en las vacas cebú desde las segunda o tercera semana posparto, dado que la hormona foliculoestimulante "FSH" se presenta en niveles suficientes para reclu-

tar y comenzar el desarrollo de los folículos. Los resultados del presente estudio muestran que para las vacas en sombra "Tratamiento A" el promedio es de 50.63 días, mientras que para las vacas en el sol "Tratamiento B" el promedio es de 72.74 días. Lo que quiere decir que las vacas que pastorearon en los potreros con adecuada cobertura están en el intervalo ideal de retorno al celo posparto según lo propuesto por Wattiaux (1998), mientras que las vacas que pastorearon en baja cobertura arbórea retornaron al celo después de los 60 días, lo cual es indicador negativo en la eficiencia reproductiva. Lucy (2003) señala que el estrés estimula la síntesis de adrenocorticotropina (ACTH) a nivel hipotalámico y disminuye la síntesis de GnRH, lo que permite asociar la cobertura arbórea con disminución del estrés, disminución de la ACTH y por ende con favorecimiento de la presencia de picos de GnRH para que la vaca pueda retornar al celo y la ovulación. Por tal motivo las vacas con adecuada cobertura arbórea presenta la formación de cuerpo lúteo más temprano que las vacas con insuficiente cobertura, pues para la formación de esta estructura se requieren picos preovulatorios de la hormona luteinizante (LH) que son estimulados por picos de la hormona GnRH (Senger, 2003). Lo ocurrido a nivel de retorno al celo y presencia de cuerpo lúteo explica los resultados obtenidos en las preñeces efectivas que fueron superiores en número entre los 90 y 120 días en las vacas con adecuada cobertura arbórea y así mismo presentaron 19.5 días abiertos menos, pues según Senger (2003) para que se dé la preñez se debe presentar una ovulación, que esta sea acompañada por una oportuna fertilización y que se presente un cuerpo lúteo que se encargue de mantener la preñez.

El consumo de materia seca (CMS) es un factor determinante en la producción animal, y en condiciones de estrés disminuye (West, 2003). En el presente estudio el CMS no presentó diferencias, esto no quiere decir que los animales con inadecuada cobertura arbórea se encontraran en condiciones de confort, pues como se puede observar los parámetros productivos disminuyeron, y adicionalmente el CMS no vario precisamente por que los animales presentaron un signo inicial de estrés que es el consumo de forraje nocturno en búsqueda de la compensación de la materia seca, según Mahecha (2001) cuando los animales se ocultan del sol en el día, consumen forraje en la noche buscando equilibrar el consumo necesario de materia seca para tratar de llenar su requisitos nutricionales. Así mismo se presentó fisiológicamente un indicador de que las vacas son susceptibles al estrés que fue el aumento de la tasa respiratoria, aunque no fue alcanzado las 60 respiraciones por minuto que según Arias 2008 es el indicador de estrés, se vio aumentado este indicador fisiológico en las vacas que pastorearon con insuficiente cobertura arbórea.

## Conclusión

La adecuada cobertura arbórea en el potrero en arreglos silvopastoriles simples favoreció las condiciones ambientales, la fisiología y etología del animal optimizando la ganancia de peso de la unidad vaca ternero, reflejándose en tendencias para menores días postparto de retorno al celo y mayores

preñeces efectivas de los 60-89 días postparto y diferencias significativas en las preñeces efectivas de los 80-119 días postparto y en la cantidad de cuerpos lúteos de vacas Brahman en el trópico húmedo colombiano comparados con los animales que se encontraban con insuficiente cobertura arbórea.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Antioquia y en especial al grupo GRICA por el apoyo financiero, así como a la Ganadería Rio Grande - Brahman Cuba y en especial al señor Juan Carlos Gil por el apoyo financiero, y por facilitar el desarrollo de este trabajo.

## Bibliografía

- Velazco JI, Rovira PJ, Efecto del tipo de sombra en la ganancia de peso, tasa respiratoria y conducta de novillos sobre sudan-grass. En: Uso de la sombra en la cría de novillos en sistemas pastoriles de la región este del Uruguay. Serie técnica No. 202. Ed. Pablo Rovira. 2012.
- McManus C, Prescott E, Paludo G.R, Bianchini E Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds, 2009.
- Murgueitio E e Ibrahim M, Agroforestería pecuaria para la reconversión de la ganadería en Latinoamérica. Fundación CIPAV, Cali, Colombia Área de Agroforestería, CATIE, Costa Rica. Ponencia presentada en el XVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias, Panamá, septiembre del 2000
- Mahecha L y Angulo J. Nutrient Management in Silvopastoral Systems for Economically and Environmentally Sustainable Cattle Production: A Case Study from Colombia, Soil Fertility Improvement and Integrated Nutrient Management - A Global Perspective, Dr. Joann Whalen (Ed.), 2012. ISBN: 978-953-307-945-5, InTech, DOI: 10.5772/29476.
- Arias RA, Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche,. Escuela de Agronomía, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Chile. Department of Animal Science, University of Nebraska-Lincoln, USA, 2008
- Gorosito R, COMPENSAR LA OFERTA Y LA DEMANDA , Rev. Braford, Bs. As., 23(58):62-66. www.produccion-animal.com.ar, 2007
- Tholen A, Hill M, Heat Stress in Dairy Calves Penn State College of Agricultural Sciences research, extension, and resident education programs are funded in part by Pennsylvania countries, the Commonwealth of Pennsylvania, and the U.S. Department of Agriculture. Provimi. P 1 – 7, 2013
- Osorno RC. Anestro posparto, principal factor que interfiere en la eficiencia reproductiva del ganado bovino criado en condiciones de trópico bajo. Revista genéticabovina Colombiana. Santacruz Editores. Bogotá-Colombia Mayo- Junio P18-24, 2008.
- Elizabeth RW, Kellie M, Breen AE, Bree N. Pierce AJ, Tilbrook AI. Turner, and Fred J. Karsch, 2008. Cortisol Interferes with the Estradiol-Induced Surge of Luteinizing Hormone in the Ewe. BIOLOGY OF REPRODUCTION 80, 458–463 (2009) Published online before print 3 December 2008

## Efecto de la sombra en cambios estructurales de *Brachiarias* asociadas a *T.diversifolia* y/o *C.argentea*

Liliana Mahecha<sup>1</sup>, Joaquín Angulo<sup>1</sup>, Wilson Barragán<sup>2</sup> Liliana.mahecha@desma@gmail.com

### Resumen

Se evaluó el efecto del nivel de sombra y de la asociación con las arbustivas *Tithonia diversifolia* y/o *Cratylia argentea* en los cambios estructurales de tres gramíneas del género *Brachiaria*, como punto de partida para identificar socios potenciales para sistemas silvopastoriles en suelos ácidos con alta toxicidad de aluminio. Se utilizaron las especies *Brachiaria brizantha* cv Toledo, *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria híbrido* cv Mulato II. En un área de 650 m<sup>2</sup> con una pendiente menor al 5%, se diseñaron dos bloques para contrarrestar el efecto de la fertilidad del suelo en las respuestas esperadas. Cada una de estas combinaciones se aleatorizó en 72 parcelas con dimensiones de 4m<sup>2</sup>. Las variables analizadas fueron: altura de la planta, proporción de hojas, proporción de tallos y producción de materia seca. Los datos se analizaron empleando un diseño de parcelas divididas. Las gramíneas evaluadas solas o en asociación no fueron afectadas en sus variables estructurales por el nivel de sombra artificial evaluado. *Brachiaria brizantha* cv Toledo tuvo un mejor comportamiento al estar asociada con *Tithonia* que al estar sin asociación; *Brachiaria decumbens* respondió positivamente al estar asociada con *Tithonia* o con ambas arbustivas. La asociación con arbustivas no benefició a *Brachiaria* híbrido Mulato II, incluso, la asociación con ambas arbustivas perjudicó la producción de materia seca. Los socios de *Brachiaria brizantha* cv Toledo con *Tithonia diversifolia* y de *Brachiaria decumbens* con *Tithonia diversifolia* o *Tithonia diversifolia* más *Cratylia argentea* se presentan como opciones viables para dar paso a evaluaciones con animales y persistencia de los sistemas bajo condiciones de suelos ácidos con alta toxicidad de aluminio y bajo condiciones de sombra hasta del 60%.

**Palabras clave:** arbustivas, asociación, *Brachiaria brizantha* cv Toledo, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria híbrido* Mulato II, *Tithonia diversifolia*, *Cratylia argentea*, pasto, silvopastoreo

## Effect of shadow on structural changes of *Brachiarias* associated with *T. diversifolia* and/or *C. argentea*

### Abstract

The effect of the level of shade and association with shrub *Tithonia diversifolia* and / or *Cratylia argentea* were evaluated on structural changes in three *Brachiaria* grasses, as a starting point for identifying potential partnerships for silvopastoral systems in acid soils with high aluminum toxicity. *Brachiaria brizantha* cv Toledo, *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria hybrid* cv Mulato II were used. In an area of 650 m<sup>2</sup> with a slope less than 5%, two blocks were designed to counteract the effect of soil fertility in the expected answers. Each of these combinations were randomized into 72 plots with dimensions of 4m<sup>2</sup>. The variables analyzed were: plant height, leaf proportion, proportion of stems and dry matter production. Data were analyzed using a split plot design. Grasses alone or in combination were not affected in their structural variables for the level of shadow considered. The answer of *Brachiaria brizantha* cv Toledo was better when was associated with *Tithonia* than without association; The answer of *Brachiaria decumbens* was positive when was associated with *Tithonia* shrub or *Tithonia* plus *Cratylia*. The association did not cause benefit to *Brachiaria* hybrid Mulato II; the association with both shrubs decreased the dry matter production. The association of *Brachiaria brizantha* cv Toledo with *Tithonia diversifolia* and *Brachiaria decumbens* with *Tithonia diversifolia* or *Tithonia diversifolia* plus *Cratylia argentea* are presented as viable options for evaluations with animals and persistence of the systems under conditions of acid soils with high aluminum toxicity, and under shadow until 60%.

<sup>1</sup> Grupo GRICA, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia. <sup>2</sup>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA. Centro de Investigación Turipaná.

## Introducción

Actualmente la actividad ganadera enfrenta cuestionamientos que exigen mayor compromiso desde el punto de vista social y ambiental. Los sistemas silvopastoriles han sido reportados como mecanismos tecnológicos para vencer la degradación de suelos y praderas en la región Caribe Colombiana (Martínez 2013). Pese a la importancia de los sistemas silvopastoriles en la rehabilitación de áreas degradadas y en la productividad del sistema ganadero, su participación se ve limitada en suelos ácidos debido al escaso recurso arbustivo para soportar estas condiciones, y a la investigación de estos recursos arbóreos en socios silvopastoriles con gramíneas tropicales. Entre los pastos reportados con gran adaptación para suelos ácidos se

encuentran las bracharias (Argel et al., 2007) mientras que dos de las arbustivas que toleran condiciones de acidez son la *Tithonia diversifolia* (Mahecha et al. 2007) y la *Cratylia argentea* (Rincón et al., 2007). Sin embargo, no se registran evaluaciones de comportamiento en el asocio gramínea – arbustiva bajo condiciones de sombra con potencial para uso directo en pastoreo en suelos ácidos y con alta toxicidad de aluminio.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del nivel de sombra y de la asociación con las arbustivas *Tithonia diversifolia* y/o *Cratylia argentea* en los cambios estructurales de tres gramíneas del género *Brachiaria*.

## Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en la hacienda la Candelaria de la Universidad de Antioquia ubicada en el municipio de Caucaasia (Antioquia, Colombia) a 7°58'46" de latitud norte y 75°11'40" de longitud oeste. Suelos ácidos con alta toxicidad de aluminio, temperaturas promedio de 28 °C. En el desarrollo de este trabajo se utilizaron las especies *Brachiaria brizantha* cv Toledo (BT), *Brachiaria decumbens* (BD) y *Brachiaria híbrido* cv MulatoII (BM), por ser especies reportadas como tolerantes a condiciones de sombriamiento, acidez y toxicidad de aluminio en monocultivo. Dentro de la gama de especies arbustivas se utilizaron las especies *Cratylia argentea* (C), y *Tithonia diversifolia* (T). La siembra se llevó a cabo en octubre de 2012, el corte de uniformización se realizó a los 120 días después de la siembra, los cortes posteriores fueron cada 40 días. El muestreo y las mediciones se realizaron en el segundo corte después de la uniformización. En un área de 650 m<sup>2</sup> con una pendiente menor al 5%, se diseñaron dos bloques para contrarrestar el efecto de la fertilidad del suelo en las respuestas esperadas. Se evaluó la respuesta de la gramínea sola y/o acompañada de *Cratylia* y/o de *Tithonia*, sobre la altura de la planta, la proporción de hojas, la proporción de tallos, y la producción de materia seca. Cada una de estas combinaciones se aleatorizó en 72 parcelas con dimensiones de 4m<sup>2</sup>. En esta parcela las gramíneas y arbustivas se sembraron en surcos separados a 25 cm. Para el caso de gramíneas, la siembra se realizó a chorrillo con semilla sexual, considerando unas 10 plantas por metro lineal, y para el caso de las arbustivas se reali-

zó a 25 cm entre planta, con semilla sexual para *Cratylia* y para *Tithonia*, previa germinación en fase de vivero. Se establecieron 50 plantas/m<sup>2</sup> en las parcelas con solo gramínea; 40 gramínea y 4 arbustivas por m<sup>2</sup> en las parcelas combinadas que incluían una sola arbustiva y de 40 gramíneas, 2 plantas de *Tithonia* y 2 de *Cratylia* por m<sup>2</sup> en las parcelas que incluían gramínea y las dos arbustivas. En cada uno de los bloques se arregló de manera aleatoria un diseño de parcelas divididas, tomado como parcela principal el nivel de sombra, el cual fue 0, 30 y 60%; y en la sub-parcela, la combinación de gramínea – arbustiva (BD; BD+C; BD+C+T; BD+T; BM; BM+C; BM+C+T; BM+T; BT; BT+C; BT+C+T; BT+T). El control sin sombra tenía una incidencia de luz de 1500 micromoles/m<sup>2</sup>/segundo medido con un medidor quantum modelo MQ-301. La sombra fue simulada con tela negra de polipropileno que viene diseñada de fábrica a solicitud del trabajo con un nivel de retención de sombra del 30 ó 60%. Los datos se analizaron empleando un diseño de parcelas divididas mediante el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS. El modelo consideró el efecto del bloque, nivel de sombra (parcela principal), error de la parcela principal, efecto de la asociación gramínea-arbustiva, y por último la interacción del factor sombra y del factor gramínea – arbustiva. Se aplicaron comparaciones planeadas para evaluar diferencias en las variables entre las gramíneas sin asociación y entre cada gramínea con sus diferentes asociaciones. Se utilizó un nivel de significancia de 0.05 y se consideraron tendencias cuando  $p \leq 0.10 > 0.05$ .

## Resultados

Se encontró efecto significativo del asocio gramínea-arbustiva sobre las variables altura ( $p=0.0003$ ) y porcentaje de hoja y de tallo ( $p<0.0001$ ) y una tendencia en la producción de materia seca total ( $p=0.09$ ). En la Tabla 1 se presentan los resultados encontrados en las comparaciones planeadas realizadas. Cuando se compararon entre sí las gramíneas sin asociarse (testigos), *Brachiaria brizantha* cv Toledo tuvo la mayor altura con diferencia significativa respecto a *Brachiaria híbrido* cv Mulato II ( $p<0.05$ ) y a *Brachiaria decumbens* ( $p<0.05$ );

*Brachiaria híbrido* cv Mulato II también superó significativamente ( $p<0.05$ ) en altura a *Brachiaria decumbens*; en la proporción de hojas se encontró una mayor proporción ( $p<0.05$ ) en *Brachiaria híbrido* cv Mulato II sin diferencias significativas ( $p>0.05$ ) respecto a *Brachiaria brizantha* cv Toledo, pero sí entre ellas y *Brachiaria decumbens* ( $p<0.05$ ); resultados similares fueron encontrados para la proporción de tallos, *Brachiaria decumbens* presentó la mayor proporción de tallos con diferencias significativas ( $p<0.05$ ) respecto a *Brachiaria*

*brizantha* cv Toledo y *Brachiaria híbrido* cv Mulato II, y no hubo diferencia significativa entre las dos últimas ( $p>0.05$ ); en la producción de materia seca *Brachiaria híbrido* cv Mulato II tuvo una tendencia a mayor producción comparado con *Brachiaria brizantha* cv Toledo ( $p=0.06$ ) y fue similar a la producción de *Brachiaria decumbens* ( $p>0.05$ ) aunque en esta última la materia seca estuvo representada por la mayor proporción de tallos.

Cuando se comparó la respuesta de cada gramínea sin asociarse respecto a la asociación con *Cratylia*, con *Cratylia*+*Tithonia* ó con *Tithonia*, se encontró que *Brachiaria híbrido* cv. Mulato II no tuvo cambios significativos en altura ( $p>0.05$ ), en proporción de hojas ( $p>0.05$ ) ó proporción de tallos ( $p>0.05$ ) con ninguna de las asociaciones, ni en producción de materia seca cuando se asoció con *Cratylia* ( $p>0.05$ ) ó con *Tithonia* ( $p>0.05$ ), pero sí tuvo una tendencia a disminuir la producción de materia seca cuando se asoció con ambas arbustivas

( $p=0.09$ ). *Brachiaria brizantha* cv Toledo disminuyó su altura cuando se asoció con *Cratylia* ó con ambas arbustivas ( $p>0.05$ ), pero fue similar al estar sin asociarse ó asociada con *Tithonia* ( $p>0.05$ ). *Brachiaria decumbens* incrementó significativamente su altura cuando se asoció con *Tithonia* ( $p<0.05$ ), tuvo una tendencia a una mayor altura ( $p=0.06$ ) cuando se asoció con ambas arbustivas y no varió significativamente ( $p>0.05$ ) en altura cuando se asoció con *Cratylia*; tampoco varió significativamente ( $p>0.05$ ) la proporción de hojas ó tallos con ninguna de las asociaciones y aunque incrementó numéricamente su materia seca con todas las asociaciones, las diferencias no fueron significativas ( $p>0.05$ ) respecto a la gramínea sin asociarse.

Al comparar el nivel de sombra 0%, 30% ó 60%, tomando en conjunto la respuesta de todas las especies evaluadas en cada nivel de sombra, no hubo diferencia significativa en ninguna de las variables.

**Tabla 1.** Promedios, error estándar (EE) y pvalue (p) de las comparaciones planeadas para las variables altura, proporción de hojas, proporción de tallos y producción de materia seca en las diferentes asociaciones evaluadas

	Altura, cm	Proporción hojas, %	Proporción tallos, %	Producción de materia seca g/0.25 m <sup>2</sup>
BT vs BM	96.2 vs. 71.9 EE= 4.7, <b>p=0.06</b>	68 vs. 74 EE=4.1, p=0.96	32 vs. 26 EE= 4.1, p=0.96	0.24 vs. 0.32 EE=0.04, <b>p=0.01</b>
BT vs. BD	96.2 vs. 61.8 EE=4.7, <b>p=0.001</b>	68 vs. 56 EE=4.1, <b>p=0.10</b>	32 vs. 44 EE=4.1, <b>p=0.10</b>	0.24 vs. 0.30 EE=0.04, p=0.91
BM vs. BD	71.9 vs. 61.8 EE=4.7, p= 0.94	74 vs. 56 EE=4.1, <b>p= 0.004</b>	26 vs. 44 EE=4.1, <b>p=0.004</b>	0.32 vs. 0.30 EE=0.04, p=0.99
BD vs BD+C	61.8 vs 68.8 EE=4.7, p=0.14	56 vs. 55 EE= 4.1, p=0.94	44 vs. 45 EE= 4.1, p=0.94	0.30 vs. 0.34 EE=0.04, p= 0.43
BD vs BD+C+T	61.8 vs.70.2 EE=4.7, <b>p=0.07</b>	56 vs. 57 EE= 4.1, p=0.75	44 vs. 43 EE= 4.1, p= 0.75	0.30 vs. 0.37 EE=0.04, <b>p=0.12</b>
BD vs BD+T	61.8 vs. 73.2 EE=4.7, <b>p=0.01</b>	56 vs. 54 EE= 4.1, p=0.76	44 vs. 46 EE= 4.1, p=0.76	0.30 vs. 0.35 EE=0.04, p= 0.28
BM vs BM+C	71.9 vs.69.6 EE=4.7, p=0.61	74 vs. 74 EE= 4.1, p=0.99	26 vs. 26 EE= 4.1, p=0.99	0.32 vs. 0.31 EE=0.04, p= 0.88
BM vs BM+C+T	71 vs. 68.6 EE=4.7, p=0.48	74 vs. 76 EE= 4.1, p=0.56	26 vs. 24 EE= 4.1, p=0.56	0.32 vs. 0.24 EE=0.04, <b>p=0.09</b>
BM vs BM+T	71.9 vs.74.3 EE=4.7, p=0.62	74 vs. 72 EE= 4.1, p=0.56	26 vs. 28 EE=4.1, p=0.56	0.32 vs. 0.32 EE=0.04, p= 0.97
BT vs BT+C	96.2 vs. 86.7 EE= 4.7, <b>p=0.04</b>	68 vs. 69 EE= 4.1, p= 0.80	32 vs. 31 EE=4.1, p=0.80	0.24 vs. 0.28 EE=0.04, p=0.28
BT vs BT+C+T	96.2 vs. 87.3 EE=4.7, <b>p=0.06</b>	68 vs. 74 EE=4.1, p=0.18	32 vs. 26 EE=4.1, p=0.18	0.24 vs. 0.28 EE=0.04, p= 0.37
BT vs BT+T	96.2 vs. 88.7 EE=4.7, p=0.12	68 vs. 79 EE=4.1, <b>p=0.01</b>	32 vs. 21 EE=4.1, <b>p=0.01</b>	0.24 vs. 0.30 EE=0.04, <b>p=0.10</b>

*Brachiaria brizantha* cv Toledo (BT), *Brachiaria decumbens* (BD), *Brachiaria híbrido* cv MulatoII (BM), *Cratylia argentea* (C), *Tithonia diversifolia* (T).

## Discusión

Cuando se compararon entre sí las gramíneas sin asociarse, *Brachiaria híbrido* Mulato II, dado su mejoramiento genético, expresó su potencial con una mayor producción de materia seca, representada en materia seca comestible (más hojas y

menos tallos) comparada con *Brachiaria decumbens*, siendo muy similar a *Brachiaria brizantha* cv. Toledo. No obstante, estudios donde han comparado estas especies, han mostrado resultados contrastantes. Guiot (2005) logró superioridad en

altura de *Brachiaria brizantha* y *Brachiaria híbrido* Mulato sobre *Brachiaria decumbens*, mientras que Cruz et al. (2013) encontraron una menor altura en *Brachiaria híbrido* Mulato. Las diferencias entre resultados podría atribuirse a dos causas, la primera al tipo de *Brachiaria híbrido* utilizados entre estudios; Guiot (2005) y Cruz et al. (2013) utilizaron *Brachiaria híbrido* Mulato que fue el primer híbrido comercial obtenido por el proyecto de Forrajes Tropicales del CIAT en colaboración con otras instituciones de investigación, mientras que el cv. Mulato II utilizado en el presente estudio fue el segundo híbrido comercial. Como segundo aspecto, podría considerarse el tipo de suelo y las condiciones agroecológicas en general en el cual se llevaron a cabo los estudios ya que Guiot (2005) lo realizó en zona árida de baja fertilidad de suelo, Cruz et al. (2013) lo realizaron en suelo con pH 6.12 con adecuada fertilidad sin aplicar riego ni fertilizar durante la evaluación, mientras que el presente trabajo se realizó en suelos de baja fertilidad, con pH de 4.8 y toxicidad de aluminio hasta de 5.1 cmolc kg<sup>-1</sup>. Según Argel et al. (2007), el cv. Mulato II, además de las características sobresalientes del cv. Mulato, se destaca por su buena adaptación en un amplio rango de localidades incluyendo aquellas con suelos ácidos de baja fertilidad y con saturación de aluminio, lo cual soportaría los resultados encontrados con las gramíneas sin asociarse. Adicionalmente habría que tener en cuenta que en condiciones de monocultivo, *Brachiaria decumbens* se caracteriza por su crecimiento decumbente mientras que *Brachiaria brizantha* cv. Toledo (Rincón, 2011) y *Brachiaria híbrido* Mulato II tienen un crecimiento erecto. Estos hábitos de crecimiento también están relacionados con los resultados encontrados en el presente trabajo en estas gramíneas al estar sin asociación.

Si bien los resultados encontrados para altura, proporción de hojas y tallos mostraron un comportamiento a favor de las especies *Brachiaria brizantha* cv Toledo y *Brachiaria híbrido* cv Mulato II al encontrarse sin asociarse, los resultados no fueron similares al realizar las asociaciones. Al comparar la respuesta de cada gramínea respecto a ella misma asociada con *Cratylia*, con *Tithonia* o con ambas, se encontró que *Brachiaria híbrido* Mulato II no mejoró significativamente su respuesta en la mayoría de variables, incluso la producción de materia seca tuvo una tendencia a disminuir al asociarse al mismo tiempo con ambas arbustivas. *Brachiaria brizantha* cv Toledo tuvo un mejor comportamiento al estar asociada con *Tithonia* que al estar sin asociación y bajo esta asociación manifestó una mayor proporción de hojas, una menor proporción de tallos, una tendencia a mayor producción de materia seca y no afectó su altura. *Brachiaria decumbens* respondió positivamente a la asociación con *Tithonia* ó con ambas arbustivas, aumentando significativamente su altura e incrementando la producción de materia seca aunque en esta última variable las diferencias no fueron significativas. Dias-Filho (2002) encontró que *Brachiaria brizantha* mostró habilidad para ajustar su comportamiento fotosintético en respuesta a una intercepción de sombra del 70%. Paciullo et al (2011) encontraron tolerancia de *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria brizantha* a sombra moderada del 36%. Nuestros resultados fueron contrastantes toda vez que no se logró encontrar efecto del nivel de sombra. No obstante, las gramíneas *Brachiaria brizantha* cv Toledo y *Brachiaria decumbens*, evidenciaron las mejores respuestas en las características altura de planta y porcentaje de hojas, las cuales están documentadas como evidencias de adaptación a condiciones de baja luminosidad (Gobbi, 2007; Paciullo et al., 2011; Martuscello et al., 2009).

## Conclusiones

Los porcentajes de sombra evaluados no afectaron las características estructurales en las gramíneas. El asocio de *Brachiaria brizantha* cv Toledo y *Brachiaria decumbens* con *Tithonia*

*diversifolia* se presenta como opción viable para dar paso a evaluaciones con animales y persistencia de los sistemas bajo condiciones de suelos ácidos con alta toxicidad de aluminio.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto CODI mediana cuantía 2011 Acta CODI 614 del 14/02/12 y al Proyecto de Sostenibilidad (CODI, Universidad de Antioquia) por el apoyo económico para la ejecución de este trabajo.

## Bibliografía

- Argel P, Miles J, Guiot J, Cuadrado H, Lascano CE. 2007. Cultivar Mulato II (*Brachiaria* híbrido CIAT 36087): Gramínea de alta calidad y producción forrajera, resistente a salivazo y adaptada a suelos tropicales ácidos bien drenados / Pedro J. Argel, John W. Miles, Jorge D. Guiot, Hugo Cuadrado y Carlos E. Lascano. — Cali, CO : Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT), 2007. 26 p.
- Cruz M, Curbelo L, Guevara R, Pereda J, Muñoz D, Tamayo Y, Rivero LE, Ponce M, Ferreiro L, Cabrera Y. 2013. Evaluación agronómica de cuatro nuevas variedades de pastos. Rev. prod. anim., 25 (1): 1-5.

- Dias-Filho, Moacyr Bernardino. 2002. Photosynthetic light response of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)*[online]. 59 (1):65-68 [cited 2015-03-27]. Available from: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162002000100009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162002000100009&lng=en&nrm=iso)>. ISSN 0103-9016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162002000100009>.
- Gobbi K. 2007. Características morfoanatómicas, nutricionais e produtividade de forrageiras tropicais submetidas ao sombreamiento. Tese de doutorado. Universidade federal de Viçosa. p 82.
- Guiot JD. 2005. Híbridos de *Brachiaria*: una alternativa para incrementar la productividad de la ganadería tropical. I Congreso Internacional de Producción Animal, 7 al 11 de noviembre, La Habana, Cuba.
- Mahecha L, Escobar JP, Suárez JF y Restrepo LF. 2007: *Tithonia diversifolia*(hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). *Livestock Research for Rural Development*, 19 (2): 1-10. Retrieved March 2, 2015, from <http://www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.htm>
- Martínez, J. 2013. Producción y descomposición de hojarasca en sistemas silvopastoriles de estratos múltiples y su efecto sobre propiedades bioorgánicas del suelo en el valle medio del Río Sinú. Maestría thesis, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 178 p.
- Martucello J, Jank L, Neto M, Laura V e Cunha D.2009. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. *R. Bras. Zootec.*,38 (7): 1183-1190.
- Paciullo D, Fernandes P, Miranda C, de Castro C, Sobrinho F e Carvalho C. 2011. The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen dose and shade. *R. Bras. Zootec.*, 40 (2): 270-276.
- Rincón A. 2011. Efecto de alturas de corte sobre la producción de forraje de *Brachiaria* sp. en el piedemonte Llanero de Colombia. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2): 107 -112.
- Rincón A, Pardo O, Parra J, Cerinza O, Pinzón S, Correal W, Barreto A. 2007. Establecimiento, manejo y uso de la leguminosa arbustiva forrajera *Cratylia argentea* cv. Veranera em el Piedemonte Llanero. Publicación Corpoica CI La Libertad. Manual técnico No. 13. Edición César Augusto Jaramillo S. 24 p.

# Nuevo sistema de pastoreo rotativo

*Pavetti, D. R.; Benvenutti, M. A.; Cibils, O. A.*

## Resumen

Con el objeto de validar un nuevo sistema de pastoreo se compararon 2 tratamientos en la EEA Cerro Azul: Remanente no pastoreado (RENOPA) vs pastoreo rotativo tradicional (PRT). El RENOPA se diferenció del PRT en que el cambio de potreros de los animales se hace cuando la proporción de pastura no pastoreada se encuentra entre el 5 y el 10 % del total. En el PRT en cambio, se realiza por la altura de las plantas, en este caso a no menos de 0,20 m. El ensayo se condujo durante 110 días en un sistema silvopastoril de *Pinus elliotti* y *Axonopus catarinensis* usando novillos cruza con Brahma. Se utilizó una superficie de 1 ha para cada tratamiento y una carga de 3 animales ha<sup>-1</sup>. Los resultados demostraron que el RENOPA rindió 27 % más carne que el PRT y esto dio como consecuencia un mayor margen bruto.

**Palabras clave:** *silvopastoril, renopa, rotativo, potreros, margen*

## New system of rotational grazing

## Abstract

In order to validate a new grazing system 2 treatments were compared in the EEA Cerro Azul: Proportion of ungrazed pasture (PUP) vs traditional rotational grazing (TRG). The TRG and PUP differed in the criteria of changing animals of paddocks which in PUP is when the proportion of grazed pasture is between 5 and 10% of the total of the paddock, and in the TRG in contrast, is performed by plant height, in this case not less than 0.20 m. The test was conducted for 110 days in a silvopastoral system of *Pinus elliotti* and *Axonopus catarinensis*, using crosses Brahma steers. An area of 1 ha for each treatment and a stocking of 3 animals ha<sup>-1</sup> was used. Results showed that the PUP paid 27% more meat than the TRG and this gave results in a higher gross margin.

**Key words:** *silvopastoral, pup, rotational, paddocks, margin*



## Introducción

El pasto es el alimento más barato para los animales, por lo que el pastoreo más eficiente se vuelve relevante para la sustentabilidad del sistema de producción ganadera. Un nuevo sistema de pastoreo rotativo, el RENOPA (Remanente no – pastoreado) fue validado experimentalmente en la EEA Cerro Azul, utilizando animales Braford, Brangus y la forrajera Jesuita Gigante (*Axonopus catarinensis*).

Esta especie demostró un relevante nivel de tolerancia a la sombra comparado con otras, utilizando la longitud de copa como indicador de luz en un sistema silvopastoril con pino elliotti (2). Por esta razón se lo usó para evaluar un nuevo sistema de pastoreo en sistemas silvopastoriles.

En otro estudio se demostró que los animales fueron capaces de compensar la reducción en la tasa de consumo, debido a la caída de disponibilidad durante el pastoreo, al incrementar el tiempo del mismo y así mantuvieron el

nivel de consumo de forraje. Después de un tiempo, este mecanismo compensatorio se vio saturado y el consumo se redujo cuando el 95 % de la superficie de la pastura fue desfoliada por primera vez. Los niveles de utilización de pastura fueron cercanos al 60 %. Esto determinó que el mejor indicador para el cambio de piquete de los animales sin pérdida de consumo fue la proporción de forraje no – pastoreado, la cual debe estar entre el 5 y el 10 % del total del piquete (1). Estos resultados fueron la base experimental para el desarrollo del RENOPA.

El objetivo del experimento fue comparar el RENOPA con el PRT (pastoreo rotativo tradicional) utilizando variables ganaderas y económicas para la evaluación de los mismos. Consta de 2 (dos) tratamientos:

Evaluación productiva y económica del PRT

Evaluación productiva y económica del RENOPA

## Materiales y método

Quince (15) días antes de comenzados el ensayo se localizaron los animales en un silvopastoril de eucaliptus a los efectos de “acostumbramiento” de los mismos a la dieta de pastoreo. Como los animales venían de comer caña con suplementación, necesitan acostumbrarse, es decir esperar la adaptación de la microflora ruminal a la nueva dieta de pastoreo.

El área de trabajo consistió de un lote de 2 ha de superficie. Cada mitad del lote, es decir 1 ha se dividió en 8 subpotreros de 1250 m<sup>2</sup> cada uno. En una de las ha se evaluaron los animales correspondientes al sistema de pastoreo RENOPA y en la otra el PRT.

Los animales entraron a cada tratamiento el 6 de Noviembre de 2013, con pesos promedio de 194 kg y 190 kg para el RENOPA y el PRT, respectivamente.

### Tratamientos

#### PRT

Los animales se cambian de piquete cuando el pasto, debido al efecto del pastoreo, llega a una determinada altura. El PRT se evaluó a través de la altura, es decir fue medido en unidades de longitud. En el caso del Jesuita Gigante, esta altura se estableció en 20 cm. Esto es, cada vez que el pasto llegó a 20 cm de altura promedio, se cambiaron los animales de piquete. Se realizaron 28 mediciones por potrero y por día.

#### RENOPA

Los animales se cambian de piquete cuando el porcentaje de plantas intactas en el mismo es de entre el 5 y el 10 % del total. Se realizaron 28 mediciones por potrero y por día. Previo al inicio del pastoreo en ambos módulos se contarán los pasos de cada diagonal del módulo involucrado para, en relación a ese número, determinar el número de plantas intactas al re-

correrlo. Cuando este número esté entre el 5 y el 10 % del total de pasos (estimador del total de plantas) se procederá al cambio del potrero. Ejemplo: si ambas diagonales poseen 200 pasos, cuando se registren entre 10 y 20 plantas intactas se cambia de lote.

#### Medición de luz

Se realizó con un septómetro Decagón con el que se pudo determinar el porcentaje de luz relativa a cielo abierto existente en cada lote. Se tomaron 400 mediciones para cada tratamiento y 200 (100 a la entrada y 100 a la salida) para la evaluación del cielo abierto. Los porcentajes de radiación respecto del cielo abierto (100 %) fueron 49 % para RENOPA y 47 % para el PRT.

El nivel de luz resultó relativamente bajo en ambos lotes. Sin embargo, se consideró que el vigor y la disponibilidad de la pastura eran satisfactorios, por lo que se decidió continuar con el experimento en las mencionadas condiciones.

Las mediciones se tomaron durante el zenit que ocurrió entre las 12:40 y las 12:52 hrs.

#### Sanidad

Se realizaron los siguientes controles

Vacuna antirrábica

Desparasitación interna con ivermectinas

Desparasitación externa con Purón

Extracción de muestras de materia fecal para análisis HPG

Los resultados de los análisis coproparasitológico ó conteo del número de huevos por gramo en materia fecal promedio para RENOPA y PRT se aprecian en la siguiente tabla.

Como se puede apreciar en la tabla, los animales estuvieron libres de endoparásitos debido al control sanitario previamente realizado.

Tabla 1. Número de huevos por gramo en materia fecal promedio para RENOPA y PRT

Sanidad				
RENOPA	27/11/13	18/12/13	8/1/14	29/1/14
695	0	0	0	0
698	20	0	0	0
566	0	20	20	0
<b>Promedio</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>0</b>
PRT				
562	0	20	0	0
303	0	0	0	0
552	0	0	20	0
<b>Promedio</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>0</b>

## Resultados

En 110 días de evaluación, el RENOPA superó significativamente en GDP (ganancia diaria de peso) al PRT.

En el RENOPA y el PRT se trabajó con diferentes unidades de medida, esto es altura (longitud) y porcentaje de plantas intactas (porcentaje). Para poder evaluar la relación entre variables se calculó para cada altura su proporción respecto de la altura inicial, considerando a esta última como el 100 %. De esta manera se pudieron relacionar las 2 variables con la misma unidad de medición (porcentaje). Esto se puede apreciar en el siguiente gráfico.

En el gráfico se puede observar porqué la ganancia de peso del PRT fue inferior a la del RENOPA. En el caso del RENOPA la máxima proporción pastoreada por primera vez fue alrededor del 90 %, lo cual equivale a un 10 % de remanente

no pastoreado). Este nivel de remanente no pastoreado permite que el consumo voluntario, y con ello la ganancia de peso, no se vean restringidos antes del cambio de piquete tal como lo observamos en el estudio anterior (1). En cambio con el PRT se llegó a un nivel de defoliación cercano al 100% del área del postrero lo cual produce una caída marcada en el consumo voluntario previo al cabio de piquete. Esto también se observó en el estudio anterior y explica la menor GDP observada con el PRT.

Otra diferencia se reflejó en la velocidad de rotación, siendo la del RENOPA más rápida debido a que su pastoreo fue más liviano. Esto influyó fuertemente en la velocidad de rebrote de la pastura porque ésta tuvo un mayor área foliar remanente. Por ello, aún soportando una rotación más rápida, la

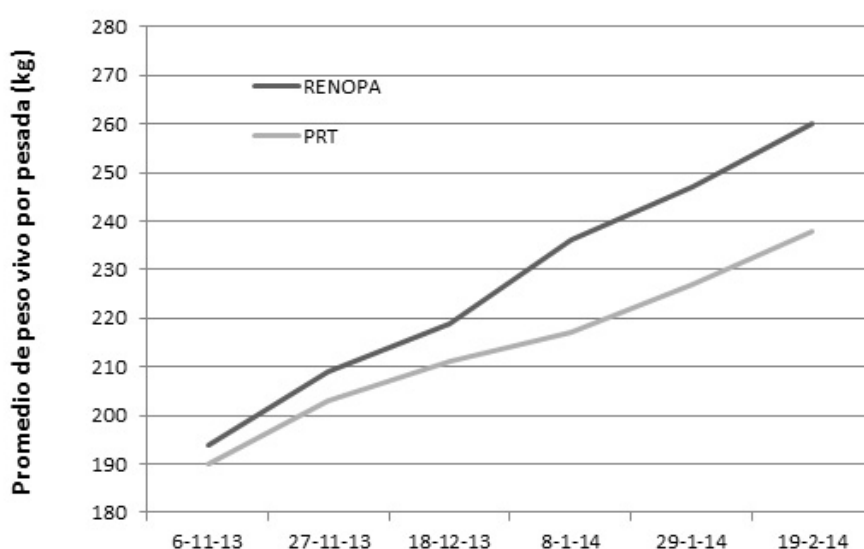


Gráfico 1. Evolución de los pesos vivos de ambos tratamientos durante la experiencia

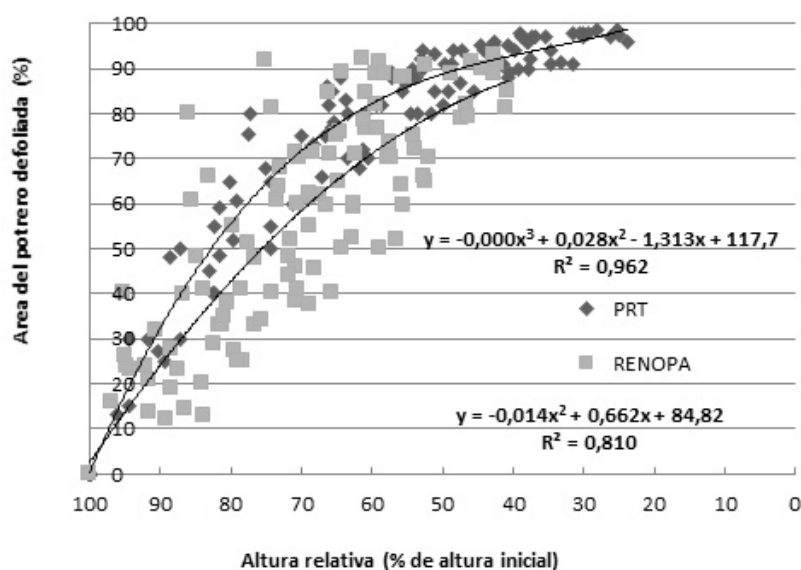


Gráfico 2. Porcentaje del área del potrero pastoreada en relación a la altura relativa de la pastura

mayor velocidad de rebrote permitió una tolerancia aceptable de la carga.

#### Evaluación económica

Las mismas se describen en la tabla de Ingresos Brutos.

Se puede apreciar la magnitud de la diferencia económica que genera el uso del sistema RENOPA respecto del PRT,

ya que produce una diferencia en eficiencia económica 27 % superior al mismo.

En las tablas anteriores se aprecia que el RENOPA rinde un 27 % más de carne que el PRT, lo que llevado al margen bruto significan 1.126 pesos por animal y por año. En la medida en que se agranda el número de animales manejado por ambos sistemas, esta diferencia se hace mucho mayor.

Tabla 2. Producción de carne para RENOPA y PRT.

Producción de carne por ha en 105 días						Incremento por ha
RENOPA			PRT			
PV inicial kg/ha	PV final kg/ha	kg carne/ha	PV inicial kg/ha	PV final kg/ha	kg carne/ha	%
582	780	198	570	714	144	27,3

Tabla 3. Ingresos brutos obtenidos para RENOPA y PRT según cantidades de cabezas bobinas evaluadas.

INGRESO BRUTO								
RENOPA				PRT				DIFERENCIA
CABEZAS	kg/ AÑO	\$/kg	\$/AÑO	CABEZAS	kg/ AÑO	\$/kg	\$/AÑO	\$/AÑO
1	229	18,00	4130	1	167	18,00	3003	1126
50	229	18,00	206100	50	167	18,00	150171	55929
100	229	18,00	412200	100	167	18,00	300343	111857



Foto 1. Animales en pastoreo con el PRT.



Foto 2. Animales en pastoreo con el RENOPA

## Bibliografía

- 1) 2013. Marcelo A. Benvenuti, Daniel R. Pavetti, Carlos A. Cangiano, Dennis P. Poppi, Iain J. Gordon, Jérôme Bindelle, Lucas Zakidalsky and Deli Chen. The proportion of the ungrazed area of the pasture (PUP) determines when forage intake and diet quality decline in grazing systems. Poster presentado en el 22° Congreso Internacional de Pasturas, desde el 15 al 19 de Septiembre de 2013 en el Centro de convenciones y exhibiciones de Sydney, Australia.
- 2) 9, 10 y 11 de Mayo de 2012. Pavetti, D.R. ; Benvenuti, M.A. ; Kurtz, V.A. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Santiago del Estero, Argentina. Presentación de poster: Evaluación de especies forrajeras megatérmicas bajo *Pinus taeda* L. Pp. 344.

# **Sistema extensivo versus sistema silvipastoril intensivo para pecuária de leite na Amazônia Brasileira: produtividade, benefícios socioeconômicos e ecossistêmicos para mitigação e adaptação às mudanças climáticas.**

*G. C. Carrero; M.M. Bettarello; A. Vicente; M. Alcântra, M.C. Cenamo.*

## **Resumo**

Este trabalho apresenta os resultados preliminares após 214 dias de implantação e adaptação de um módulo de sistemas silvipastoris intensivos (SSPI) em Apuí, Amazonas, Brasil. O SSPI compreende 4,4 hectares dividido em 22 piquetes com 9 linhas com 403 árvores madeiráveis e leguminosas. Os resultados preliminares mostram que este sistema comporta 227% mais unidades animais (U.A.) por hectare (from 1,08 to 3,5 U.A./ha) que produziram 11% mais leite por indivíduo comparado ao sistema de uso extensivo anterior. A produção de leite por hectare/ano passou de 1.197 para 7.163 litros. A área necessária para suportar as 15,5 vacas em lactação também diminuiu cerca 70%. Este aumento de produtividade foi proveniente da recuperação do solo, do pastejo rotacional e do acesso mais próximo à água. O aumento da produtividade vai atingir o seu máximo quando as árvores estiverem exercendo sua função no sistema, a suplementação na seca for fornecida, juntamente com uma melhora da genética do rebanho. Concluímos que o SSPI é uma alternativa que aumenta a produtividade, os benefícios socioeconômicos e contribui para as mudanças climáticas ao aumentar a resiliência e diversidade dos sistemas e reduzir a necessidade de desmatar novas áreas.

**Palabras clave:** *Ganadería sostenible, lechería, reducción de emisiones, Apuí, Amazonas,*

## **Abstract**

We present the preliminary results of implementation of a module of 4,4 ha of Intensive Silvopastoral System (ISPS) for dairy production in Apuí, Amazonas, Brazil. The ISPS comprises 22 divisions with 9 lines planted with 403 leguminous and valued timber trees. The preliminary results show that this ISPS carries 227% more animal units per hectare, and produced 11% more milk per animal compared to the old extensive pasture system used. The milk production rocketed from 1,197 to 7,163 liters per ha/year. The area of pasture needed to support the 15,5 lactating cows diminished around 70%. This gain in productivity was due to the pasture recuperation and partitioning and closer access to water. The gain in productivity will reach its maximum when trees are playing their role in the system, supplementary fodder is provided and improved the genetic of the herd. We conclude that ISPS is an alternative that increases productivity, the socioeconomic benefits and contributes to mitigation and adaptation to climate change through increasing resilience and diversity of the productive system and reducing the need to deforest new areas.

**Key words:** *sustainable cattle ranching, dairy production, emissions reductions, Apuí, Amazonas*

## Introdução

O uso da terra na Amazônia brasileira se baseia na pecuária extensiva, adotada em 75% das áreas desmatadas (Barreto et al., 2013). Com média nacional de 1 unidade animal por hectare florestal (Martinelli et al., 2010), nas regiões da Amazônia as médias são menores quanto mais longe de centros urbanos e próximo ao bloco florestal, chegando a médias de 0,6 a 0,75 unidades animais por hectare. Para se reduzir o desmatamento deve-se aumentar a produtividade, liberando terras para conservação e outros usos (Martinelli et al., 2010, Lambin e Meyfroidt, 2011, Barreto et al. 2013, Para transformar os solos degradados em sistemas silvipastoris intensivos (SSPi) pode-se maximizar a eficiência dos processos biológicos como fotossíntese, fixação de nitrogênio e ciclagem de nutrientes para acelerar a produção de biomassa e melhorar a matéria orgânica do solo (Calle et al, 2012). SSPIs aumentam a resiliência do solo à degradação e à perda de nutrientes, sequestra grandes quantidades de carbono (1,2 a 6,1 toneladas/ha/ano) (Ibrahim et. al., 2010; Udawatta e Jose, 2011), reduz emissões de gases de efeito estufa (Nair et al., 2011) e contribui para proteger recursos hídricos (Chará, 2010) e liberar terras degradadas para proteção.

A agricultura familiar é responsável por 58% da produção de leite no Brasil, que cresceu 4,5 vezes em 10 anos, 7 para 32 bilhões de litros anuais (IBGE, 2006). Na região Norte o incremento foi de apenas 0,4 vezes passando de 846 milhões para 1,22 bilhões de litros, representando 5,7% da produção nacional. O potencial de crescimento é grande, visto a grande quantidade de agropecuaristas e a dependência de importar produtos lácteos de outras regiões do Brasil para suprir a demanda do Norte, sendo que a produtividade da região é bastante baixa.

Na região sul do Amazonas, no município de Apuí, a expan-

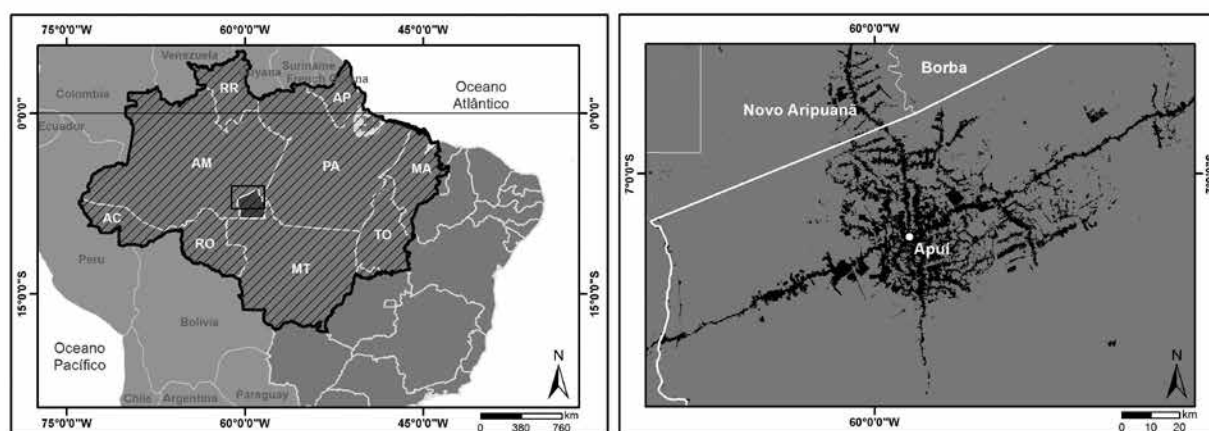
são da fronteira agrícola continua a ter taxas crescentes de desmatamento, enquanto na Amazônia como um todo tem reduzido desde 2006 (Inpe, 2014). Apuí tem o segundo maior rebanho bovino do Estado do Amazonas, com 140.000 cabeças (ADAF, 2014) com cerca de 30% deste rebanho de dupla aptidão, para carne e leite (IDAM, 2012). Em Apuí, embora haja uma terça parte do pecuaristas que parecem ter motivos especulativos para com a produção pecuária de corte, cerca de um terço ainda são pequenos agricultores familiares que migraram de regiões do sul e sudeste do Brasil para tentar a vida com a produção agropecuária na Amazônia (Carrero e Fearnside, 2011). Estes agricultores familiares dependem da produção leiteira, que diversifica a pecuária de cria, contribui para a sustentabilidade, principalmente pela geração regular de renda significativa ao longo do ano (Poccard-Chapuis *et al.*, 2001).

Em Apuí, desde 2011, o Idesam e parceiros já testaram um modelo de pastejo rotacional semi-intensivo de cria, que se mostrou uma opção viável para produtores de gado de corte, obtendo receitas médias de 3,3 vezes e taxa interna de retorno marginal de até 15% maiores que o sistema de pastejo extensivo (Carrero et al., 2014). Para produtores de leite, desde 2013 o Idesam está testando os SSPi, que conseguem manter taxas ainda maiores de lotação (até 4,5 UA/ha) sendo menos dependentes de insumos externos e menos susceptíveis à variação de secas (Calle et al. 2012; Calle et al. 2013). Combinando pastagens melhoradas, arbustos forrageiros e árvores madeiras e leguminosas, o SSPi pode ser pastoreado diretamente realizando também o manejo sustentável da água (Murgueitio e Solorio 2008). Este trabalho apresenta os resultados preliminares na implantação e adaptação de um módulo de SSPi na Amazônia Brasileira.

## Materiais e métodos

A região de Apuí (Figura 1) apresenta altitude média de 135 m acima do nível do mar, com relevo plano a moderadamente ondulado (Radambrasil, 1978), precipitação anual está en-

tre 2800-3100 mm e a temperatura média anual é de 26°C., classificado como clima tropical de monções (Alvares et al., 2013). O tipo de solo predominante é latossolo vermelho-



**Figura 1:** Localização do município de Apuí, Amazonas, Brasil. Preto na figura à direita é área desmatada.

-amarelo na classificação brasileira (EMBRAPA, 2006). Os produtores tem em média fazendas de cerca de 345 hectares (Carrero e Fearnside, 2011), embora os produtores leiteiros considerados agricultores familiares possuem em média 240 hectares, dos quais 30% são pastagens, 68% floresta preservada e 2% outros usos (Idesam, 2014).

A área principal de estudo compreende em uma propriedade rural familiar de 140 hectares, sendo 101 ha de pastagens e 37 ha de floresta, 2 ha para outros usos. O rebanho do produtor familiar é de 134 cabeças com cerca 60% sendo ¾ zebuino e 30% ½ zebuino. Representa 110 Unidades Animais (U.A.), com capacidade animal de 1,09 U.A./ha antes da implantação do SSPI. As principais características químicas do solo franco argilo arenoso desta unidade são típicas dos solos de baixa fertilidade da Amazônia: pH = 4,1 (dissolvido em CaCl<sub>2</sub>) P resina = 3, CTC = 51; H+Al = 46, K% = 94; Ca% = 6,84 (CTC: mmol/dm<sup>3</sup>) e V%=10,1.

A implantação do SSPI realizada de fevereiro a março de 2014 num retângulo de 220 por 160 metros, de 4,4 hectares ocupado pela gramínea *Brachiaria brizantha* que foi recuperada com 2 toneladas de calcário dolomítico (PRNT 92%) e 150kg de superfosfato simples por hectare. No sentido mais comprido, foram abertas faixas a cada 20m para a implantação das árvores e arbustos, isoladas com cerca eletrificada. Foi realizada a destoca com trator de pneu de 75 cv e gradagem apenas nas linhas

para as árvores, depois aplicado herbicida, calcário e adubo.

Foi realizado o plantio de 403 árvores de 18 espécies em 9 linhas com espaçamento 5 X 20m, com 500g de composto orgânico e 200g de calcário dolomítico por cova de 40cm X 40cm. Dessas árvores, 225 (56%) são leguminosas de 10 espécies: *Inga edulis*; *Gliricidia sepium*; *Erythrina poeppigiana*; *Hymenaea courbaril*; *Dipterix odorata*; *Leucaena leucocephala* var. *cunningham*; *Copaifera glycyarpa* e *C. piresii*; *Schizolobium amazonicum* e *Stryphnodendron pulcherrimum*. As 8 espécies madeiráveis com óleos, frutos e látex são *Handroanthus serratifolius*, *Caryocar villosum*, *Hevea brasiliensis*, *Mezilaurus itauba*, *Nectandra cuspidata*, *Cariniana rubra*, *Swietenia macrophylla* e *Manilkara huberi*. Entre as árvores nas linhas foram plantadas 4 estacas de margaridão (*Tithonia diversifolia*). Adicionalmente, foi realizado o plantio de um banco de sementes e forragens com 1500m<sup>2</sup> de *Leucaena leucocephala* var. *cunningham* e 1500m<sup>2</sup> de margaridão para fornecer forragem para o gado na época da seca. Após o plantio das mudas foram construídas cercas duplas eletrificadas e a divisão dos 22 piquetes de 2.000m<sup>2</sup> e instalado o sistema hidráulico para garantir água em cada piquete. Os animais foram soltos na área em 15 de maio de 2014, e monitoramento de suas produções leiteiras foi realizado diariamente durante a ordenha nos meses de junho à dezembro de 2014, totalizando 7 meses ou 214 dias avaliados.

## Resultados e discussão

Os resultados do monitoramento da produção leiteira resultou em 18.489 litros (média de 2.641 litros/mês) para os 214 dias, cerca de 5 vezes mais que a média do pastejo extensivo. O número médio de vacas na área foi de 15,5 vacas, com uma lotação média de 3,5 vacas por hectare (Tabela 1).

Ao extrapolar para um ano completo a produção seria de 7.167 litros de leite por hectare ano, com uma média de 86,4 litros de leite por dia. A produção de leite pode ser ainda maior, visto que os meses entre janeiro a maio é período de chuvas, aumentando a produtividade do capim e podendo suportar maior lotação de animais lactantes.

Ao comparar os resultados obtidos com o SSPI com os dados obtidos no diagnóstico produtivo antes da anterior à sua implantação e considerando a quantidade de vacas em lactação (15,53 vacas) e o preço do leite (R\$0,65/litro) constantes, pro-

ductividade e renda por hectare aumentaram 263%, liberando 10 hectares (69%) da área anteriormente utilizada pelo sistema extensivo (Tabela 2). As árvores e arbustos ainda estão no início de seu desenvolvimento, não atuando ainda como fonte de matéria orgânica para melhoria da fertilidade do solo, nem como barreiras para o vento, diminuindo a perda de água da pastagem por evapotranspiração.

É sabido que a inadequada suplementação de concentrados explica a baixa produtividade de leite por unidade de área do sistema produtivo extensivo (Tourrand *et al.*, 1998). As vacas desse estudo, além de serem de genética pouco produtiva, não receberam ainda suplementação, e também ainda não estão desfrutando do microclima que as árvores propiciarão.

Estes fatores somados indicam que o potencial de aumento de produtividade do SSPI ainda não foi atingido, sendo o

**Tabela 1.** Parâmetros avaliados do SSPI em comparação à média do sistema extensivo de Apuí.

Parâmetro	SSPi avaliado*							Média SSPi*	Média anterior extensivo**
	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Dias	30	31	31	30	31	30	31	<b>30</b>	<b>30</b>
Vacas em lactação	13	14	15	16	17	17	16	<b>15,5</b>	<b>4,8</b>
U.A./hectare	2,9	3,3	3,4	3,6	3,9	3,9	3,6	<b>3,5</b>	<b>1,08</b>
Litros/mês	2.122	2.537	2.604	2.690	2.750	2.965	2.821	<b>2.641</b>	<b>727</b>
Litros/dia	71	82	84	90	89	99	91	<b>86</b>	<b>24</b>
Litros/vaca/dia	5,5	5,7	5,6	5,6	5,2	5,7	5,7	<b>5,6</b>	<b>5,0</b>
Litros/ha/mês	482	577	592	611	625	674	641	<b>600</b>	<b>105</b>
Área Unidade (ha)								4,4	4,4

\* Dados da pesquisa; \*\* dados diagnóstico (IDESAM, 2014).

**Tabela 2.** Comparação entre sistema silvopastoril intensivo e sistema extensivo anterior de pastejo para um rebanho de 15,53 vacas em propriedade rural familiar em Apuí.

Parâmetro	Silvipastoril Intensivo*	Pastoril Extensivo**	Razão (%) SSPI/Extensivo
Área utilizada (Hectares)	4,4	14,4	-69%
Lotação (Vacas/Hectare)	3,5	1,08	227%
Leite produzido (litros/vaca/dia)	5,56	5,0	11%
Litros/dia	86,3	77,7	11%
Leite produzido (litros/ha/ano)	7.163	1.971	263%
Preço leite (R\$/litro)	R\$0,65	R\$0,65	0%
Renda bruta (R\$/ha/ano)	R\$4.655,86	R\$1.281,15	263%

\* Dados da pesquisa; \*\* dados diagnóstico (IDESAM, 2014).

aumento apenas devido à recuperação de manejo rotacional das pastagens. Na próxima estação seca será providenciado forragem proteica suplementar de *T. Diversifolia*, *L. Leucocephala* e cana de açúcar, o que deverá, em conjunto com a maior qualidade do microclima, resultar em aumento de produção de leite por dia. Com a genética de  $\frac{3}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  zebuino das vacas atuais e com o pastejo intensivo rotacional, a produção aumentou de 5,0 litros vaca/dia para 5,6 litros, provavelmente devido à melhoria das pastagens e curtas distancias, Caso se introduza vacas mais produtivas, a produtividade poderia dobrar facilmente.

O SSPI tem liberar cerca de 70% de áreas para conservação e outros usos, reduzir a quantidade de se desmatar novas áreas de floresta. Adotando os SSPI em Apuí, a produtividade seria aumentada junto com os serviços ecossistêmicos e a renda do produtor. Este modelo pode ganhar escala mais facilmente com um mecanismo de pagamento por serviços ambientais. Sem isso, a assistência técnica e o acesso ao crédito rural são os fatores limitantes (Carrero et al., 2014), já que as técnicas para manejar o gado e as árvores ainda estão sendo conhecidas e os custos de implantação do SSPI são cerca de 6 vezes mais do que o sistema extensivo (Calle et. al. 2012).

## Conclusões

Apesar de recente implantado no sul do Amazonas, o modelo de SSPI avaliado tem potencial de reduzir a necessidade de desmatar novas áreas ao aumentar em 263% a produtividade por hectare, somente pela divisão e recuperação das pastagens. Quando as árvores estiverem funcionais no sistema e as vacas estiverem recebendo suplementação de concentrados, os ganhos poderão atingir de 4 a 8 vezes a produtividade do sistema extensivo, ainda mais se melhorar

a genética leiteira do rebanho. O SSPI se mostrou indicado para pequenos produtores de leite na Amazônia, pois pode facilmente triplicar a produtividade por área além de reduzir a necessidade de insumos externos, aumentar a resiliência do solo, a diversidade e o estoque de carbono. O SSPI ainda contribui para reduzir em três vezes a necessidade de pastagens assim reduzir o potencial de emissões provenientes do desmatamento tropical.

## Agradecimentos

Ao Fundo Vale pelo apoio financeiro, ao Viveiro Santa Luzia, CIPAV, ViaVerde Consultoria Agrônômica e Cia Campo Consultoria pelo apoio técnico, à Prefeitura de Apuí e ao produtor rural Lourizete Moraes pela parceria. Aos técnicos Julio Fabiano Almeida, Gleisson H. D'Avila e Kátia Schmidt pelo apoio de campo.

## Bibliografia

- ADAF - Agência de Defesa Agropecuária e Florestal do Amazonas. 2014. Dados do rebanho bovino de Apuí de 2013. Não publicado.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, P. L. M., Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologisch zeitschrift. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Online: [http://www.ingentaconnect.com/content/schweiz/mz/pre-prints/content-507\\_Alvares\\_ingenta](http://www.ingentaconnect.com/content/schweiz/mz/pre-prints/content-507_Alvares_ingenta)
- Barreto, P., Silva, D.S. Ellinger, P. 2013. Como desenvolver a economia rural sem desmatar a Amazônia? Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), Belém-PA.
- Calle, Z., Murgueitio E. R., Chará, J. 2012. Integrating forestry, sustainable cattle-ranching and landscape restoration. Unasylva 239(63):31-40.



- Calle, Z., Murgueitio, E. Chará, J. Molina, C. H., Zuluaga, A. e Calle, A. 2013. A Strategy for Scaling-up Intensive Silvopastoral Systems in Colombia. *Journal of Sustainable Forestry*. Online: <http://dx.doi.org/10.1080/10549811.2013.817338>
- Carrero, G.C., Fearnside, P.M. 2011. Forest clearing dynamics and the expansion of landholdings in Apuí, a deforestation hotspot on Brazil's Transamazon Highway. *Ecology and Society* 16 (2): 26. Online: <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss2/art26/>.
- Carrero, G. C., O. L. M. Nogueira, H.H.D. Barros, M. C. Cenamo, P. G. Soares, M. N. Pavan. 2013. Análise de mudança de uso da terra e estrutura de governança ambiental nos municípios do Profloram. Idesam, Manaus-AM. ISBN:978-85-64371-08-8. 88p. Disponível em: <http://idesam.org.br/publicacao/Oportunidades-REDD-1-Analise-Profloram.pdf>
- Carrero, G.C., Albuja, G., Cenamo, M.C., Bettarello, M.M., Vicente, A. 2014. Viabilidade econômica da pecuária semi-intensiva no sul do Amazonas, uma oportunidade para reduzir o avanço do desmatamento, Idesam, Manaus-AM, pp.48, Online: <http://idesam.org.br/publicacao/relatorio-viabilidade-pecuaria.pdf>
- Chará, J.D. 2010. Impacto de los sistemas silvopastoriles en la calidad del agua. In M. Ibrahim & E. Murgueitio, eds., *Proceedings of the VI Congreso Latinoamericano Agroforestería para la Producción Agropecuaria Sostenible*. Turrialba, Costa Rica, Center for Tropical Agricultural Research and Education (CATIE)–Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria (CIPAV).
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisas de Solos- CNPS. 2006. Sistema brasileiro de classificação de Solos. 2ª Ed. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro-RJ.
- Ibrahim, M., Guerra, L., Casasola, F. & Neely, C. 2010. Importance of silvopastoral systems for mitigation of climate change and harnessing of environmental benefits. In FAO, edited by M. Abberton, R. Conant & C. Batello, *Grassland carbon sequestration: management, policy and economics. Proceedings of the workshop on the role of grassland carbon sequestration in the mitigation of climate change*. Integrated Crop Management, Vol. 11. Rome, FAO.
- IDESAM – Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas. 2014. Diagnóstico Socioeconômico e produtivo em 30 propriedades rurais produtoras de leite em Apuí, Amazonas. Manaus: Idesam. 2014. 25p. Relatório interno.
- IBGE. Censo Agropecuário, 2006. Disponível em: Acesso 02 de fevereiro de 2015
- IDAM, 2012. Plano Operativo Anual do município de Apuí (2012). Manaus: IDAM, relatório interno.
- INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2014. Projeto Prodes – Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite. Online: [http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes\\_1988\\_2013.htm](http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2013.htm).
- Lambin, E.F., Meyfroidt, P. 2011. Global land use change, economic globalization and the looming land scarcity. *PNAS* 108 (9): 3465-3472. Online: <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1100480108>
- Martinelli, L. A., Joly, C. A., Nobre, C. A. e Sparovek, G. 2010. A falsa dicotomia entra a preservação da vegetação natural e a produção agropecuária. *Biota Neotropica* 10(4):322-330. Online: <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/pt/abstract?point-of-view+bn00110042010>
- Murgueitio, R.E., Solorio, B. 2008. El Sistema Silvopastoril Intensivo, un modelo exitoso para la competitividad ganadera en Colombia y México. E=n: Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible., INIA, Universidad Rómulo Gallegos y AVPA.. Maracay, Venezuela.
- Nair P.K.R., Tonucci, R.G., Garcia, R. Nair, V.D. 2011. Silvopasture and carbon sequestration with special reference to the Brazilian savanna (Cerrado). En: Kumar, B.M., Nair, P.K.R. (Eds.), *Carbon sequestration potential of agroforestry systems: opportunities and challenges*, Advances in Agroforestry, Vol.8 Part 1, Springer, New York, USA.
- Poccard-Chapuis, R. et al. 2001 A cadeia produtiva do leite: uma alternativa para consolidar a agricultura familiar nas frentes pioneiras da Amazônia Oriental? En: IV Encontro da Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção, Anais... Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção, Belém:, PA, p.1 – 16.
- Radambrasil, Projeto. 1978. Folha no. SB 20 Purus: geologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
- Tourrand, J. F., Veiga, J.B., Quanz, D., Ferreira, L. A., Simão Neto, M. 1998. Produção leiteira em área de fronteira agrícola da Amazônia: o caso do município de Uruará, PA na Transamazônica. En: Homma, A.K.O (Ed.), *Amazônia: meio ambiente e desenvolvimento agrícola*, Embrapa-CPATU, Belém-PA, Embrapa-SPI, Brasília, DF, pp. 345-386.
- Udawatta, R.P., Jose, S. 2011. Carbon sequestration potential of agroforestry practices in temperate North America. En: Kumar, B.M., Nair, P.K.R. (Eds.), *Carbon sequestration potential of agroforestry systems: opportunities and challenges*, Advances in Agroforestry, Vol.8 Part 1, Springer, New York, USA.

# Biomassa da serapilheira em Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), Sistema agroflorestal (SAF) e Floresta estacional no Cerrado

LE. Guimarães, C. Melo Silva-Neto; F. Neves Calil; R. Alves Gonçalves; F. Delmiro Oliveira.

## Resumo

A serapilheira é todo material recém-caído na parte superficial da floresta. Tendo suma importância nos ecossistemas florestais, pois responde pela ciclagem de nutrientes. Objetivou-se avaliar quantitativamente a biomassa dos constituintes (folhas, galho, casca e miscelânea) da serapilheira de um Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, Sistema agroflorestal e Floresta Estacional no Cerrado. O estudo foi desenvolvido no município de Cachoeira Dourada, GO, Brasil, em novembro de 2013. Na área há um sistema de iLPF (*Eucalyptus urograndis* consorciado com a espécie forrageira *Brachiaria brizantha*). A Floresta estacional também avaliada, está localizada próxima ao sistema iLPF. E o Sistema Agroflorestal (SAF) avaliado fica na Fazenda Agroecológica da Embrapa Arroz e Feijão, e esse, possuem dois modelos de produção Agroalimentar e Agroenergia. Para a coleta de serapilheira utilizou-se uma moldura quadrada de madeira de 0,0625 m<sup>2</sup>, e coletou-se entre linhas de eucalipto, entre plantas de eucalipto, aleatoriamente na mata nativa, e entre linhas do SAF Agroenergia e Agroalimentar. Ao todo foram coletadas 75 amostras, secando-as em estufa até atingir peso constante. Posteriormente, os componentes foram separados manualmente e então determinados os pesos de folhas, galho, casca, miscelânea e total em toneladas/ha. Os resultados obtidos apresentaram maior volume de serapilheira na Floresta estacional. A fração de casca representa a menor partição produzida em todos os sistemas e a de folhas a maior. No Sistema iLPF Entre Plantas houve diferença significativa no acúmulo de serapilheira total com 7874,08 Kg/ha. Conclui-se que a deposição de serapilheira seguiu a ordem decrescente Floresta Estacional>iLPF (Entre Linhas)> Entre Plantas> SAF Agroalimentar > SAF Agroenergia.

**Palavras-chave:** *Eucalipto; Matéria orgânica; Floresta; Ecossistema.*

## Litter biomass in Integrated crop-livestock-forest (iLPF), Agroforestry (SAF) system, and a Seasonal forest in the Cerrado

## Abstract

The litter is all freshly fallen material in the superficial part of the forest. Having paramount importance in forest ecosystems, as responsible for the cycling of nutrients. Aimed to quantitatively evaluate the biomass constituents (leaves, twig, bark and miscellaneous) of litter from a system integrated crop-livestock-forest, seasonal forest and agroforestry system in the Cerrado. The study was conducted in the city of Cachoeira Dourada, Goiás, Brazil, in November 2013. In the area there is a system iLPF (*Eucalyptus urograndis* intercropped with forage *Brachiaria Brizantha*). The seasonal forest also evaluated, is located next to iLPF system. And Agroforestry System (AFS) is evaluated in Agroecológica Fazenda Embrapa Rice and Beans, and this has two production models of Agribusiness and Agro-Energy. To collect litter used a square wooden frame of 0.0625 m<sup>2</sup>, and collected between the lines of eucalyptus, among eucalyptus plants randomly in bushland, and lines between the SAF and Agrifood Agroenergia. Altogether 75 samples were collected, drying them in an oven until constant weight. Subsequently, the components were separated manually and then determined the weights of leaf, twig, bark, and miscellaneous Total in tons / ha. The results showed a higher volume of litter in seasonal forest. The fraction of peel represents the smallest partition produced in all systems and leaves most. In iLPF System Between Plants were no significant differences in the accumulation of total litter with 7874.08 Kg / ha. We conclude that litter deposition followed the descending order seasonal forest> iLPF (Between the Lines)> Between Plants> Agrifood SAF> SAF Agroenergia.

**Keywords:** *Eucalyptus, Organic matter; Forest; Ecosystems.*

## Introdução

Desde os anos 80, o conceito de sustentabilidade vem se popularizando em todos os campos da atividade humana. O desenvolvimento e a adoção de práticas agrícolas sustentáveis são visto como um caminho certo para a sociedade conseguir erradicar a fome de uma população crescente, com o nível econômico também crescente, ao mesmo tempo em que precisa preservar os recursos naturais (TILMAN et al., 2011).

A integração de atividades agrícolas, florestais e pecuárias em propriedades rurais já foi muito frequente no passado. Entretanto, após o século 20, houve uma maior demanda por alimentos e a evolução tecnológica no meio rural tornaram essas atividades cada vez mais padronizadas, sempre buscando ganhos crescentes. Porém, essa forma de produção tem caído em desuso nos últimos anos, devido ao aumento dos custos, redução da margem de lucro, diminuição da produtividade, novas pragas e doenças, além dos problemas ambientais provenientes das atividades intensas. Portanto, tem havido a renovação do interesse e crescimento da adoção de sistemas de produção que buscam integrar as atividades agrícolas, pecuária e florestais, com o objetivo de aumentar a eficiência do uso da terra, de energia, de nutrientes e de mão de obra (ENTZ et al., 2005; BALBINO et al., 2011).

De acordo com a Bracelpa (2014), no Brasil, o eucalipto tem sido a principal essência utilizada nos programas de reflorestamento e, quase sempre, questiona-se sobre as mudanças que podem promover no solo. A serapilheira é um componente de suma importância dentro de um ecossistema florestal, pois responde pela

ciclagem de nutrientes, além de indicar a capacidade produtiva da floresta ao relacionar os nutrientes disponíveis com as necessidades nutricionais de dada espécie (BARNES et al., 1997). A Serapilheira pode ser definida como todo material recém-caído, na parte superficial da floresta, consistindo-se, sobretudo de folhas, fragmentos de casca, galhos, flores, frutos e outras partes (KOEHLER, 1989).

Sua deposição varia em função da tipologia vegetal e da condição climática. Segundo Pereira et al. (2013), em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta, a serapilheira proveniente das plantas, tem o importante papel de enriquecimento do solo, além de ser o habitat para animais invertebrados que compõem a fauna do solo. Os serviços ambientais prestados pelos sistemas iLPF (interação lavoura-pecuária-floresta) para paisagens urbanas e também rurais, são fundamentais no meio em que estão inseridas (PINHO et al., 2012).

Segundo Cianciaruso et al. (2006), o conhecimento dos processos relacionados à transformação da serapilheira são um valioso instrumento para estudos de diagnóstico ambiental e da intensidade dos impactos naturais ou antrópicos, permitindo a comparação entre diferentes sistemas por meio de parâmetros quantitativos de seu funcionamento. O presente trabalho teve como objetivo avaliar quantitativamente a biomassa dos constituintes (folhas, galho, casca e miscelânea) da serapilheira de um Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, Sistema agroflorestal e Floresta Estacional no Cerrado.

## Material e métodos

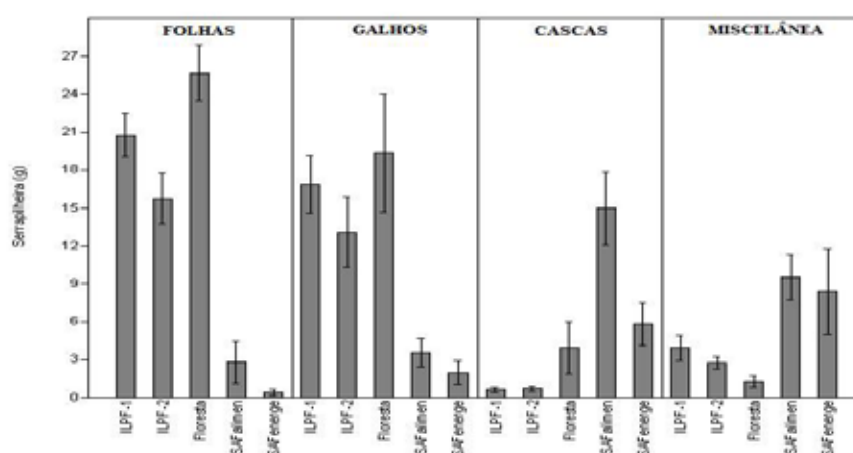
O estudo foi desenvolvido em novembro de 2013, no município de Cachoeira Dourada, GO, Brasil, no sul do estado de Goiás, localizado a 240 km da capital Goiânia, nas seguintes coordenadas geográficas: latitude de 18° 29' 30" S, longitude 49° 28' 30" W, e altitude de 459 metros, em Latossolo Vermelho. Na área está implantado um sistema de iLPF onde a espécie florestal cultivada é o *Eucalyptus urograndis* consorciado com a espécie forrageira *Brachiaria brizantha*. A finalidade desse sítio é a produção de madeira moveleira e a produção de gado de corte. A Floresta Estacional no Cerrado também avaliada neste trabalho está localizada próxima ao sistema iLPF. Essa mesma área é destinada a reserva legal da propriedade estudada.

A área para a comparação de Sistema Agroflorestal (SAF), foi na Fazendinha Agroecológica da Embrapa Arroz e Feijão (Fazenda Capivara), em Santo Antônio de Goiás, GO, cujas coordenadas geográficas são: latitude de 16° 28' 00" S, longitude 49° 17' 00" W, e altitude de 823 m, em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. Essa área de SAF possui 35x580m está dividida em oito blocos repetitivos de aproximadamente 35x70m, correspondente a quatro repetições para o sistema agroflorestal destinado à produção de alimentos – SAF Alimentos, e quatro repetições destinadas à produção de matéria prima para a agroenergia – SAF Agroenergia.

Para a coleta da serapilheira, considerada aqui como todo ma-

terial acumulado sobre o solo (folhas, galhos, cascas e miscelânea.), em diferentes graus de decomposição, utilizou-se uma moldura quadrada de madeira de 0,0625 m<sup>2</sup> (0,25 x 0,25 m). As coletas de serapilheira foram realizadas entre linhas de árvores, entre plantas de árvores, para o iLPF e para o SAF (agroenergia e agroalimentar), e aleatoriamente na Floresta Estacional do Cerrado.

Ao todo foram coletadas 15 amostras em cada tratamento, formando 15 repetições em cada tratamento, totalizando 75 amostras. As mesmas foram armazenadas em sacos de papel Kraft, identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Alometria e Inventário Florestal da Universidade Federal de Goiás, onde foram colocadas em estufa de circulação e renovação de ar por 72 horas a 65°C até atingir peso constante. Posteriormente, os componentes foram separados manualmente com o auxílio de pinças, compartimentalizou-se: folhas, galho, casca, miscelânea e total. Após a secagem, foi realizada a pesagem de todo material, para determinar o peso seco de cada amostra compartimentalizada em toneladas/ha (mg/ha<sup>-1</sup>). Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente ao acaso (DIC) e para uma melhor caracterização dos resultados os dados foram submetidos à análise estatística modelo linear geral (GLM) com nível de significância de 95% e posterior teste de Tukey em mesmo nível de significância.



**Gráfico 1.** Comparação de serapilheira entre diferentes agroecossistemas ( $F(20, 213)=7,751$ ,  $p=0,000$ ) (Primeiras letras representam o comparimento avaliado: F – folha; G – galho; e C – casca).

## Resultados e discussão

As frações de serapilheira avaliadas (Entre linhas iLPF; Entre plantas iLPF; no SAF (agroenergia e agroalimentar); na Floresta estacional) apresentaram volumes diferentes, sendo que o volume de serapilheira da Floresta estacional é maior do que apresentado no restante dos tratamentos (ILPF - Entre Linhas e Entre plantas e do SAF - agroenergia e agroalimentar), como podemos visualizar na gráfico 1. A fração de casca representa a menor partição de serapilheira produzida em todos os sistemas, sendo encontrado em maior porção no tratamento ILPF entre linha. As folhas representam a maior parte da serapilheira produzida, variando entre os tratamentos representados respectivamente por Floresta Estacional; seguido de ILPF entre linha; ILPF entre plantas; SAF Alimentar e SAF Agroenergia (**gráfico 1**).

Em relação a composição por folhas na serapilheira, elas permanecem semelhantes entre floresta e ILPF (entre linhas), e

entre os SAFs agroenergético e agroalimentar. Porém quando comparado entre eles, os resultados variam muito, sendo que nas áreas de Floresta e ILPF apresentam médias maiores que entre os SAFs. Dias & Oliveira Filho (1997) relataram que a variação na queda de serapilheira é esperada em virtude das diferenças nas condições ambientais, relacionado as estações climáticas mas este caso o microclima como insolação, velocidade do vento e umidade.

A maior deposição de serapilheira total calculada foi de 9.383,36 kg.ha<sup>-1</sup> para Floresta Estacional, representando assim o maior acúmulo (Tabela 1). De maneira geral, as quantidades observadas de serapilheira depositada foram análogas às encontradas em Floresta Estacional Semidecidual, no interior de São Paulo, por Santos (1989), 9.014 kg.ha<sup>-1</sup>; Pagano (1989), 8.643 kg.ha<sup>-1</sup>; Cesar (1993), 8.800 kg.ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 1.** Comparação média de folha, galho, casca e miscelânea em cada tratamento utilizando teste de Tukey. Letras diferentes indicam diferença estatística a 95% de significância.

Tratamentos (Kg/ha)	Folhas	Galhos	Casca	Miscelânea	Total
Entre Linhas ILPF	3228,80a	2640,00a	9,92ac	622,80a	7874,08ab
Entre Plantas ILPF	2628,16a	2132,16ab	103,36a	460,80a	6178,12a
Floresta	4056,48a	3027,20b	588,8bc	188,80ab	9383,36b
SAF Agroalimentar	450,24b	569,12c	38,85b	1524,48b	4978,28c
SAF Agroenergia	62,88b	300,80c	10,672b	1326,72b	2576,00c

## Conclusões

A serapilheira da Floresta Estacional apresentou a maior biomassa que os outros dois tratamentos (ILPF entre linhas, seguido de entre plantas e SAF agroalimentar e agroenergético),

com as folhas. Sendo a maior parte da serapilheira produzida pelo conjunto avaliado de florestas, seguindo-se os galhos e miscelânea.

## Agradecimentos

Ao Dr. Abílio Pacheco, proprietário da área onde este estudo foi realizado o estudo. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pelo financiamento.

## Referências

- ARATO, H.D.; MARTINS, M.V.; FERRARI, S.H.S, 2003. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. *Revista Árvore*, v.27, n.5, p.715-721.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R, 2011. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 10, p. 0-0.
- BARNES, B.V; ZAK, D. R.; DENTON, S. R., & SPURR, S. H, 1997. *Forest Ecology*. Oxford: John Wiley& Sons, pp. 774.
- BRACELPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. Eucalipto. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra2/?q=node/136>>. Acesso em: 25 jan. 2014.
- CIANCIARUSO, M. C; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P, 2006. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. *Acta Botânica Brasílica*, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 49-59.
- DIAS, H. C. T., OLIVEIRA-FILHO, A. T. de, 1997. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de floresta estacional semidecidual montana em Lavras – MG. *Revista Árvore*, Viçosa, M.G., v. 21, n. 1, p. 11-26.
- ENTZ, M. H. W.D. BELLOTTI, J.M. POWELL, S.V. ANGADI, W. CHEN, K.H. OMINSKI, AND B. BOELT., 2005. Evolution of integrated crop-livestock production systems. *Grassland: A global resource*. Wageningen Academic Publ., Wageningen, the Netherlands, p. 137-148.
- KOEHLER, W.C. Variação estacional de deposição de serapilheira e de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa – PR. 1989, 138 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.
- PAGANO, S. N., 1989. Produção de folheto em mata mesófila semidecídua, no município de Rio Claro. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, v. 49, n. 3, p. 633-639.
- PEREIRA, G. H. A., PEREIRA, M. G., DOS ANJOS, L. H. C., DE AZEVEDO AMORIM, T., & MENEZES, C. E. G., 2013. Decomposição de serapilheira, diversidade e funcionalidade de invertebrados do solo em um fragmento de Floresta Atlântica. *Bioscience Journal*, Uberlândia, vol. 29, n. 5, p. 1317-1327.
- PINHO, R. C; MILLER, R. P; ALFAIA, S. S, 2012. Agroforestry and the Improvement of Soil Fertility: A View from Amazonia. *Applied and Environmental Soil Science*, New York, vol. 2012, n.-, p. 1-11.
- SANTOS, V. D. dos. Ciclagem de nutrientes minerais em mata tropical subcaducifólia dos planaltos do Paraná (parque estadual Vila Rica do Espírito Santo – Fênix/PR). 387 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1989.
- TILMAN, D.; BALZER, C.; HILL, J.; BEFORT, B.L., 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 108, n. p 50.

# Estado del conocimiento de las investigaciones en sistemas agro-silvo-pastoriles: una mirada para Sudamérica

RM Soler; PL Peri; HA Bahamonde; V Gargaglione; S Ormaechea; L Sánchez-Jardón; MV Lencinas; G Martínez Pastur.

## Resumen

Con el objetivo de sintetizar el estado del conocimiento de los sistemas agroforestales en Sudamérica y comparar la investigación desarrollada en dichos países, se realizó una revisión bibliográfica en siete de ellos (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay y Perú), referida a los componentes que conforman los sistemas agro-silvo-pastoriles, las sub-categorías dentro de cada componente, el componente bajo estudio dentro de un sistema productivo, el objeto de estudio de las investigaciones, y la generación de recomendaciones. Para cada país se seleccionaron 25 artículos científicos, y se extrajo la información general y particular de interés. Se obtuvieron 166 artículos pertinentes, desde 1983 hasta el presente, de los cuales minoría (11%) fueron a largo plazo (>5 años), comparado con estudios a corto plazo (entre 2 y 5 años, 28%) o puntuales (<1 año, 61%). Las investigaciones se realizaron principalmente sobre el componente forestal (45%), seguido por el agrícola (32%), social (17%) y ganadero (7%). Esto ocurrió para cada país excepto Chile, que tuvo mayor enfoque en aspectos agrícolas (43%). El componente ganadero resultó el menos estudiado en los sistemas agroforestales de Sudamérica. Las investigaciones estuvieron orientadas a cuestiones de productividad (41%), pero también de conservación (30%) y en menor medida aspectos de restauración (17%) o sociales (13%). Finalmente, el 73% incluyó recomendaciones orientadas al manejo, la conservación y a la generación de políticas públicas. Este estudio demuestra la importancia que se ha dado al estudio del componente forestal en Sudamérica y la necesidad imperiosa de generar más conocimiento relativo al componente ganadero.

**Palabras clave:** Argentina, conocimiento científico, revisión bibliográfica, sistemas agroforestales.

## State of the art of research in agro-silvo-pastoral systems: a look for South America

### Abstract

In order to synthesize the state of knowledge of agroforestry systems in South America and to compare the research developed by country, we performed a literature review in seven countries (Argentina, Brazil, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay and Peru), referring to the components conforming agro-silvopastoral systems, the sub-categories within each component, the component under study, the subject matter of the researches, and recommendations. For each country, 25 scientific articles and information were extracted. 166 relevant articles were obtained from 1983 to the present, few of whom (11%) were long-term (>5 years), compared with short-term (2 to 5 years, 28%), or punctual studies (<1 año, 61%). The studies were conducted mainly on the forestry component (45%), followed by agriculture (32%), social (17%) and livestock (7%). This occurred for all countries except Chile, which increased focus on agricultural issues (43%). The livestock component was the less studied in agroforestry systems in South America. Researches were aimed at productivity issues (41%), but also conservation (30%), and to a lesser extent on restoration (17%) or social (13%). Finally, 73% included recommendations mostly oriented to improve management, conservation, and generation of public policy. This study demonstrates the importance given to forestry research in South America and the urgent need to generate more knowledge on the livestock component is emphasized.

**Key words:** agroforestry, Argentina, bibliographic review, scientific knowledge.

## Introducción

La búsqueda de sistemas agrícolas altamente productivos, pero sostenibles y responsables con el medio ambiente ha llevado a un renovado interés en las prácticas agroforestales en diferentes regiones del mundo (Jose et al. 2004). Así, en las últimas décadas se ha generado mucha información acerca de los diferentes componentes que conforman un sistema agroforestal, las interacciones entre los mismos, las debilidades y las fortalezas de diferentes prácticas productivas, entre otros temas (Cubagge et al. 2012). En Sudamérica, existe una gran variedad de sistemas productivos agroforestales que van desde cultivos bajo cubierta en las zonas de Brasil, Perú y Ecuador, pasando por desarrollo de pasturas en bosques nativos de Chile y Argentina, hasta extensas plantaciones de especies exóticas en Uruguay. Además, dada la diversidad de eco-regiones, de culturas y su relación

con el uso de la tierra y los diferentes escenarios económicos, es necesario entender cuáles han sido las prioridades de investigación hasta el momento y qué vacíos de conocimiento existen en nuestra región. Con el objetivo de sintetizar el estado del conocimiento de los sistemas agroforestales en Sudamérica y comparar la investigación desarrollada en cada país, se realizó una revisión bibliográfica de las últimas investigaciones en Sudamérica, referida a: i) los componentes que conforman los sistemas agro-silvo-pastoriles (forestal, animal, agrícola), ii) las sub-categorías dentro de cada componente (forestal: bosque nativo, plantación u otro); iii) el componente bajo estudio dentro de un sistema productivo; iv) el objeto de estudio de las investigaciones; y v) la generación de recomendaciones en base a los resultados obtenidos.

## Materiales y Métodos

Se trabajó con información de siete países: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay y Perú, seleccionando para cada uno hasta 25 artículos científicos dentro de la base de datos bibliográfica Scopus (<http://www.scopus.com>). Para ello, se realizó una búsqueda utilizando el siguiente query:

(TITLE-ABS-KEY ("agroforest\*") OR TITLE-ABS-KEY ("\*silvopast\*") OR TITLE-ABS-KEY ("\*silvopascicult\*")) AND (TITLE-ABS-KEY("Country\*"))

Esta consulta permitió buscar los términos clave en el título, resumen y palabras clave (español e inglés) de cada artículo científico. Una vez obtenido el listado, se priorizaron aquellos artículos más nuevos (de 2014 hacia atrás) y se verificó la pertinencia para el análisis. Así, por ejemplo, se descartaron los trabajos que sólo analizaban manejo forestal, o manejo ganadero en pastiza-

les. Además, se buscó abarcar una distribución equitativa entre regiones dentro de un mismo país, a fin de incluir mayor diversidad de sistemas productivos y situaciones socio-económicas. En caso de haber encontrado menos de 25 artículos pertinentes por país, se realizó una segunda búsqueda en ScholarGoogle (<https://scholar.google.com>) priorizando: 1-Revistas ISI, 2-Revistas no indexadas, 3-Tesis, 4-Trabajos completos en eventos científicos. Para cada artículo se extrajo información general de la publicación (año, revista, n° de autores, etc.), período de estudio, descripción del sistema productivo (bosque nativo o plantaciones, ganado vacuno u ovino, pastizales o cultivos, etc.), componente del sistema bajo estudio (árboles, animales, suelo), objetivo de estudio (productividad, conservación, etc.) y conclusiones (recomendaciones para el manejo, para conservación, etc.).

## Resultados y discusión

Se encontraron 166 artículos pertinentes para análisis, siendo Paraguay el único país para el que no se pudieron completar los 25 artículos. Las publicaciones fueron desde 1983

hasta el presente (Figura 1). El 70% de los artículos fueron de tipo analítico, mientras que el resto fueron descriptivos o teóricos, de los cuales muy pocos (11%) fueron estudios

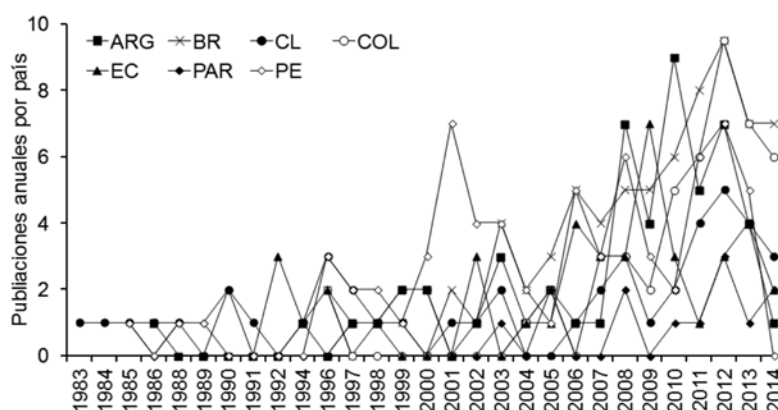
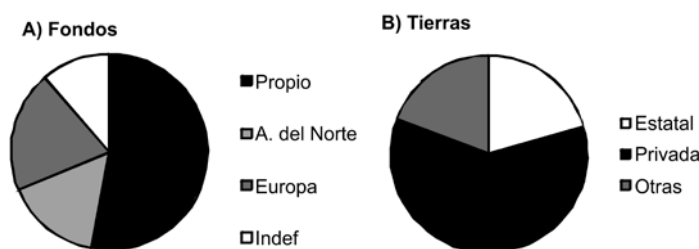


Figura 1. Número de publicaciones referidas a sistemas agro-silvo-pastoriles de Sudamérica por país y por año.



a largo plazo (>5 años), comparado con los estudios a corto plazo (entre 2 y 5 años, 28%) o puntuales (< 1 año, 61%). La mayoría de los estudios se desarrollaron en tierras privadas y recibieron financiamiento de los propios países, pero también de otros países fuera de Sudamérica, principalmente de América del Norte y Europa. El 11% de los artículos no indicó la fuente de financiamiento (Figura 2).

En cuanto a los componentes que conforman los sistemas agro-silvo-pastoriles en Sudamérica, 97% de los artículos incluyó una descripción del componente forestal, el 67% del componente animal y el 93% del componente agrícola. Dentro del componente forestal (Figura 3), los bosques nativos estuvieron representados en la misma proporción que las plantaciones (43%). Considerando los países, Ecuador, Chile y Paraguay incluyeron a los bosques nativos en más del 50% de los artículos, mientras que Argentina fue el país con mayor proporción de estudios en bosques implantados (Figura 3). Dentro del componente ganadero, los vacunos representaron el mayor porcentaje de los estudios (54%), el resto correspondió a otros animales como cabras, ovejas, etc. Considerando los países, Brasil, Perú, Paraguay y Colombia incluyeron al ganado vacuno en más del 60% de los

artículos, mientras que Ecuador, Chile y Argentina son los países con mayor proporción de estudios con ovejas y otro tipo de ganado como por ejemplo cabras (Figura 3).

Dentro del componente agrícola, la mayoría de los trabajos incluyó pasturas (32% naturales y 21% implantadas), mientras que los cultivos (ej., cacao, café) también tuvieron un alto porcentaje (30%). Considerando los países, aquellos de climas más templados (Chile y Argentina) incluyen pasturas naturales en más del 50% de los estudios, mientras que los países de clima más subtropical (Perú, Paraguay, Ecuador, Brasil y Colombia) incluyeron mayoritariamente los cultivos (Figura 3).

Al analizar cuál es el componente bajo estudio dentro del sistema productivo, se observó que el forestal fue analizado en mayor proporción (45%) que los otros componentes (agrícola 32%, social 17%, y ganadero 7%) (Figura 4). Al analizarlos individualmente, todos los países enfocaron la mayor parte de sus investigaciones en el componente forestal (40-56%), excepto Chile que tuvo mayor enfoque en el aspecto agrícola (43%) pero muy similar al forestal (40%). En general, el componente ganadero fue el que recibió menor atención de investigación en los sistemas agro-silvo-pas-

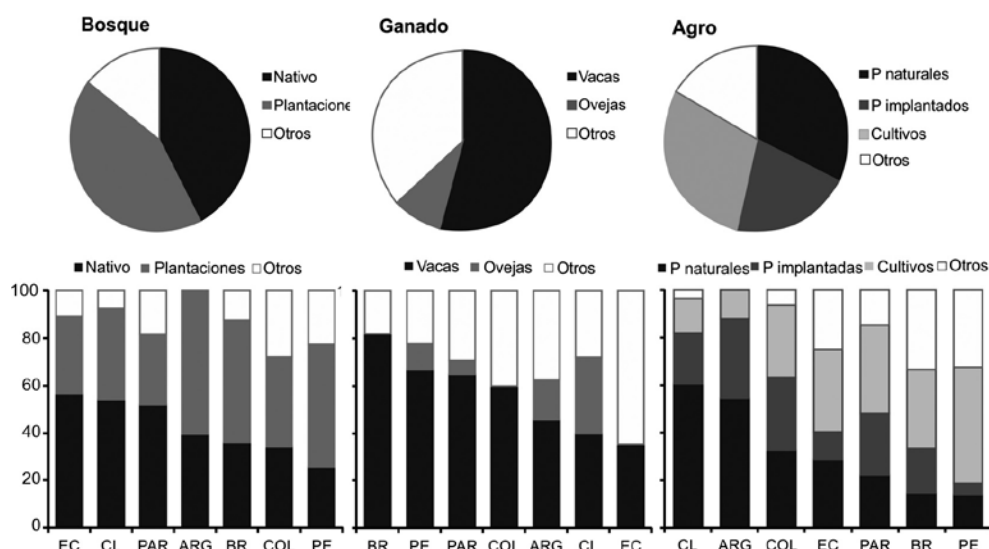


Figura 3. Proporción de estudios que incluyen a los componentes forestal, ganadero y agrícola, en total (tortas) y en los diferentes países analizados (barras). EC: Ecuador; CL: Chile; PAR: Paraguay; ARG: Argentina; BR: Brasil; COL: Colombia; PE: Perú.



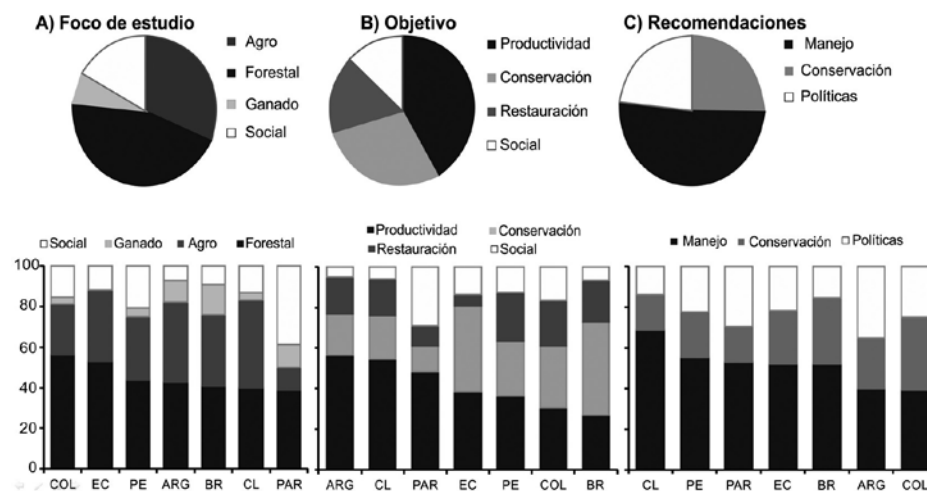


Figura 4. Proporción de artículos A) cuyo objeto de estudio fue el componente agrícola, forestal, ganadero o social, en total y en los diferentes países analizados; B) cuyo objetivo se enfocó en la productividad, conservación, restauración y/o sociedad; C) con recomendaciones (manejo, conservación o políticas).

toriles de Sudamérica (Figura 4).

Las investigaciones estuvieron orientadas a cuestiones de productividad (41%), pero también de conservación (30%) y en menor medida aspectos de restauración (17%) o sociales (13%). Más de la mitad de las investigaciones en Argentina y Chile se destinaron a estudiar la productividad de los sistemas, mientras que en Brasil y Ecuador los estudios abordaron mayormente aspectos de conservación (>40%).

Finalmente, es interesante observar que el 73% de los estudios en Sudamérica incluyó recomendaciones de algún tipo, basadas en los resultados obtenidos. Dichas recomendacio-

nes estuvieron orientadas mayoritariamente al manejo (52%), como por ejemplo: mantener fajas de árboles entre cultivos para evitar erosión hídrica en regiones lluviosas. En segundo lugar, las recomendaciones para la conservación (25%) mencionaron por ejemplo, al mantenimiento de la diversidad de insectos, aves y plantas en sistemas productivos, pero también a la genética de especies arbóreas o el stock de carbono en el suelo. Por último, algunos trabajos principalmente de Argentina y Paraguay, formularon recomendaciones dirigidas a las políticas públicas (23%), por ejemplo, estrategias de diversificación de fuentes de ingresos (Figura 4).

## Conclusiones

Las investigaciones en sistemas agro-silvo-pastoriles en Sudamérica priorizan el componente forestal, mayormente los bosques nativos, mientras que existe un gran vacío de conocimiento relativo al componente ganadero. Los sistemas productivos

en países de clima templado tienden mayormente a la producción de pasturas, mientras que en los países de clima más subtropical predominan los cultivos bajo cubierta. La participación de diferentes actores sociales, están casi ausentes.

## Bibliografía

- Cubbage, F., Balmelli, G., Bussoni, A., Noellemeyer, E., Pachas, A. N., Fassola, H., Colcombet, L., Rossner, B., Frey, G., Dube, F., Lopes de Silva, M., Stevenson, H., Hamilton, J., Hubbard, W., 2012. Comparing silvopastoral systems and prospects in eight regions of the world. *Agroforestry Systems* 86:303-314.
- Jose, S., Gillespie, A. R., Pallardy, S. G., 2004. Interspecific interactions in temperate agroforestry. *Agroforestry Systems* 61: 237-255.

# Rasgos de especies forrajeras basados en diversidad funcional asociados a la producción de biomasa que contribuyen a la decisión de ganaderos en zonas secas

Pérez, N; Rojas, C; Criollo, D; Moreno, J; Guzman, L.

## Resumen

Se seleccionaron 9 especies con potencial forrajero en zona seca, para evidenciar la diversidad tropical, diferencias funcionales que muestren la variabilidad entre estas tales como capacidad de rebrotes, producción de biomasa, resistencia y adaptación a sequía. Estas características permitirán integrarlas a diseños de SSP como estrategias de alimentación bovina. Se definieron tres hileras de individuos por especie (1m entre plantas y 1,20 m entre surcos). A inicios del muestreo, los individuos muestreados tenían 12 meses de edad. Durante la evaluación no se aplicó riego ni fertilizantes. Se realizó poda de homogenización por alturas (30, 60 y 80 cm), cada hilera fue dividida en tres grupos asignándose aleatoriamente, periodos de corte de 30, 45 y 60 días. Al finalizar cada corte se realizó poda total a todos los individuos correspondientes a la altura del corte efectuado. Se realizaron seis cortes por periodo, 18 mediciones por especie. Se registró peso total por altura, por especie e individuo. También estimaron valores para diámetro basal de rebrotes, número de ramas, rebrotes y sobrevivencia de individuos. Debido a la capacidad de adaptación a zonas secas, resiliencia en ambientes hostiles y críticos, permanencia en suelos degradados y pobres nutricionalmente, además por el comportamiento observado en la producción de biomasa, proporción hojas/tallos, por la capacidad de rebrotes y sobrevivencia después de seis cortes, se concluyó que las especies con mayor plasticidad fenotípica para zonas secas son: *Albizia saman*, *Cordia dentata*, *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, y *Enterolobium cyclocarpum*. Especies como *T. diversifolia* con excelente producción de biomasa, pero con sobrevivencia muy baja en ambientes secos, limita la oferta de biomasa para sistemas ganaderos a largo plazo. Las alturas a 80 cm y periodos de corte de 45 y/o 60 días, se convierten en alternativa viable para zonas secas al ajustar los ciclos vegetativos con los pastos y obtener mejor relación energético-proteico de SSP para corte o consumo directo.

**Palabras claves:** Alimento, forraje, característica, silvopastoril, arbórea.

## Woody forage species traits based on functional diversity associated with biomass production as a decision tool for livestock farmers in dry areas

## Abstract

They were selected 9 species with forage potential in dry area, to evidence the tropical diversity, functional differences that show variability among these species such as capacity, biomass production drought resistance and adaptation. These features allow SSP designs integrate them as cattle feed strategies. Three rows of individuals per species were defined (1m between plants and 1.20 m between rows). At the beginning of sampling, the sampled individuals were 12 months of age. During the evaluation was not applied irrigation or fertilizer. Homogenization pruning by heights (30, 60 and 80 cm) was performed each row was divided into three groups randomly assigned cutting periods of 30, 45 and 60 days. After each cut all pruning was done to all individuals corresponding to the height of the cut made. Six cuts per period were performed, 18 measurements by specie. Total weight was recorded by height, specie and individual. They also estimated values for basal diameter of sprouts, number of branches, and survival of individuals. Due to the ability to adapt to dry areas, resilience in hostile and critical environmental, stay in nutritionally poor degraded soil and also by the behavior observed in the production of biomass, stem/leaf ratio, for the capacity of sprouts and survival after six cuts, it was concluded that species with higher phenotypic plasticity for dry areas are: *A. Saman*, *C. Dentata*, *L. Leucocephala*, *G. Sepium* and *E. Cyclocarpum*. Species such as *T. Diversifolia* with excellent biomass production, but with very low survival in dry environment, limits the supply of biomass for livestock systems in a long term. The heights of 80 cm and cutting periods of 45 and / or 60 days, become viable alternative to dry by adjusting the growing cycles with grasses and obtain better energy-protein ratio SSP for cutting or direct consumption.

**Keywords:** Food, forage, Feature, silvopastoral, tree

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA. C.I NATAIMA, CORPOICA, Km 10 vía espinal – Ibagué. Zootecnista, Esp. Estadística, investigador máster nperez@corpoica.org.co nperez3@yahoo.com

## Introducción

Los forrajes provenientes de especies arbóreas y arbustivas son una alternativa de solución, a la baja disponibilidad tanto en calidad, como en cantidad de pasturas en las regiones secas, Ortega y Vargas, 2012, ya que gracias a las altas temperaturas, extensas sequías y sobre todo al poco acceso al recurso hídrico, las pasturas se ven reducidas y afectadas a nivel productivo y calidad nutritiva, reflejándose de manera significativa en la alimentación animal, Carranza et al., 2003; sobre todo cuando la producción está basada en pastoreo con uso de gramíneas nativas como fuente de alimento Lombo, 2012.

Las leñosas forrajeras empiezan a cobrar gran importancia gracias a que garantizan dietas con un alto valor nutricional, Román et al., 2004; Pérez et al., 2013, con mejores rendimientos de biomasa, Benavides, 2006, y a su vez contribuyen a reducir el impacto ambiental generado por la ganadería, Mahecha, 2002, sin embargo el uso de estas como fuente alternativa de alimentación está limitado y poco explotado según Sosa et al., 2004.

En la actualidad existen estudios donde se menciona la impor-

tancia de las especies forrajeras arbustivas en la alimentación animal, sin embargo esta se ha basado en un número reducido de especies leguminosas, en las que se destacan *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* y *Guazuma ulmifolia* (Lopez et al., 2003; Pérez et al., 2013a; Román et al., 2004; García et al., 2008; Benavides, 2006; Sosa et al., 2004), no obstante la búsqueda de nuevas especies es fundamental para el desarrollo de Sistemas silvopastoriles en el trópico seco.

La estimación de la producción de biomasa, así como el manejo agronómico de las especies son uno de los principales factores a tener en cuenta en la búsqueda de nuevas especies que sean una alternativa para el desarrollo de sistemas silvopastoriles, Benavides, 2006. Es por esta razón que evaluar la producción de biomasa de especies a diferentes alturas desde el suelo, así como a diferentes tiempos de poda, se convierte en una necesidad a la hora de tomar decisiones en el uso de especies como una alternativa de alimentación en las zonas secas del valle cálido del río Magdalena.

## Área de estudio

El presente estudio fue realizado en el centro de investigación Nataima, Corpoica, localizado en el municipio del Espinal, Tolima con Coordenadas, Latitud: 04°11.501' y Longitud: 074°57.653'; asnm de 380 m, Temperatura promedio de 28 °C, precipitación anual de 1350 mm, exposición de brillo solar de 6,5 h y una Humedad relativa Promedio de

65%. Se encuentra en la zona de Vida Bosque Seco Tropical (Bs-T) con dos periodos marcados de sequía al año. Presenta una variada diversidad estructural y fisiológica en formas de vida, debido al estrés generado en los periodos de sequía, que pueden durar entre 4 y 6 meses en el año, Holdridge, 2000.

## Materiales y Métodos

Para la estimación de la producción, se establecieron semillas de 9 especies leñosas colectadas en el área de influencia del desierto de la Tatacoa (*Albizia saman*, *Clitoria fairchildiana*, *Cordia dentata*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Pithecellobium dulce*, *Prosopis juliflora* y *Tithonia diversifolia*), para lo cual, con cada especie se definieron tres hileras con 180 individuos (un metro entre plantas y 1,20 m entre surcos). Cada hilera tiene 60 individuos y ésta fue dividida en tres grupos de 20 individuos, a los cuales se le realizó una poda de homogenización a tres alturas (30, 60 y 80 cm), y se asignó aleatoriamente un periodo de corte de 30, 45 y 60 días, obteniendo así un diseño de bloque completamente aleatorizados (DBCA), quedando como factores las alturas y periodos de corte. A la fecha de inicio de muestreos, las especies tenían una edad de 12 meses y durante la evaluación efectuada en el 2014, no se suministró agua para riego, enmiendas ni fertilizantes, simulando de esta forma un ambiente natural en zonas secas.

Al finalizar cada corte de muestreo, se realizó una poda total a todos los individuos correspondientes a su altura y periodo de

corte. Se realizaron seis cortes por periodo, para un total de 18 mediciones de biomasa por especie, en las cuales se registró el peso total del material fresco en cada altura, teniendo en cuenta el número de individuos con el fin de estimar la producción media de cada altura por individuo. Además de lo anterior, se estimaron valores medios de diámetro basal de los rebrotes a 5 mm, número de ramas y rebrotes durante la poda, se seleccionaron al azar 5 individuos de cada altura, a los cuales se promediaron dichas medidas.

En el caso del diámetro basal cuando los individuos presentaron más de 1 tallo expuesto, se hizo medición del diámetro de cada uno de los tallos y se calculó el diámetro medio cuadrático. Para cada altura se tomó una muestra de forraje fresco de 500 gr de rebrotes (hojas y tallos delgados menores a 1 cm), que fue procesada en el laboratorio, haciendo separación de hojas y tallos, los cuales fueron pesados para estimar la relación hoja-tallo; luego de esto las muestras fueron secadas en horno a 60 °C durante 72 horas, para hacer la estimación del porcentaje de materia seca presente. Este procedimiento se realizó para cada una de las 9 especies leñosas forrajeras.

## Resultados y discusión

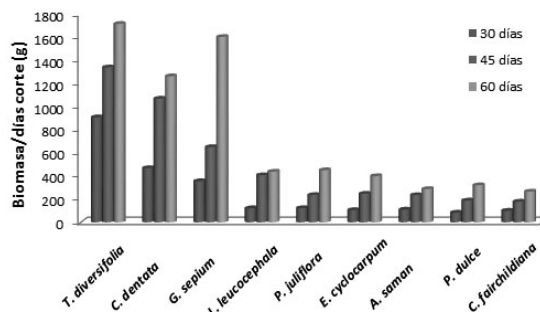
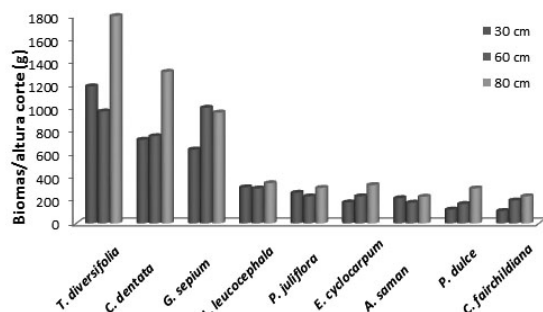


Figura 1. Producción de biomasa por altura de corte. Figura 2. Producción de biomasa por día corte.

### Producción de biomasa.

Se evidencian diferencias significativas con p-valor de  $<0,0001$ , para la producción de forraje por planta con altura de 80 cm para *T. diversifolia*  $1798,53 \pm 218,1$  g, seguido de *C. dentata* con  $1314,63 \pm 218,1$  g. La especie con menor producción de forraje fue *C. fairchildiana* con  $108,17 \pm 218,1$  g. En el mismo sentido, la estimación de producción de biomasa con cortes de 60 días mostró las especies *T. diversifolia* con  $1713,7 \pm 218,1$  g y 45 días de corte con  $1337,78 \pm 218,1$  g, seguido de *G. sepium* a los 60 días de corte con  $1600,66 \pm 218,1$  g y *C. dentata* con  $1261,2 \pm 218,1$  g. Se evidencian valores significativos con p-valor de  $<0,0001$ , donde se muestra que con altura de 80 cm y cortes a los 45 y 60 días se obtiene mayor biomasa, tal como se observa en las figuras 1 y 2. Sin embargo, Lombo, 2012, usando una metodología diferente con árboles adultos podados a 2 m de altura, en los cuales realizó un muestreo 4 meses después, encontró que las especies *Cordia dentata* y *Pithecellobium dulce* presentaron los mayores rendimientos de biomasa por árbol  $5,95 \pm 1,43$  Kg MS y  $3,20 \pm 1,12$  Kg MS respectivamente.

En el mismo sentido, la figura 3 muestra la proporción de hojas en materia seca frente a tallos delgados, donde *A. saman*, *G. sepium*, *C. dentata*, *L. leucocephala* y *E. cyclocarpum* presentan una proporción mayor al 60% de su aporte de biomasa ( $71,95 \pm 1,74$ ;  $70,42 \pm 1,74$ ;  $69,56 \pm 1,74$ ;  $65,46 \pm 1,74$  y  $61,46 \pm 1,74$ ) respectivamente. Sin embargo, Lombo, 2012 encontró que las especies con mayor aporte de fracciones en biomasa comestibles fueron: *Pithecellobium dulce* 69,5%, *Albizia niopoides* 58,9%, *Guazuma ulmifolia* 54,5% y *Cordia dentata* 52,4%, mientras que *Gliricidia sepium* mostró el 46,8%.

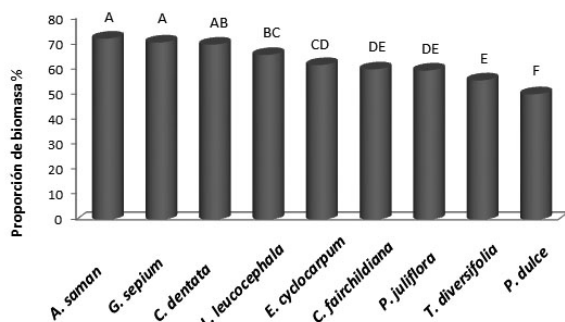


Figura 3. Biomasa de hojas, como la mayor fracción de forraje comestible de cada especie.

En la figura 4 se observa que *P. dulce*, *A. saman*, *P. juliflora*, *L. leucocephala* y *E. cyclocarpum* presentan porcentajes de materia seca superiores al 30% ( $41,25 \pm 0,95$ ;  $35,4 \pm 0,95$ ;  $35,05 \pm 0,95$ ;  $31,89 \pm 0,95$  y  $30,7 \pm 0,95$ ) respectivamente, lo que estaría relacionado con mayores contenidos de fibra, cantidad de biomasa por kg de forraje (menor volumen al momento de balancear dietas).

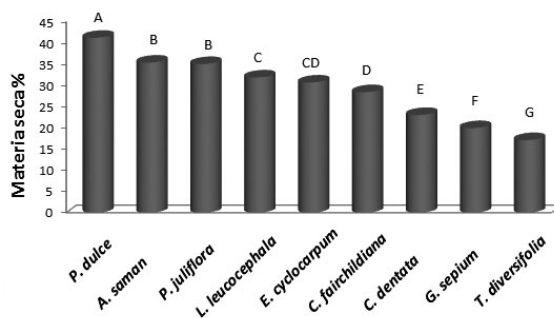


Figura 4. Materia seca por especie.

### Otras variables indicadoras de producción de biomasa.

El crecimiento de ramas, tallos delgados y rebrotes son indicadores de la capacidad que puede mostrar una especie para recuperarse después de ser sometida a eventos adversos como los cortes de su biomasa aérea. Lo anterior, sumado a la facilidad para la recuperación de su follaje y producción de biomasa en periodos cortos, nos indica la capacidad de respuesta que puede tener una especie para resistir en los sistemas ganaderos especialmente en ambientes secos.

En la figura 5 se muestra que las especies *G. sepium*, *C. dentata*, *L. leucocephala* y *A. saman* presentaron diámetros medios que oscilan entre 4,5 y 6,67 mm en sus tallos delgados durante todos los cortes, lo que indica que dichas especies tienen mayor posibilidad de recuperarse rápidamente y mantener su producción de biomasa durante periodos largos de sequía. Dichas especies se recuperan más rápido y mantienen mayor producción de biomasa a los 60 y 80 cm de altura de corte y con cortes de 45 y 60 días.

De otro lado, La especie *T. diversifolia* muestra los mayores promedios de rebrotes ( $243 \pm 11,4$ ) a los 80 cm de altura, seguido de *P. dulce* con  $103,17 \pm 11,4$  rebrotes a la misma altura.

La especie con menor producción de rebrotes fue *C. fairchildiana*  $11,58 \pm 11,4$ . (ver figuras 6 y 7).

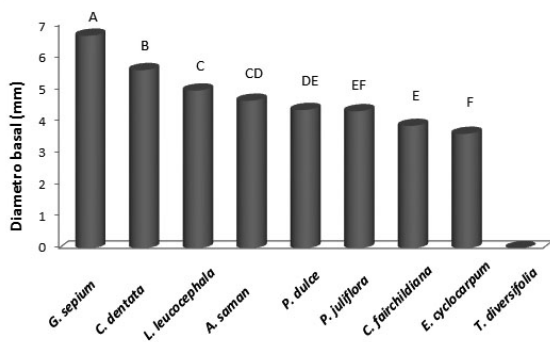


Figura 5. Diámetro promedio de tallos delgados por especie

Los días de corte juegan papel importante en el crecimiento de rebrotes, ya que están relacionados con contenidos de fibra, materia seca y densidad de madera, lo cual favoreció a *T. diversifolia* con cortes a los 30 días debido a que presenta menores contenidos tanto de fibra como de materia seca y su densidad de madera es muy baja. Sin embargo, Lombo, 2012 encontró que las especies con el mayor potencial para evaluar la capacidad de rebrote por su tamaño de hoja, conocimiento local, pruebas de preferencia y abundancia en potreros fueron *Albizia niopoides*, *Albizia saman*, *Cordia dentata*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Pithecellobium dulce*. Sin embargo, Demarquilly, 1988

considera que los árboles y arbustos forrajeros tienen un gran potencial para proporcionar follajes como suplementos alimenticios de proteína y energía durante la sequía. (Ver figura 6 y 7) La sobrevivencia de los individuos en cada especie es un factor determinante para la obtención de forraje en las épocas críticas en la producción bovina, es por esto que se comparó dicha sobrevivencia de cada especie durante seis cortes, evidenciando que las especies *Prosopis juliflora* y *A. saman* seguidas de *L. leucocephala* que mostraron mayor sobrevivencia y resistencia a los cortes de biomasa con porcentajes de  $98,24 \pm 6,58$ ;  $98,2 \pm 6,58$ ;  $93,95 \pm 6,58$  y  $78,25 \pm 6,58$  respectivamente (Figura 9). En la figura 10 se observa que las especies *A. saman* y *P. juliflora*, seguidas de *L. leucocephala* se mantiene como especies que resisten los cortes a los 30, 45 y 60 días y que además, mantienen su producción de biomasa. Sin embargo, Lombo, 2012, encontró que las especies con mayor mortalidad de rebrotes/árbol fueron *Cordia dentata*  $50.67 \pm 12.08$  y *Pithecellobium dulce*  $46 \pm 10.64$ , mientras que las especies *Guazuma ulmifolia*  $14 \pm 6.23$ ; *Albizia saman*  $11.17 \pm 3.31$ ; *Gliricidia sepium*  $9 \pm 1.57$  y *Albizia niopoides*  $3.17 \pm 0.83$

#### Análisis nutricional para 9 especies leñosas forrajeras

Los resultados muestran que todas las especies presentan disponibilidad de proteína superior a los requerimientos nutricionales de los bovinos en sus diferentes estados productivos, evidenciando también que dichas especies leñosas poseen alta digestibilidad al igual que con los contenidos de materia seca (tabla 1). En cuanto a los taninos, todas las especies presen-

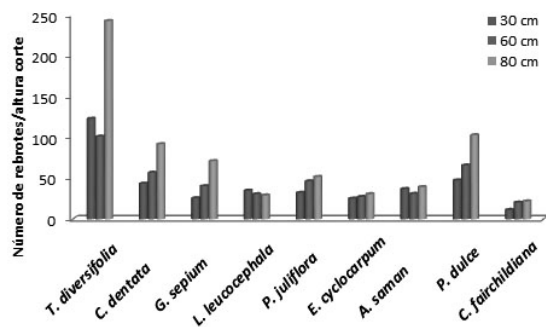


Figura 6. Número de rebrotes por altura de corte

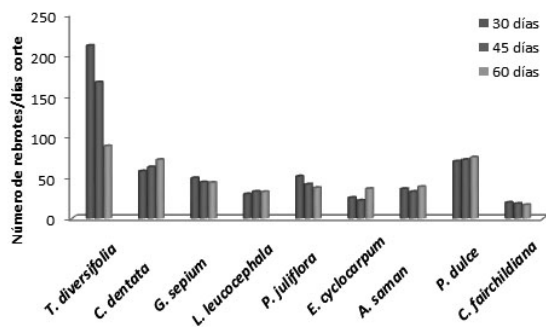


Figura 7. Número de rebrotes por día de corte

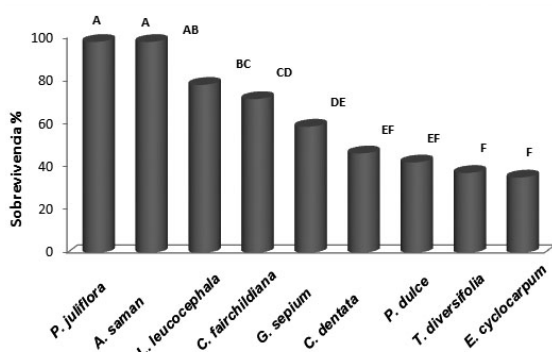


Figura 9. Sobrevivencia de especies al 6° muestreo.

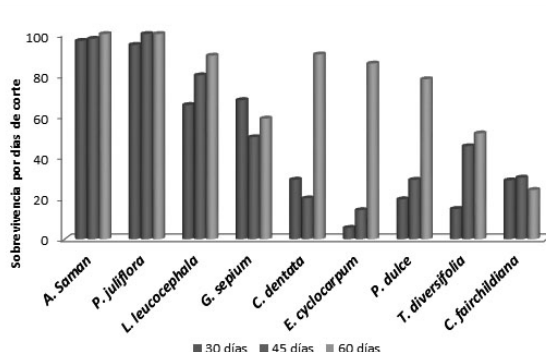


Figura 10. Sobrevivencia de especies por periodo de corte al 6° muestreo

## Area 1: Producción agropecuaria y forestal en los sistemas silvopastoriles y agroforestales

Tabla 1. Variables químicas para 9 especies leñosas forrajeras usadas en sistemas ganaderos en zonas secas, que presentan los mejores valores nutricionales con corte a los 45 días.

Especie	Días	MS	PC	Ce	FDN	FDA	DIVMS	TC
<i>Albizia saman</i>	45	36,41	19,15		30,56	31,15	59,57	+++c
<i>Clitoria fairchildiana</i>	45	25,19	20,33	8,4	44,07	29,92	65,18	+++c
<i>Cordia dentata</i>	45	29,43	21	16,66	40,72	23,02	66,94	+c
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	45	34,4	20,94	7,77	25,42	15,92	77,45	+++c
<i>Gliricidia sepium</i>	45	23,57	20,21	10,27	28,39	25,67	54,01	+++c
<i>Leucaena leucocephala</i>	45	36,97	26,08	7,38	37,75	23,19	61,34	+c
<i>Pithecellobium dulce</i>	45	34,72	21,67	8,01	37,72	25,38	66,15	+++c
<i>Prosopis juliflora</i>	45	36,63	19,51	9,63	33,75	18,9	68,29	++c
<i>Tithonia diversifolia</i>	45	14,25	17,12	17,18	27,51	19,77	49,17	+++c

Materia seca (MS), Proteína cruda (PC), Fibra Detergente Neutra (FDN), Cenizas (Ce), Fibra Detergente Ácida (FDA), Digestibilidad in vitro de la Materia Seca (DIVMS), Taninos Condensados (TC)

taron taninos condensados, sin embargo, las especies *C. fairchildiana*, *E. cyclocarpum*, *P. dulce*, *A. saman*, *T. diversifolia* y *G. sepium* presentan una abundante cantidad de taninos.

Consecuentemente, Hoste et al., 2006, afirma que las diferencias entre los efectos beneficiosos y perjudiciales y los efectos entre los diversos nichos ecológicos de los forrajes dependen de: (1) del tipo de vegetación (Villalba et al., 2004), (2) de los antecedentes nutricionales y experiencia de los animales para utilizar un forraje específico (Villalba

et al., 2004; Provenza et al., 2007) y (3) de la existencia de mecanismos de adaptación en los bovinos (Da Costa et al., 2008; Alonso-Díaz et al., 2010). Estos últimos están relacionados con la presencia de proteínas unidas a taninos en la saliva de los rumiantes, para contrarrestar sus efectos, y las propiedades potenciales de plantas nativas ricas en taninos con funciones antihelmínticas contra los nematodos gastrointestinales (Alonso et al., 2010).

## Conclusiones

La capacidad de rebrote de la especie se considerada como un atributo de plasticidad fenotípica y/o mejor capacidad de adaptación a perturbación en ambientes secos y entornos de baja disponibilidad de nutrientes. Por lo anterior, y además por el comportamiento observado en la producción de biomasa, proporción de hojas y tallos, por la capacidad de rebrotes y sobrevivencia después de seis cortes, se determinó que las especies con mayor plasticidad fenotípica para zonas secas son: *A. saman*, *C. dentata*, *L. leucocephala*, *G. sepium*, *E. cyclocarpum*. Existe un caso bien particular con la especie *T. diversifolia* dado que a pesar que es excelente en la producción de biomasa, su sobrevivencia en ambientes secos es muy baja, lo que limita la oferta de biomasa a largo plazo en los sistemas ganaderos.

## Recomendaciones

Se requiere generar mayor información sobre rasgos funcionales y variables agronómicas de las especies forrajeras leñosas en potreros y en bancos forrajeros que permita evaluar su función dentro de los sistemas productivos. Este vacío dificul-

Las alturas de corte y periodos de corte que mostraron los mejores comportamientos fueron 80 cm de altura y 45 y 60 días de corte. Lo anterior evidencia que los periodos de corte se pueden ajustar a los periodos vegetativos de los pastos para obtener la mejor relación nutricional energético-proteico si se quiere establecer arreglos silvopastoriles.

Todas las especies evaluadas muestran comportamientos nutricionales excelentes que se pueden incluir en el diseño de sistemas silvopastoriles en zonas secas y que además de lo anterior, *T. diversifolia*, *C. dentata* y *G. sepium* estarían en condiciones de producir más de 17 toneladas de forraje seco por ha, si se tienen densidades  $\geq 20.000$  individuos por hectárea, reflejando una solución viable para la estacionalidad de los forrajes en zonas secas

ta entender la importancia económica, productiva y ecológica del componente arbóreo para poder brindar alternativas forrajeras viables, estrategias de manejo y diseño espacial de los sistemas silvopastoriles.

## Bibliografía

- Alonso, M. A.; Torres-Acosta, FJ; Sandoval, C. A.; Hoste, H. 2010. Tannins in tropical tree fodders fed to small ruminants: A friendly foe? *Small Ruminant Research* 89(2-3):164-173. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TC5-4Y6K06P-3/2/fd5a86bc3d203be690909188b5dfbf9>
- Benavides, J. E. (2006). Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. *Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*, 367-394.
- Carranza, M. A., Sanchez, L. R., Pineda, M. d., & Cuevas, R. (2003). Forage Quality and Potential of species from the sierra de Manantlan (Mexico) Tropical Dry forest. *Agrociencia*, 37(2), 203-210.
- Da Costa, G; Lamy, E; Capela, F; Andersen, J; Sales, E; Coelho, AV. 2008. Salivary amylase induction by tannin-enriched diets as a possible countermeasure against tannins. *Journal of chemical ecology* 34(3):376-387. Disponible en <http://www.springerlink.com/content/672u052502008771/>
- Demarquilly, C. 1988. Variation factors in the nutritive value of silage maize - Ensilages and late evolution of the preservatives *Selezione Veterinaria* 29(10):1621-1626.
- García, D. E., Medina, M. G., Cova, L. J., Soca, M., Pizzani, P., Baldizan, A., & Dominguez, C. E. (2008). Aceptabilidad de follajes arbóreos tropicales por Vacunos, ovinos y caprinos en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Trop*, 191-196.
- Holdridge, L. 2000. Ecología, basada en zonas de vida. San José, C.R, IICA,, (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). v. vol. 92-9039-131 6
- Hoste, H; Jackson, F; Athanasiadou, S; Thamsborg, SM; Hoskin, SO. 2006. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends in Parasitology* 22(6):253-261. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6W7G-4JT3S5H-2/2/ed59f114a8d86949a4b0ff7dc053d306>
- Lombo, D. F. (2012). Evaluación de la disponibilidad de biomasa y capacidad de rebrote de leñosas forrajeras en potreros del trópico seco de Nicaragua. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Lopez, M. D., Soto, P. L., & Jimenez, F. G. (2003). Relaciones alométricas para predicción de biomasa forrajera y leñas de acacia pennatula y *Guazuma ulmifolia* en dos comunidades del norte de Chiapas, México. *INCI*, 28(6), 334-339.
- Mahecha, L. (2002). El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Col Ciencias Pecuarias* Vol. 15:2, 226-231.
- Ortega y Vargas, E. (2012). Potencial Productivo de *Guazuma ulmifolia* Lam. En bancos de Forraje y Asociado a gramíneas Tropicales. Veracruz: Instituto de enseñanza e investigación en ciencias Agrícolas.
- Perez, N., Ibrahim, M., Villanueva, C., Skarpe, C., & Guerin, H. (2013). Diversidad forrajera tropical 1. Selección y uso de leñosas forrajeras en sistemas de alimentación ganadera para zonas secas de Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 37-43.
- Provenza, FD; Villalba, JJ; Haskell, J; Macadam, JW; Griggs, TC; Wiedmeier, RD. 2007. The value to herbivores of plant physical and chemical diversity in time and space. *Crop science* 47(1):382-398.
- Román, M., Antonio Mora, & Agustín Gallegos. (2004). Especies arbóreas de la costa de Jalisco, México, utilizadas como forraje en sistemas silvopastoriles. *Scientia CUCBA*, 3-11.
- Sosa, E. E., Perez, D., Reyes, L., & Zapata, G. (2004). Evaluación del Potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *técnica pecuaria México*, 129-144.
- Villalba, JJ; Frederick, D; Provenza, FD; Han, GD. 2004. Experience influences diet mixing by herbivores: implications for plant biochemical diversity. *Dept of Forest, Range and Wildlife Sciences* 107:100-109.

# Diseño de un sistema silvopastoril implantado empleando el software de predicción de niveles de radiación “Shade Motion”

M. Zarate \*

## Resumen

El presente trabajo expone cómo se diseñó en un sistema silvopastoril el marco de plantación de *Prosopis alba* en función de su sombreado empleando el software Shade Motion 3.0. Este permite determinar porcentajes y cantidad de horas de sombra y la dirección de las mismas en cada punto del terreno. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es exponer los pasos que se realizaron para poder diseñar la plantación del SSP, mencionar pautas generales para el empleo de Shade Motion y poder en función de esto estimar la superficie sombreada y la intensidad de las sombras. Se describen los pasos realizados para el diseño, partiendo de restricciones preestablecidas como la intención de que la plantación se realice en trincheras, que la densidad dentro de las trincheras sea superior a 500 plantas/ha., para un lote de 3 hectáreas. Se estimó que para árboles de 6 años de edad, el 80% de la superficie estaría disponible para el pastoreo y que el 56% de todo el lote recibe al menos 5 horas de sombra por día. Si bien los resultados desarrollados hasta el momento son preliminares y requieren ser validados aún, se concluye que el empleo de Shade Motion para la configuración de las plantaciones y la estimación de la cantidad de horas de sombras es de fácil empleo, siendo una herramienta práctica para el diseño de sistemas silvopastoriles implantados.

**Palabras clave:** simulación de sombras, diseño de plantación en trincheras, *Prosopis alba*.

## Design of a silvopastoral system implemented using Motion Shade

### Abstract

The present study describes the designing process of a silvopastoral system based on *Prosopis alba*, using the shading prediction software Shade Motion 3.0. This software allows to determine percentages and number of hours of shade with spatial resolution. The aim of this paper is to present the steps that were performed to design the plantation in a SSP mentioning the guidelines for the use of Shade Motion, and therefore to estimate the shaded area and the intensity of the shadows. Simulation steps are described, which were constrained by preset restrictions as the intention of the planting is done in trenches, the density within the trenches is greater than 500 plants / ha., and the total area is 3 hectares. It was estimated that 80% of the area would be available for grazing and that at least 56% of the entire batch receives at least 5 hours of shade per day. In spite of the results are preliminary and that is still necessary conducting an independent validation, it is concluded that the use of Shade Motion for configuring plantations and estimating the number of hours of shadow is easy and friendly, being a practical tool for the design of implanted agroforestry systems.

**Key words:** shadow simulation, trench plantation design, *Prosopis alba*.

\* EEA INTA Santiago del Estero, Campo Experimental La María, La Abrita (G4206XBK), mhzarate@gmail.com



## Introducción

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son sistemas complejos, para los que su diseño e implementación requiere conocer las distintas interacciones que existen entre los elementos a manejar (árboles y forrajes, el ganado y el suelo). Las interacciones de estos elementos generan restricciones respecto al diseño de estos sistemas: la ubicación, densidad y especie de los árboles, la pastura empleada, la carga animal, los posibles productos a obtener, la categoría animal empleada, entre otras (Carranza, Ledezma, 2009). En el caso de los SSP implantados tienen la ventaja de poder ubicar los árboles estratégicamente para obtener al máximo sus beneficios, por lo que tanto el marco de plantación como la orientación de las filas permitirían sombrear el terreno de la manera más conveniente para lograr los objetivos planteados.

Existen herramientas como el programa de simulación de sombras Shade Motion (Quesada, 2010) que sirve para calcular la posición y forma de las sombras que proyectan sobre el suelo las copas de árboles plantados en un terreno. Estos datos facilitan la toma de decisiones y la estimación de ciertos parámetros para un diseño más eficiente respecto al sombreado producido por los árboles, como así también configurar la posición de los árboles en un sistema silvopastoril implantado. Con los datos que brinda Shade Motion se puede predecir

cuántas horas de sombra se acumulan en cada punto de una parcela, durante un cierto período de tiempo debido a la presencia de árboles. Además se puede ver la dirección de las mismas en el terreno en función de características de la especie elegida, las cuales se pueden configurar con gran libertad. Este trabajo pretende mostrar como ejemplo el diseño del marco de plantación de un SSP implantado con algarrobo blanco (*Prosopis alba*) en función del sombreado producido por los árboles. Este diseño debería permitir un eficiente uso de la superficie de pastoreo teniendo en cuenta el manejo ganadero y del forraje como así también emplear una densidad de plantación forestal que esté sujeta a restricciones silvícolas pensando en que el componente arbóreo estará destinado a aserrado.

Son objetivos de este trabajo:

- Presentar una manera práctica de diseñar el marco de plantación de árboles de un SSP en función de su sombreado empleando herramientas informáticas disponibles.
- Estimar la cantidad de superficie sombreada debido a la configuración de la posición de los árboles y especie arborea elegida.
- Exponer consideraciones prácticas para el diseño de un SSP.

## Materiales y métodos

Para el diseño de un SSP se eligió un lote de 3 ha. ubicado en el campo anexo Deán Funes, dependiente de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Manfredi (30°22'10,72" S; 64°19'33,72" O), el lote cuenta con parte de sus lados alambrados, los cuales se tuvieron en cuenta a la hora de configurar en Shade Motion la inclinación del eje Y (eje de referencia para las líneas de plantación).

El clima es árido, las precipitaciones no superan los 600 mm año<sup>-1</sup>, las temperaturas máximas absolutas superan los 45° C, con temperatura media de 26° C.

El lote está implantado con *Buffel biloela*, posee algarrobos de origen natural dispersos en el lote que no serán tenidos en cuenta. El marco de plantación contaba con restricciones *a priori* definidas a partir de información sobre plantaciones del algarrobo blanco, ya que esta especie si bien produce madera de alta calidad, produce brotes epicórmicos por lo cual es necesario manejarla adecuadamente con densidad y poda.

Otra pauta preestablecida fue la de plantar en trincheras, las cuales permiten manejar altas densidades dentro de las mismas y en los callejones entre trincheras facilita el manejo ganadero y el manejo intensivo de las pasturas.

La densidad de plantación debía ser mayor a las 500 plantas por hectárea ya que esta densidad permite manejar la forma del fuste y ramificación de los algarrobos y es la densidad mínima de plantación que permite obtener el mayor apoyo económico no reintegrable por parte de la ley nacional N° 25.080, siendo esto último un incentivo más y un costo menos para la implementación de estos sistemas.

**Marco de plantación:** En cuanto a las trincheras se definió

plantarlas con una densidad de 555pl /ha, con una distancia entre plantas de 3 metros y entre filas de 6 metros. El largo de las trincheras se definió en función de datos de Shade Motion y el ancho se definió de 5 filas por trinchera como mínimo, permitiendo manejar tres filas interiores de la trinchera y usar las exteriores como bordura.

Para la simulación con ShadeMotion se configuró de la siguiente manera:

**Propiedades de los árboles:** se configuró con datos locales de crecimiento de algarrobo (*Prosopis alba*) de 6 años de edad, considerando la copa de forma semielíptica, y que la copa es 50% densa (Ribaski, 2002) (ver imagen 1).



Imagen 1. Configuración de la forma de los árboles

**Propiedades de la simulación:** se configuró para el 21 de diciembre tomándolo como referencia del día de mayor duración del sol (imagen 2).

El ángulo del eje Y se cargó en 15° a fin de alinear las filas de manera paralela a un alambrado preexistente, coincidente este ángulo con el de mayor sombreado en esta zona. Para esto se probaron distintos “Ángulo eje Y”.



Imagen 2. Propiedades de la simulación.

## Resultados y discusión

Planteado el marco de plantación a 3 m x 6 m, se simuló la proyección de sombras a cada hora, dada por los árboles a una edad de 6 años (imagen. 3). En cada gráfico podemos observar la distancia proyectada de las sombras desde el centro del árbol: 3 m a las 12:00 hs.; 5 m a las 13:00 hs.; 8 m a las 14:00 hs.; 11 m a las 15:00 hs.; 16 m a las 16:00 hs. y 24 m a las 17:00 hs. Como así también su intensidad, sectores coloreados de gris más oscuro indica mayor intensidad de sombreado y de gris más claro menor intensidad de sombreado.

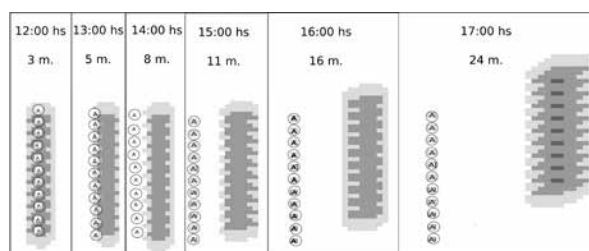


Imagen 3. Simulación de sombras de una fila de plantación hora por hora.

Al integrar los valores de sombra desde las 12 hs. a 17 hs. Para una fila se calcula para los sectores más oscuros un 83% de sombreado y para las más claras un 16% (Imagen 4).

La simulación se realizó hora a hora y luego se integraron las 5 horas de mayor radiación para calcular la extensión de las sombras y a partir de esta medida proponer el ancho de los callejones entre trincheras. Posteriormente, se simularon dos trincheras y finalmente todas las trincheras en el lote para realizar los cálculos de sombreado.

Para calcular los valores de sombreado de todo el lote, el cual está dividido en celdas (cada una corresponde a 1 m<sup>2</sup>), se contabilizan a partir del archivo .xls que arroja el programa las celdas cada una discriminada por la cantidad de hora de sombra. Es posible con estos datos analizar su distribución, promedios, modas etc. Los valores de sombreado resultantes de las simulaciones pueden superar el valor 100% ya que al estimar el sombreado en un punto, considera el traslape de sombras dado por árboles distintos que se dan en un mismo momento del tiempo sobre un mismo punto y la suma de sombras para el rango de horas que configuremos. Un valor mayor al 100% indicaría que la sombra de más de un árbol incide en ese punto, por lo cual ese punto del terreno está sobre sombreado.

Se eligió *Prosopis alba* como especie forestal para este sistema debido a que para el ambiente en donde se realizará la plantación, es una especie forestal nativa, de relativo rápido crecimiento, de un alto potencial adaptativo, con capacidad de restauración de ecosistemas degradados, además de ser fijadora de nitrógeno y producir frutos de alto contenido nutritivo para el ganado (Zarate, 2012).

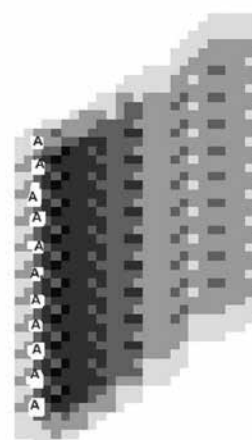


Imagen 4. Integración de sombras de una fila

Luego se simuló una trinchera completa (de 18 plantas por fila y 5 filas por trinchera) para estimar el sombreado producido por el traslape de sombras entre filas de una trinchera. Esto dio como resultado sectores dentro y al borde derecho (sector oscuro) de la trinchera de 200% de sombra acumulada durante las 5 horas de simulación (consideraremos esta zona como de baja probabilidad de pastoreo por la disminución productiva de pasturas megatérmicas) y un mínimo de 33% en la zona más alejada (gris claro).

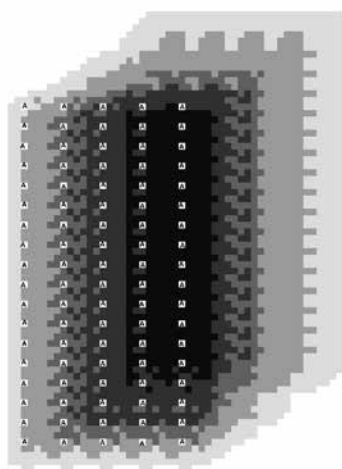


Imagen 5. Integración de sombras correspondientes a una trinchera

En cuanto a los valores para todo el terreno, se calculó que de las tres hectáreas se sombrea por lo menos una hora al día el 76% del terreno, pero más de 5 horas al día el 56% de la superficie total del lote tiene sombra (Tabla 1).

Horas de sombreado	m2 cubiertos por sombra	% de la superficie
0 hs (pleno sol)	7.213	24%
1hs	1.228	4,5%
2hs	1.372	5%
3hs	1.973	6,5%
4hs	1.456	5%
5 o más horas	16.758	56%
total Con sombra	22.787	76%
Superficie total del lote	30.000	100%

Tabla 1. Horas de sombreado y % de superficie sombreada

## Conclusiones preliminares

El empleo de Shade Motion para simular, observar, calcular y en base a esto diseñar la plantación en función del sombreado que producen los árboles es práctico, rápido y de fácil implementación.

La superficie efectiva de pastoreo descontando la superficie ocupada por los árboles alcanzaría un 80%.

Las trincheras permiten manejar silviculturalmente el crecimiento y forma de los árboles sin demasiadas limitaciones respecto a las pasturas, ya que en función de los requerimientos de luz y espacio necesario de la especie arbórea podría modificarse el largo, ancho y distancia ente trincheras.

Es necesario dejar bien claro que este trabajo es preliminar y solo pretende facilitar como ejemplo los pasos que se realiza-

Al simular todo el lote se desprende que en el mismo pueden plantarse 10 trincheras (un total de 900 árboles en las 3 ha.) logrando una densidad de plantación global de 300 pl/ha. También puede observarse que el 25% de la superficie no recibe nada de sombra por lo cual esto también permitiría manejar dos especies de pasturas diferentes (tolerantes a sombra y adaptadas a pleno sol) (imagen 6).

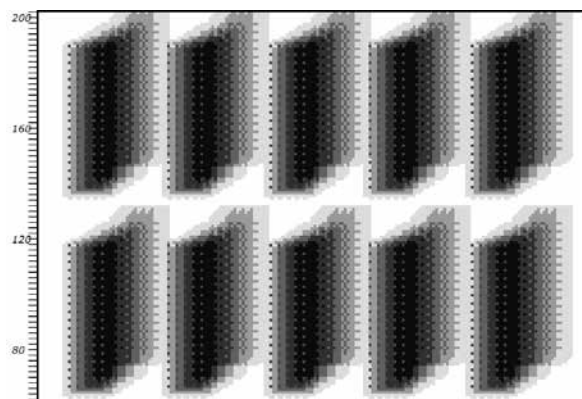


Imagen 6. Simulación del lote completo con todas las trincheras.

Respecto a las expectativas de producción de madera se estima que cada trinchera podría producir hasta 5 m<sup>3</sup> ó 17,6 m<sup>3</sup>/ha de madera de alta calidad de algarrobo en un turno de entre 25 a 30 años dependiendo de la zona.

En resumen, la integración de sombras en el lote permite estimar que la superficie se sombrea de manera óptima y los callejones pueden permitir un fácil manejo del ganado. La trinchera a su vez lograría el efecto del macizo en los árboles pudiendo manejar la forma y el crecimiento con podas y raleos.

ron para diseñar un SSP implantado con algarrobo, y proponer la idea de emplear este tipo de herramientas. Para poder recomendar el uso de este modelo con los parámetros aquí propuestos, así como del diseño simulado, es necesario cuantificar aún la radiación en los distintos puntos del terreno con ceptómetro o instrumentos que cuantifiquen la RFA (radiación fotosintéticamente activa) de manera de validar las salidas.

Asimismo, se requieren más simulaciones que permitan comparar diseños alternativos, así como la evolución temporal de los patrones de radiación a medida que los árboles crecen. Finalmente, desde el punto de vista biológico-agronómico, es necesario corroborar las interacciones árbol-pastura experimentando con diversas pasturas.

## **Bibliografía**

- Carranza C. A. y M. Ledesma. 2009. Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. XIII Congreso Forestal Mundial Buenos Aires, Argentina, 18-23 Octubre 2009.
- Quesada F., E. Somarriba, M. Malek, 2010. ShadeMotion 3.0: Software para calcular la cantidad de horas de sombra que proyectan un conjunto de árboles sobre un terreno. Costa Rica.
- Ribaski, J. y Menezes, E de A. 2002. Disponibilidad y calidad del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un sistema silvopastoril con algarrobo (*Prosopis juliflora*) en la región semi-árida Brasileña. Agroforestería en las Américas Vol. 9 N° 33-34.
- Zarate M. 2012. Contenido de N en plantaciones de *Prosopis alba* Griseb, en Santiago del Estero Argentina. Actas 2<sup>do</sup> congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Santiago del Estero, Argentina, pp. 478-482.

# Composición botánica, disponibilidad y valor pastoral del componente forrajero en un sistema agroforestoganadero, Corrientes Argentina.

M.C. Goldfarb; F. Núñez; O.G. Quirós Villalba; R. Aranda.

## Resumen

El *objetivo* del trabajo fue identificar en el componente forrajero, cambios en la composición botánica (CB), la disponibilidad y atributos de las especies (De) y valor pastoral (INTECO) en un SAFG de *Pinus elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis* con diferentes edades de plantación. Se instaló el ensayo en un SAFG plantado sobre un suelo arenoso, ácido, Psamacuente spódico con pastizal de *Andropogon lateralis* y pasturas de *Setaria sphacellata* cv Narok y *Brachiaria brizantha* cv Marandú. Los tratamientos son los años de plantación del pino: T1=2006; T2=2007; T3=2008; T4=2009, T5=2010 y T6=2011, en un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. En cada repetición se instalaron *dos transectas* de 100m c/u; sobre las que evaluó c/10 metros usando un marco de 50cm\*50cm, la CB, De e INTECO, correspondiendo a un muestreo sistemático (DMS) con arranque aleatorio en cada tratamiento. Se instaló *una de las transectas entre las líneas (L) dobles de plantación* (4m\*2.5 m) del pino y la *otra en las calles (C) que separan las líneas de plantación* (12m) y evaluaron en las Fecha1=14/05/13, Fecha2=27/08/13; Fecha3=12/12/13 y Fecha4=10/04/14. *Andropogon lateralis* es la especie que predomina en el componente forrajero, el aporte y disponibilidad de las pasturas fue nulo en todas las fechas. *Paspalum nicorae*, *Paspalum notatum* y *Axonopus argentinus*, especies tiernas del pastizal fueron registradas en todos los tratamientos pero con aportes menores al 70 %. Especies con mejor atributo forrajero (fina y tierna) fueron registradas en T1, T2 y T5. Los tratamientos modificaron la composición botánica, disponibilidad de las especies y valor pastoral del componente forrajero. En el SAFG a los 8 años de plantación del pino, disminuyó el aporte y la disponibilidad de especies ordinarias y duras y aumentó el de finas y tiernas.

**Palabras claves:** Pastizal, Atributos forrajeros, *Pinus elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*, *Andropogon lateralis*.

## Botanical composition availability and pastoral value of forage component in agrosilvopastoral system, Corrientes Argentina.

## Abstract

The aim of work was identify changes in botanical composition (CB), availability and attribute of species (De) and pastoral value (INTECO) of forage component in Agroforest silvopastoral system (SAFG) with hybrid pine (*Pinus elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*) with different ages. The trial was installed in SAFG planted on sandy soil Psamacuente spodic with rangeland of *Andropogon lateralis* and, *Setaria sphacellata* Narok and *Brachiaria brizantha* cv Marandú. The treatments were the years of pine plantation: T1=2006; T2=2007; T3=2008; T4=2009, T5=2010 and T6=2011, in a completely randomized design with three replications. Two transects (100m each) were fixed in each replications one of these between double lines of planting (4m\*2.5m) and other in alleys separating lines of pine (12m). The CB, De and INTECO (each/10m on transect) were evaluated in Date1=14/05/13, Date2=27/08/13; Date3=12/12/13 and Fecha4=10/04/14 using a square of 50cm\*50cm). Predominant species in rangeland was *Andropogon lateralis*, in all dates supply and availability of pasture species was scarce. *Paspalum nicorae*, *Paspalum notatum* and *Axonopus argentinus*, tender species were recorded in all treatments but lower contributions, less 70%. Better forage species attribute (thin and tender) were recorded in T1, T2 and T5. Treatments modified botanical composition, availability of species and pastoral value. At 8 years SAFG of hybrid pine plantation, decreased availability and contributions of ordinary and hard species, and increased fine and tender species.

**Key words:** rangeland, forage attribute, *Pinus elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*, *Andropogon lateralis*.

\*EEA INTA Corrientes cc 57.goldfarb.maria@inta.gob.ar

## Introducción

El sistema ganadero en Corrientes tradicionalmente fue la cría con tendencia a la invernada, luego evolucionó a sistemas integrados de cría - recría o invernada, pasando de ser exclusivamente proveedora de terneros en una provincia criadora-invernadora (Calvi, 2010). Los pastizales ocupan, en la provincia, alrededor de 6 millones de hectáreas y se caracterizan por la productividad, heterogeneidad y riqueza botánica. Actualmente están sometidos a distintos factores de intervención asociados principalmente al manejo ganadero, al reemplazo por pasturas, la expansión agrícola y en las últimas décadas por el avance de la forestación que se incrementa constantemente impulsada por los subsidios al sector (Ligier, 2002). Existen 600 mil hectáreas forestadas principalmente con Pino y Eucaliptus, de estas alrededor de 50 mil hectáreas fueron planificadas o transformadas a SAFG (Dirección de

Recursos Forestales provincia de Corrientes, comunicación personal 2014). Gran parte de los SAFG implantados con pino híbrido se establecen sobre suelos arenosos, por su aptitud ganadera y forestal (Lacorte y Esquivel, 2009). Ocupan 2 millones hectáreas y están cubiertos por pastizales con buen valor forrajero, producción de biomasa, biodiversidad y valor pastoral (Goldfarb *et al.*, 2006). Falta información local sobre cómo los SAFG con pino híbrido modifican al componente forrajero (Goldfarb y Esquivel, 2010). El *objetivo* del trabajo fue identificar en el componente forrajero, cambios en la composición botánica (CB), la disponibilidad y atributos de las especies (De) y valor pastoral con el Índice de Tendencia y Cobertura (INTECO) en un SAFG de *Pinus elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis* con diferentes edades de plantación.

## Materiales y Métodos

Se instaló el ensayo en un SAFG de Pino híbrido (*Pinus elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*) plantado sobre un suelo arenoso Unidad Cartográfica 28 Serie Chavarría, Psamacuente spódico, arenosa, mixta, con pastizal de *Andropogon lateralis* y pasturas de *Setaria sphacellata* cv Narok y *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. Los tratamientos son los años de plantación: T1=2006, T2=2007, T3=2008, T4=2009, T5=2010 y T6=2011 en un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. En cada repetición se instalaron dos transectas de 100m c/u; sobre las que se midió cada 10 metros usando un marco de 50cm\*50cm) la CB (%), la De (kg MS.ha<sup>-1</sup>) y el INTECO, correspondiendo a un muestreo sistemático (DMS) con arranque aleatorio en cada tratamiento. Se instaló una de las transectas entre las líneas dobles de plantación (4m\*2.5 m) del pino y la otra en las calles que separan las líneas de plantación (12m). En T2=2007, T3=2008 y T4=2009 se sembraron las pasturas de *Setaria* Narok, *Brachiaria* Marandú y *Setaria* Narok respectivamente, en la primavera del mismo año de plantación del pino híbrido y en los restantes tratamientos se mantuvo el pastizal de *Andropogon lateralis*. En el período experimental (2013/14) las pasturas mencionadas estaban degradadas por lo que se consideró al pastizal como el único recurso del componente forrajero en todos los tratamientos. En las Fecha1=14/05/13, Fecha2=27/08/13;

Fecha3=12/12/13 y Fecha4=10/04/14 se midió la De por cortes (kg MS.ha<sup>-1</sup>); la CB mediante el método de los rangos en peso seco (DWRM) (Tothil, 1978) que agrupa según un criterio forrajero, las especies del tapiz en: Gramíneas, Ciperáceas, Leguminosas y las restantes latifoliadas definidas como "Otras familias"; y el valor pastoral con el INTECO. Este Índice de Tendencia y Cobertura detecta los cambios y condición la del tapiz mediante la composición botánica, que resulta del manejo aplicado y eventos climáticos. Calcula el valor pastoral clasificando a las especies agrupadas en los cuatro grupos con criterio forrajero del DWRM, en 5 tipos productivos y les asigna valores al Índice según el tapiz este compuesto por especies finas o pasturas=161 a 200, tiernas=131 a 160, ordinarias=91 a 130, duras=41 a 90 y por especies de escaso a nulo valor forrajero o malezas=10 a 40. Estos tipos fueron definidos por Rosengurt (1979) observando la preferencia animal, el grado de terneza, la calidad de cada especie y el ciclo de crecimiento. A cada tipo le asignó un coeficiente de calidad o atributo forrajero resultando en: especies finas=2; tiernas=1; ordinarias=0.5; Duras=0.25; Malezas=0.10. La CB, disponibilidad, los atributos y el INTECO se analizaron con el software "Haeve" desarrollado en la EEA INTA Corrientes (2014); aplicó un ANOVA y Duncan (p>0.05) para la comparación de medias.

## Resultados y discusión

La disponibilidad de la materia seca, incluyendo todas las especies del pastizal (kg MS.ha<sup>-1</sup>) promedio de las cuatro fechas varió entre tratamientos (p>0.05), fue T1=2391(a); T2=6858(b); T3=6616(b); T4=5809(b); T5=6656(b) y T6=11382(c). En T2, T3, T4 y T5 la disponibilidad total fue similar a la productividad primaria neta (PPN=6000 kg MS.ha<sup>-1</sup>) de este tipo de pastizal con predominio de *Andropogon lateralis* (Goldfarb *et al.*, 2006). Todos los tratamientos

estaban en pastoreo durante el período de medición y se iniciaba a partir del segundo año de plantación del pino. En T6 el lote estuvo clausurado dos años desde la plantación (2011) hasta diciembre/13 cuando se inició el pastoreo, la De total acumulada (kg MS.ha<sup>-1</sup>) sería el resultado de este manejo. En T1 la De total disminuyó el 50 % de la PPN, esto fue observado en otros SAFG con pastizales de igual CB, marco de plantación y años. En esos se observó que la disminución de

Cuadro 1. Disponibilidad (kg MS.ha<sup>-1</sup>), aportes a la CB (%), atributos forrajeros y familia botánica de las especies dominantes.

Tratamiento	Especies dominantes y de las pasturas sembradas				
	Especie	Familia botánica	Atributo	kg MS.ha <sup>-1</sup>	% Aporte
T1=2006	<i>Andropogon lateralis</i>	Gramínea	Ordinaria	1722	72
	<i>Sorghastrum setosum</i>		Dura	478	20
	<i>Paspalum ionanthum</i>		Ordinaria	191	8
T2=2007	<i>Andropogon lateralis</i>		Ordinaria	6035	88
	<i>Paspalum notatum</i>		Fina	137	2
	<i>Setaria Narok</i>		Fina	686	10
T3=2008	<i>Andropogon lateralis</i>		Ordinaria	5293	80
	<i>Brachiaria Marandú</i>		Fina	1323	80
T4=2009	<i>Andropogon lateralis</i>		Ordinaria	4473	77
	<i>Paspalum ionanthum</i>			465	8
	<i>Setaria Narok</i>		Fina	871	15
T5=2010	<i>Andropogon lateralis</i>		Ordinaria	5059	76
	<i>Paspalum ionanthum</i>			1597	24
T6=2011	<i>Andropogon lateralis</i>		Ordinaria	9106	80
	<i>Sorghastrum setosum</i>		Dura	2276	20

la intensidad lumínica también afectó la persistencia y disponibilidad de las gramíneas, con mayor efecto en *Andropogon lateralis* (Goldfarb *et al.*, 2012). En el cuadro 1 se muestra la De (kg MS.ha<sup>-1</sup>) y el aporte (%) a la CB de las especies que predominan en cada tratamiento, familia y atributo forrajero asignado. Se consideran especies dominantes aquellas que aportaron (=+) del 70 % al total de materia seca disponible en todas las fechas.

*Andropogon lateralis* es la especie que predomina en el componente forrajero por la disponibilidad (kg.MS.ha<sup>-1</sup>) y su aporte a la CB (%). *Paspalum nicorae*, *Paspalum notatum* y *Axonopus argentinus* son especies tiernas del pastizal, que si bien fueron registradas en todos los tratamientos el aporte superó el 70 % únicamente en algunas repeticiones y/o fechas. Especies con mejor atributo forrajero (fina y tierna) fueron registradas en T1, T2 y T5. El deterioro de las pasturas de Setaria y Brachiaria se debería a diversos factores, entre ellos al pastoreo porque se sembraron únicamente en las calles dejando las entre líneas de plantación del pino híbrido con el pastizal compuesto por especies ordinarias, duras y menos palatables que ambas forrajeras cultivadas. Los menores niveles de luz incidente en T2 y T4, por la edad y altura de los árboles, sería otro factor que afectó la persistencia de Setaria,

esta especie es sensible a la sombra (Andrade *et al.*, 2002). En el cuadro 2 y figura 1 se muestran el aporte en % a la disponibilidad de total de materia seca de las especies agrupadas según el atributo forrajero en cada tratamiento.

Las especies ordinarias y duras son las que realizan el mayor aporte (kg MS.ha<sup>-1</sup>). En T3=2008 y T5=2010 se identificaron además *Leersia hexandra*, *Luziola leiocarpa*, *Panicum sabulorum* y *Panicum laxum*, especies finas del pastizal, lo que explicaría el mayor aporte de este atributo; aunque la disponibilidad individual de cada especie, no superó los 200 (kg MS.ha<sup>-1</sup>) en cada fecha.

Se observa en la figura 1 que el aporte de las especies duras y ordinarias disminuye y las tiernas aumentan, del T6 al T1. El aporte de las malezas se mantuvo entre tratamientos y por debajo del 10 % lo que indica un pastizal sin deterioro. El INTECO varió ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos y fechas acorde con el ciclo de crecimiento de las especies que dominan en el pastizal. En el cuadro 3 se muestran los valores registrados en cada fecha y tratamientos.

El valor del INTECO (41-90) indica que las especies que predominan en el pastizal son duras y ordinarias; el valor pastoral varió acorde con el estado fenológico de esas especies. El valor INTECO en T3, en las fechas 12/12/13=94 y

Cuadro 2. Aporte porcentual (%) al total de la disponibilidad de las especies (kg MS.ha<sup>-1</sup>) según los atributos forrajeros en cada tratamiento.

Tratamiento	Atributos forrajeros: % de aporte a la disponibilidad de las especies (kg MS.ha <sup>-1</sup> )				
	Finas	Tiernas	Duras	Ordinarias	Malezas
T1=2006	0 a	39 b	11 ab	38c	10 ab
T2=2007	11 a	18 a	10 a	54 b	4 a
T3=2008	20bc	10 a	10 ab	47 c	8 a
T4=2009	14 a	20 ab	11 ab	47 b	8 a
T5=2010	16ab	12 ab	35 c	30 b	7 a
T6=2011	0a	10 ab	12 ab	75 b	3 a

Medias con letras diferentes entre las columnas son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

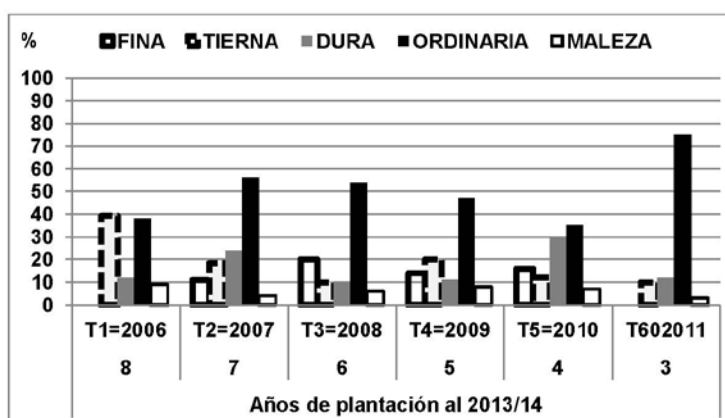


Figura 1. Aporte porcentual (%) de las especies según el atributo forrajero en cada tratamiento y años de plantación del pino híbrido al 2013/14.

10/04/14=109 se explicaría por el aporte de *Brachiaria* Marandú, que aunque no superó el 20 %, en esas fechas expresó su máximo crecimiento durante el estado vegetativo, hasta la floración. En la figura 2 se muestran los valores del INTECO, promedio de fechas de medición y cada tratamiento.

El INTECO varió entre ( $p>0.05$ ) tratamientos aumentando con la edad de plantación del pino híbrido T1=2006 vs T6=2011. Esto se explicaría porque en el mismo sentido aumentó el aporte de las especies finas y tiernas, con mejor valor forrajero. En T6=2011 la clausura – 2 años desde la plantación del pino - incrementó la disponibilidad de las especies ordinarias y duras. Todos los tratamientos también fueron clausurados

de igual forma que T6=2011, los cambios en la disponibilidad de las especies, composición botánica y valor pastoral responderían al pastoreo; el valor del INTECO aumento 70 % del T6 al T5 (Lacorte *et al*, 2009). El efecto del pastoreo y las cargas aplicadas, son aún escasamente evaluados en los SAFG difundidos en la provincia de Corrientes, los que contribuirían, así como en el pastizal a cielo abierto, a explicar cambios en el componente forrajero desde el establecimiento hasta la tala del bosque. De igual forma, como responde este componente a sucesivos ciclos forestales es otra línea de investigación que se debería evaluar considerando el valor de estos pastizales asentados sobre suelos arenosos.

Cuadro 3. Valor pastoral (INTECO) en las fechas de medición y tratamientos.

Tratamientos	Fechas			
	14/05/13	27/08/13	12/12/13	10/04/14
T1=2006	83 b	68 a	75ab	84a
T2=2007	68 ab	58 a	64 ab	63 a
T3=2008	86 b	67a	94 b	109 b
T4=2009	61 ab	57 a	83 ab	72ab
T5=2010	73 ab	79 a	62 ab	55 a
T6=2011	48 a	47 a	49 a	48a

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre columnas.

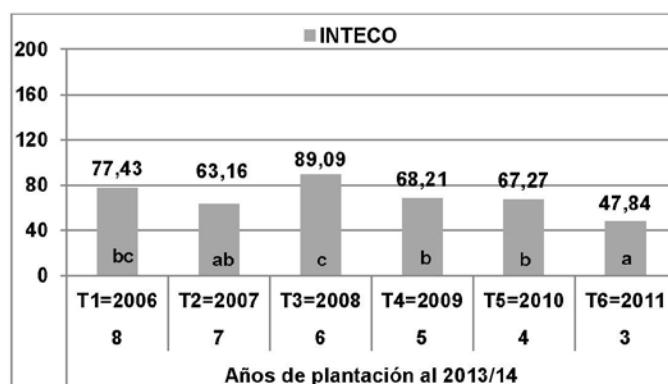


Figura 2. Valor del INTECO de tratamientos y años de plantación. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre columnas.



## Conclusiones

Los tratamientos modificaron la composición botánica, disponibilidad de las especies y el valor pastoral del componente forrajero.

En el SAFG a los 8 años de plantación del pino, disminuyó el aporte y la disponibilidad de especies ordinarias y duras y aumentó el de finas y tiernas.

## Agradecimientos

Se agradece a la Empresa Zeni SA – Malvinas Esquina – donde se instaló el ensayo. Trabajo financiado por la UCAR PIA 12008.

## Bibliografía

- Andrade, C.M.S.; Carneiro, J.C.; Valentim, J. F. 2002. *In*: Reuniao Anual Soc. Brasileira de Zootecnia 39. Recife. Anais.2002.1CD-ROM.
- Calvi M. 2010, Serie técnica N° 47, EEA INTA. Mercedes Corrientes.
- Escobar, E.H.; Melgar, R.; Ligier, D.; Matteo, H. y Vallejos, O. 1996. “MAPA DE SUELOS DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES. 1:500.00. ÁREA PRODUCCIÓN VEGETAL Y RECURSOS NATURALES. EEA INTA Corrientes.432p.
- Ligier, D. 2002 Análisis ambiental-productivo de sistemas alternativos a la ganadería en la provincia de Corrientes.XIX Reunión del Grupo Técnico en forrajeras del Cono Sur . Zona Campos. Memorias. Mercedes Corrientes, Argentina . pág.60-66
- Goldfarb, M.C.; Giménez L. I. y Núñez. 2006. Acumulación de forrajimasa otoño–invernal en pastizales del norte de corrientes-argentina. XXI REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL – GRUPO CAMPOS “Desafios e oportunidades do Bioma Campos frente a expansão e intensificação agrícola” 24 a 26 de outubro de 2006, Pelotas. Formato electrónico, N° 5 Sección 4.
- Goldfarb, M.C; Lacorte, S. M.; Esquivel, J. ; Núñez, F. y Quirós, O.G.2012. Modificaciones en la composición botánica y producción forrajera del pastizal en un sistema silvopastoril con diferentes densidades de plantación. VII Congreso Latinoamericano de Agroforestería, Belem, Pará Brasil. En CD.
- Goldfarb, M.C. y Esquivel, J.I. 2010. Caracterización de los componentes forrajeros, arbóreos y ganaderos en Modelos Silvopastoriles difundidos en la Mesopotamia Argentina.VI Congreso Internacional de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. Panamá 28-30/2010. Presentación en Poster y online.
- Lacorte, S. M. y Esquivel, J. I. 2009. Sistemas silvopastoriles en La Mesopotamia Argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. P 70-82. Posadas. Misiones. Argentina.
- Lacorte, S.M.; Goldfarb M.C; Giménez L. I.; Núñez, F. y Quirós, O.G. 2009. Recría de vaquillonas y engorde de novillos en sistemas silvoapstoriles del norte de Corrientes – Argentina. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. P 431-437. Posadas. Misiones. Argentina
- Rosengurtt, B. 1979. Tabla de comportamiento de las principales especies del campo natural. Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay. 15 p
- Tothil, J.C. 1978. Measuring botanical composition of grasslands in Measurement of grasslands vegetation and animal production. Ch. 3, pg. 22-62. Bul. 52. CAB. Ed. Let Manatee. Australia.

# Un nuevo modelo productivo integrado: El sistema silvoapícola pastoril

Paula Ferrere, Laura Gurini \*

## Resumen

En los últimos años la región pampeana ha experimentado cambios importantes en cuanto a las actividades extensivas con el objetivo de aumentar la productividad y obtener un mejor resultado económico, donde la soja aumentó la superficie sembrada en detrimento de los demás cultivos. En este contexto, donde la superficie con pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas se ha visto reducida y las especies reemplazantes son poco melíferas, la apicultura se ve seriamente amenazada y los apicultores tienen que realizar movimientos de colmenas en busca de una oferta floral que les permita seguir con la actividad, pero el continuo avance de la frontera agrícola hace que las distancias sean cada vez mayores. Por tal motivo se propone como una alternativa de producción, el sistema silvo-apícola-pastoril, que consiste en la producción de árboles, generalmente especies de rápido crecimiento de probada importancia apícola, la producción de cultivos o forrajes, y la instalación de colmenas, en un mismo lote, cuya finalidad es manejar las interacciones de manera rentable y sustentable. La floración del monte se complementaría con la pastura en el ciclo de producción apícola de miel. Si bien el ensayo realizado se basó en un sistema implantado, el concepto es más amplio y aplicable a bosques nativos, con diferentes tipos de ganadería, usos de los árboles y productos de la colmena.

**Palabras claves:** Sistema silvo apícola pastoril, alternativas de producción, miel, forraje, madera.

## A new integrated production model: The silvo-beekeeping-pastoral system

## Abstract

In recent years there have been changes in the Pampas region in the extensive activities in order to increase productivity and achieve better economic results, which increased soybean plantings at the expense of other crops. In this context, where the surface mixed grass-legume pastures has been reduced and replacements species has little interest from bee, beekeeping is seriously threatened and beekeepers have to make movements of hives seeking a floral supply that allows them to continue with the activity, but the continuous advance of the agricultural frontier makes the distances are increasing. Therefore it is proposed as an alternative production, the silvo-beekeeping-pastoral system, which consists of the production of trees, usually fast growing species of bee proven importance, the production of crops or forage, and installation of hives in the same place, whose purpose is to manage the interactions of profitable and sustainable manner. The forest flowering would complement with pasture in the cycle beekeeping honey production. While the trial was based on an implanted system, the concept is broader and applicable to native forests with different types of livestock, trees and uses of bee products.

**Key words:** silvo-beekeeping-pastoral system, production alternatives, honey, forage, wood.

\* AER INTA 9 de Julio-EEA INTA Pergamino. Mitre 857, 9 de Julio, Buenos Aires. Email: ferrere.paula@inta.gob.ar

## Introducción

En los últimos años la región pampeana ha experimentado cambios importantes en cuanto a las actividades extensivas con el objetivo de aumentar la productividad y obtener un mejor resultado económico. Esto generó la disminución del área destinada a la producción ganadera debido a la expansión del cultivo de soja. La soja es hoy el cultivo más importante de la Argentina, ocupando más del 64% del área sembrada del país (Laufer, 2010). Estos cambios han generado una creciente preocupación por el deterioro de los suelos, por el bajo aporte de materia orgánica y el riesgo a la erosión en épocas de barbecho, entre los principales efectos de éste fenómeno (Ferreras *et al.*, 2002).

La búsqueda de una mayor productividad está principalmente asociada al uso de cultivos genéticamente modificados que requieren incrementos sucesivos en el uso de fertilizantes y plaguicidas y reducen la diversidad.

En este contexto, donde la superficie con pasturas mixtas de gramíneas y oleaginosas se ha visto reducida y las especies cultivadas son poco melíferas, la apicultura se ve seriamente amenazada y los apicultores tienen que realizar movimientos de colmenas en busca de una oferta floral que les permita seguir con la actividad, pero el continuo avance de la frontera agrícola hace que las distancias sean cada vez mayores. Si bien hay algunas variedades de soja que son melíferas y generan mieles monoflorales, han existido rechazos del mercado internacional por el contenido de polen de OGM de estas mieles.

Por tal motivo se propone como una alternativa de diversificación productiva para la región, el sistema silvo-apícola-pastoril, que consiste en la producción de árboles, generalmente especies de rápido crecimiento, junto con la producción de cultivos o forrajes, y la instalación de colmenas, en un mismo lote simultáneamente, cuya finalidad es manejar las interacciones de manera rentable y sustentable. La floración del monte se complementaría con la pastura en el ciclo de producción de miel. El sistema generaría, a corto plazo, miel y otros productos de la colmena, en el mediano plazo, producción forrajera y/o pastoril y en el largo plazo, recurso maderero. El bajo nivel de plaguicidas que usualmente requiere un sistema forestal sería una adicionalidad positiva del sistema sobre el subsistema apícola. El manejo de los sistemas silvopastoriles es más complejo que el de los ganaderos o forestales puros. La presencia de más de un estrato de vegetación, presupone conocer y manejar múltiples interacciones ecológicas, que además son dinámicas. Éstas dependerán de las especies involucradas, de los arreglos espaciales y temporales y de las condiciones medioambientales que lo rodean (Mead, 2009). El estudio de las interacciones entre los distintos componentes del sistema y sus efectos conducirá a nuevos modelos productivos, donde la obtención de alimentos estará permanentemente presente acompañando la producción forestal (Fassola *et al.*, 2009). En el noreste argentino, estos sistemas silvopastoriles han permitido la combinación de ganado con especies forestales, principalmente *Pinus* y *Eucalyptus* con destino a aserrado, mejorando notablemente la rentabilidad del sistema original (Esquivel *et al.*, 2004; Fassola *et al.*, 2004). Pero la incorporación de la apicultura requiere nuevos ajustes a los sistemas ya conocidos.

En algunas zonas de Argentina se registraban hace unos años

cosechas promedio de 60-70 kg/col/año, similares a los valores más altos del mundo. El cambio de uso del suelo ha ocasionado que el rendimiento actual promedio por colmena a nivel nacional se encuentre entre los 30 y 35 kg/año. Buenos Aires concentra más del 50% de la producción nacional de miel, siguiéndole en importancia Santa Fe, La Pampa, Córdoba y Entre Ríos. Es importante destacar que en los últimos años la apicultura se ha expandido marcadamente al resto de las provincias. Actualmente existen polos de desarrollo en Santiago del Estero, Misiones, Tucumán, Neuquén, Mendoza y Chubut, entre otras. El mercado interno está poco desarrollado debido, fundamentalmente, al escaso hábito de consumo, que se estima en 180 a 200 g/hab/año, muy bajo si se compara con países como Japón, EE.UU. o Alemania que en algunos casos superan el kg. per cápita. (MinAgri, 2009).

En el mundo, el consumo presenta una tendencia creciente debido a la mayor demanda de productos naturales y sanos, con beneficios para la salud. Se han incorporado nuevos países importadores como Libano, Arabia, Omán y Siria que han exhibido una importante expansión en años recientes, en parte porque en estos destinos la miel está relacionada con algunas festividades religiosas.

La miel argentina es valorada por su calidad por los mercados más exigentes del mundo. Sin embargo, aunque más del 90 % de la miel obtenida en el país se exporta, la mayor parte de las exportaciones que se realizan a EEUU, Italia, Alemania, Francia, Inglaterra y otros países europeos, consisten en miel a granel y sin diferenciar. Una característica que ofrecen nuestros sistemas productivos y diversidad de floras y climas es la posibilidad de obtener diferentes tipos de mieles, con características organolépticas y fisicoquímicas, derivadas de sus distintos orígenes botánicos. Tanto los montes cultivados como los nativos ofrecen frecuentemente importantes recursos para la apicultura, información obtenida en numerosos estudios de origen botánico de los productos apícolas.

Algunos ejemplos son: resinas de *Populus* spp., *Eucalyptus* spp. y varias especies de montes nativos, polen de *Schinopsis* spp., *Salix* spp., generando pólenes que se comercializan como monoflorales y néctar de *Eucalyptus* spp., *Salix* spp., *Robinia pseudoacacia*, *Prosopis* spp., *Lomatia hirsuta*, *Tessaria integrifolia*, *Geofroea decorticans*, *Schinus* spp., Muchas de estas especies generan mieles monoflorales. (Gurini *et al.*, 2009, Gómez Pajuelo *et al.*, 2008). Esta es entonces una herramienta de valor agregado con la que se está trabajando a nivel país a través del Programa Nacional Apícola de INTA, en articulación con otras instituciones, desde el año 2006.

En cuanto al subsistema forestal, la provincia de Buenos Aires presenta un gran potencial para el desarrollo de proyectos forestales, tanto en suelos aptos para la agricultura tradicional, como también en aquellos usualmente utilizados con fines ganaderos. La instalación de montes de reparo, cortinas forestales y macizos permitiría convertirse en una producción a considerar como complemento del uso principal de la tierra. El desconocimiento sobre qué especies plantar, cuanto rinden y que mercado potencial las puede demandar genera una especie de irresolución a la hora de

encarar proyectos de desarrollo forestal en el territorio que complementen y diversifiquen el actual sistema productivo. Sin embargo hay experiencias exitosas de empresas desarrollan la actividad en la región. El cultivo de Salicáceas (*Salix* spp., *Populus* spp.) en la pampa húmeda tiene más de cien años de historia, y cuenta en la actualidad con 5.000 hectáreas de plantaciones en macizo, predominantemente de álamos (Achinelli *et al.*, 2006). Estas plantaciones están estrechamente vinculadas con la industria, se trata de bosques establecidos en suelos agrícolas de elevada aptitud productiva, y que se desarrollaron en forma integrada con establecimientos transformadores situados a distancias considerables de los mismos. En muchos de estos casos además estos sistema productivos se asocian a una ganadería bovina de cría que permiten obtener un ingreso en el corto plazo por la producción y venta (Prada, 2013, com.pers).

Existen además otras especies forestales también de interés apícolas, tales como los *Robinia pseudoacacia*, *Eucalyptus* sp entre otras, que al igual que las Salicáceas poseen una floración primavera-vernal. Este tipo de producción es especialmente valiosa en la cercanía de poblados, cascos, o escuelas rurales donde una menor aplicación de agroquímicos, la protección contra la deriva de estos productos y la conformación del paisaje rural representan un mayor beneficio

En cuanto al aspecto forrajero, si bien se cuenta con esquemas productivos intensivos, la adopción de estos manejos varía con la escala del productor. Aspectos relacionados con la calidad genética del rodeo, reservas forrajeras e instalación, son cuestiones resueltas en productores grandes, mientras que el manejo

del rodeo y cuidado veterinario son decisiones bien implementadas en los productores más pequeños.

### Interrogantes pendientes

Variantes de sistemas silvo apícolas: especies leñosas (nativas o implantadas) aptas para la combinación en estos sistemas en otras zonas geográficas. Otras especies en el estrato herbáceo a considerar tales como cultivos hortícolas.

Escala: Una pregunta fundamental es a que tamaño de productor deberíamos tentar con este planteo? El sistema silvoapícola-pastoril podría funcionar con todas las escalas de productores, pero la realidad histórica es que son los productores grandes y medianos aquellos más decididos a innovar en planteos productivos. En general el apicultor no es dueño de la tierra, con lo cual se encontraría sujeto a encontrar alguna asociación con el productor agropecuario o forestal.

Mercado: dado que la producción forestal es una alternativa productiva que con un escaso mercado desarrollado, será necesario pensar que productos se obtendrán del sistema (madera de calidad, leña) y evaluar la conveniencia de efectuar asociaciones de productores. En cuanto a la apicultura, si bien tiene un mercado desarrollado, muchas veces los productores no tienen la escala suficiente para competir en el mismo, con lo cual formas asociativas de productores, permitirían facilitar la comercialización.

Conocimiento científico: efecto del sombreado sobre la floración de las especies forrajeras, calidad de forraje, curvas de floración, la calidad y oferta de polen y la incidencia de las variables climáticas sobre dichos aspectos.

## Bibliografía

- Achinelli, F. 2006. Silvicultura de álamos y sauces en la Pampa húmeda. Actas Jornadas de Salicáceas, CABA, pp 21-36.
- Esquivel, J, Fassola HE, Lacorte SM, Colcombet L, Crechi E, Pachas N, Keller A. 2005. Sistemas Silvopastoriles-Una sólida alternativa de sustentabilidad social, económica y ambiental. Actas 11as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales-FCF, UNaM-INTA: EEA Montecarlo.
- Fassola HE, Lacorte SM, Pachas AN, Goldfarb C, Esquivel J, Colcombet L, Crechi EH, Keller A, Barth SR 2009. Los sistemas silvopastoriles en la región subtropical del NE argentino. XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, Argentina, 18-23 Octubre.
- Fassola, HE, Lacorte SM, Esquivel J, Colcombet L, Moscovich F, Crechi E, Pachas N, Keller A. 2004. Sistemas Silvopastoriles en Misiones y NE de Corrientes y su entorno de negocios. Informe técnico INTA EEA Montecarlo. Disponible en: [http://www.inta.gov.ar/montecarlo/info/indices/tematica/dir\\_silvopastoriles.htm](http://www.inta.gov.ar/montecarlo/info/indices/tematica/dir_silvopastoriles.htm). Acceso marzo 2015.
- Ferreras L, Toresani S, Pecorari C. 2002. Parámetros edáficos, crecimiento y rendimiento del cultivo de trigo bajo diferentes manejos. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Vol. II, pp. 051-067.
- Gurini L, Basilio A, Fracassi N, Casaubon E. 2009. Los géneros *Salix* y *Populus* como recurso para la obtención de productos de la colmena de abeja doméstica (*Apis mellifera*) en el Bajo Delta del Paraná. Jornadas de Salicáceas. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.
- Gomez Pajuelo, A, Gutierrez, A, Gurini, L, Basilio A. 2008. El polen apícola. Producción, industrialización y control. INTI-UE. Cuaderno Tecnológico N°1.
- Laufer. 2010. Presente y perspectivas de la "asociación estratégica" China-América Latina. XXII Jornadas de Historia Económica. Asociación Argentina de Historia Económica. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, 21 al 24 de septiembre de 2010.
- Mead. 2009. Biophysical interactions in silvopastoral systems: a New Zealand perspectives. Actas 1º Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, 14 al 16 de mayo. Pgs. 3-11
- MinAgri. 2009. Introducción al Sector Apícola Argentino. Área Apícola. DNA-SAGPyA. Disponible en internet: [http://www.minagri.gov.ar/SAGPyA/economias\\_regionales/\\_apicultura/\\_publicaciones/\\_informes/sector\\_apicola\\_argentino.pdf](http://www.minagri.gov.ar/SAGPyA/economias_regionales/_apicultura/_publicaciones/_informes/sector_apicola_argentino.pdf). Acceso: marzo 2015.

# Evaluación preliminar del desempeño de ganado de carne Hereford (*Bos taurus*) en sistemas de producción silvopastoriles y campo natural del sureste uruguayo.

S.M. Huertas<sup>1</sup>; P.E. Bobadilla<sup>1</sup>; H. Bueno<sup>2</sup>; C. Polla<sup>4</sup>; E. Murgueitio<sup>5</sup>; F. Vila<sup>\*1</sup>; D. César<sup>3</sup>; J. Piaggio<sup>1</sup> & A. Gil<sup>1</sup>

## Resumen

La asociación de pasturas con árboles ha demostrado ser beneficiosa para la producción de ganado en condiciones climáticas variables, al proporcionar protección al clima y un entorno más rico, mejorando el bienestar animal (BA). Es por ello que el objetivo del trabajo es, evaluar el desempeño de ganado en un sistema silvopastoril (SSP), respecto a un sistema de campo natural (CN). El estudio se realizó en un establecimiento rural, localizado en las coordenadas 33° 45' S y 55° 05' O, Departamento de Lavalleja, Uruguay. El objetivo productivo del establecimiento es cría y recría de ganado Hereford para producción de carne, así como producción forestal. Los sistemas de estudio fueron CN de una superficie de 100 hás y lindero el SSP de 200 hás. El SSP se compone de *Eucalyptus globulus* de 3 años, diseño de la plantación de 4 por 2 metros y una densidad de 1250 plantas/ha. Se utilizaron 40 novillos con 2 años de edad de idénticas características físicas, raza, edad y peso promedio de 314 Kg (SD=27,9), asignando aleatoriamente 20 a cada tratamiento: SSP y CN. Los animales fueron pesados periódicamente cada 45 días desde noviembre a enero, junto al peso se evaluaron indicadores de BA. Se evaluó el comportamiento en campo, a las 11:00 y 14:00 horas, utilizando la metodología "Scan sampling" a intervalos de cinco minutos durante una hora. En la comparación de pesos de los animales en ambos tratamientos no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). En cuanto a los indicadores de comportamiento, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ). Los resultados obtenidos hasta el momento son preliminares, sin embargo cabe destacar, que la investigación se encuentra en sus etapas iniciales y restan muchas observaciones que pueden enriquecer los resultados obtenidos a hasta el momento.

**Palabras Clave** Ganadería, producción animal, bienestar animal, sistemas mixtos.

## Preliminar evaluation of Hereford beef cattle (*Bos taurus*) performance in silvopastoral system and in natural grassland of southeast Uruguay.

## Abstract

The association of pastures and trees has proven to be beneficial for cattle production in variable climatic conditions, by providing protection against weather and a richer environment improving animal welfare (AW). We evaluated the performance of beef cattle in a silvopastoral system against a natural grassland traditional system. This survey was undertaken on a beef cattle farm located in the South-East of the country (33°45'49,51"S 55°04'14,12"W). The surface under study was 100 hectares for the NG and 200 hectares for the SPS. The soil according to the CONEAT Index (MGAP, 1994) was classified as 2.12 and 2.11a. The SPS is composed of 3 years old *Eucalyptus globulus*, planted in a 4x2 meters design, with a density of 1250 plants/hectares. Forty, 2 years old Hereford steers (average weight 314 SD 27.9) were randomly assigned to each system. Weight was registered every 45 days from November 2014 to January 2015 as well as the registration of AW indicators. On field behavior was registered using *Scan Sampling* technique, at 11:00 am and at 2:00pm, with five minutes intervals during one hour. No differences in weight was registered between treatments ( $p < 0.05$ ). Behavioral and AW measures did not show differences either ( $p < 0.05$ ). These are preliminary results, thus subsequent data might enrich the outcome obtained so far.

**Keywords** Cattle raising, animal production, animal welfare, mix systems.

<sup>1</sup> Universidad de la Republica O. del Uruguay, Facultad de Veterinaria, Departamento de Bioestadística. Lasplacés 1620 CP 11600 Montevideo, Uruguay <sup>2</sup>Universidad de la Republica O. del Uruguay, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Animal y Pasturas. <sup>3</sup>Instituto Plan Agropecuario, Uruguay <sup>4</sup>Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Dirección General Forestal, Uruguay <sup>5</sup>Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria CIPAV (Colombia) fervilahill@gmail.com

## Introducción

En muchos países de América Latina, la producción de carne se hace tradicionalmente basada en pasturas en condiciones extensivas. Sin embargo el reciente aumento del precio de la tierra, el desarrollo acelerado de la agricultura, la degradación de los suelos y la necesidad de aumentar la productividad por hectárea, han promovido una fuerte competencia intersectorial en rubros como la forestación y ganadería, determinando nuevos modelos de producción mixta, como es el caso de los sistemas silvopastoriles. Estos, son una modalidad en la que se combinan gramíneas y leguminosas con arbustos y árboles destinados tanto a la alimentación animal como a otros usos complementarios tales como la producción de madera. Esta integración es beneficiosa, mejorando la tolerancia tanto del suelo como de los animales a los períodos de clima extremo, posibilitando trabajar con cargas animales más elevadas que en pastoreos convencionales y promoviendo una reducción significativa del estrés térmico para los animales, lo cual contribuye a mejorar el bienestar de los mismos (Calle *et al.* 2012).

Investigaciones en Colombia, Nicaragua y Costa Rica demuestran que los sistemas silvopastoriles (SSP) acumulan más carbono en biomasa aérea y suelos que las pasturas degradadas (Montagnini *et al.* 2013). También se han publicado datos recientes que evidencian mayor acumulación de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) en sistemas silvopastoriles que en praderas sin árboles (Montagnini *et al.* 2013) por lo tanto al producir con menores emisiones de metano, dióxido de carbono y dióxido de nitrógeno estos sistemas se consideran una herramienta importante para la mitigación al cambio climático; al mismo tiempo, reducen los efectos de extremos climáticos (sequías, fuertes lluvias, heladas y vientos desecantes) por lo tanto contribuyen a la mitigación del cambio climático (Harvey *et al.* 2013).

Así mismo al proveer a los animales de sombra, abrigo, alimentos y agua en forma permanente, contribuyen al bienestar animal (BA), siendo una alternativa válida para la ganadería convencional en América Latina (Broom *et al.* 2013).

En países como Uruguay, la producción de carne es un rubro de gran significado económico (INIA, 2015). El aumento en el precio de la tierra, el desarrollo acelerado de la agricultura y la necesidad de aumentar la productividad por hectárea, está promoviendo estos nuevos modelos que buscan la sustentabilidad al integrar plantaciones forestales (principalmente *Eucaliptus spp.*) con producción de carne (Polla, 2000). En ese marco, el sector forestal ha alcanzado un importante crecimiento en los últimos años (MGAP/DGF/BID, 2008), favorecido por el incremento de la demanda mundial de madera para pulpa de celulosa. Al igual que sucede en países vecinos como Brasil (Da Silva, 2012) y Argentina (Fassola *et al.* 2009) la integración de las actividades forestales y ganaderas evidencia sinergias económicas, sociales y ambientales. El aumento de los

precios internacionales de la carne y el incremento de la demanda de productos forestales son elementos que dinamizan los sistemas silvopastoriles (INAC, 2015, Lacorte y Esquivel 2009).

Además de su localización subtropical, por acción de los vientos procedentes del océano Atlántico (anticiclón del Atlántico con masas cálidas y húmedas) y del océano Pacífico (anticiclón del Pacífico con aire frío con baja humedad), el clima de Uruguay tiene como característica especial la frecuencia en los cambios abruptos de temperatura ambiental y humedad relativa donde se pueden encontrar variaciones de más de 12 grados Celsius en pocas horas y hasta 50 puntos porcentuales en la humedad relativa. Las lluvias también oscilan en su distribución e intensidad en los diferentes departamentos. Todo esto incide sobre la oferta de forrajes en las praderas así como en el confort térmico del ganado. La asociación de pastos con árboles ha demostrado ser beneficiosa para la producción de ganado en condiciones climáticas variables, al proporcionar protección al clima extremo y un entorno más rico, mejorando el BA.

Existen indicadores de bienestar que se miden en el animal, tales como condición corporal, ganancia de peso, estado de salud, presencia o no de lesiones visibles (ej. rengueras, fiebre, respiración acelerada y otros), y también los indicadores metabólicos y hormonales (de evaluación sanguínea) que por ser invasivos no serán considerados en esta instancia (Huertas *et al.* 2009).

La observación científica del comportamiento del animal (etología) es una herramienta muy importante en la evaluación del bienestar (Ocampo *et al.* 2011) y representa una instrumento fundamental en el estudio del BA, así como en el desarrollo de métodos exitosos de manejo y diseño de condiciones ambientales adecuadas. Según Arave & Albright (1989) la etología aplicada a los animales de producción, debe cumplir con cinco objetivos: 1) Evaluar la respuesta comportamental al estrés resultante de los diferentes sistemas productivos. 2) Determinar el rango adaptativo dentro de las diferentes razas y cruzamientos de cada especie frente a las restricciones. 3) Determinar cuáles experiencias de aprendizaje pueden utilizarse para aumentar los márgenes de ganancia. 4) Acumular y poner a disposición de estudiantes, veterinarios, investigadores y operarios el repertorio de comportamiento normal y 5) Determinar los mecanismos psicológicos que regulan el comportamiento.

La evaluación del BA por medio de indicadores de comportamiento permite detectar compromisos en el bienestar en etapas tempranas, además de ser un indicador de muy bajo costo en su implementación y con la ventaja de utilizar métodos no invasivos. Una de las necesidades fundamentales para concretar un sistema de manejo exitoso y acorde con el BA, implica el profundo conocimiento de las pautas de comportamiento de los animales en su contexto natural.

## Materiales y métodos

Se trabajó en un establecimiento rural, localizado en las coordenadas 33° 45' S y 55° 05' O, ubicado en el departamento de Lavalleja, Uruguay. Allí se realiza cría y recría extensiva de ganado Hereford para producción de carne en campo natural. Así mismo dispone de montes de *Eucaliptus globulus globulus* (2 filas de 2x2x8), con fines de producción de pulpa de papel. Para el trabajo se partió de 40 novillos con 2 años de edad de idénticas características físicas, raza, edad y peso promedio de 314 Kg (SD=27,9), asignando aleatoriamente 20 a cada tratamiento: monte silvopastoril de eucalipto y campo natural. Los animales se identificaron mediante una caravana numerada en la oreja, además de la identificación del SIRA (Sistema Nacional de Información Ganadera de Uruguay) obligatoria a la totalidad del rodeo nacional. Periódicamente cada 45 días, los animales fueron pesados individualmente en una balanza marca Tru-test Modelo Ezi-

weigh5/MP600 colocada a la salida del tubo y se registró para cada animal: lesiones visibles, rengueras, corrimientos nasales u oculares y presencia de diarreas. Se realizaron observaciones de comportamiento *In-situ*, para poder determinar los comportamientos más frecuentes y así construir un etograma. Una vez obtenido el etograma, la evaluación de comportamiento se realizó mediante la metodología "Scan sampling" (Martin y Bateson, 1989) a intervalos de cinco minutos durante una hora. A las 11:00 y 14:00 durante 6 salidas de campo en los meses de noviembre a enero (2014/2015), se utilizaron binoculares marca Tasco 10x-30x50mm y el observador se ubicó a una distancia mayor a 400 metros de los grupos de animales, para no interferir con su comportamiento normal. Todos los datos se incorporaron a planillas de cálculo Excel, para luego ser procesados para su análisis exploratorio con el software estadístico *Stata 11*.

## Resultados y discusión

Los resultados aquí presentados son preliminares. En la comparación de pesos de los animales en ambos tratamientos no se encontraron diferencias significativas. En el gráfico 1, se observa el aumento de peso sostenido para ambos tratamientos. El estudio se efectuó en verano, particularmente en el mes de diciembre, donde la zona es caracterizada históricamente, del 1971 al 2014, (INIA Gras, 2015) por tener una temperatura media (en 24 horas) de 9,39°C (Desvío estándar = 10,82°C), 34,78% de humedad relativa (Desvío estándar = 10,82%) y una precipitación acumulada de 3,32 mm (Desvío estándar = 11,66mm). Cabe destacar, que durante los meses en que se realizaron las observaciones se registraron precipitaciones por encima de la dicha media, lo que permitió un mejor desempeño de las pasturas repercutiendo positivamente en la ganan-

cía de pesos de ambos grupos. En cuanto a los indicadores de Bienestar Animal evaluados, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P < 0,05$ ). Los muestreos comportamentales pilotos permitieron desarrollar un etograma en base a los comportamientos más frecuentes que incluyó los siguientes: echado, parado, pastando o interactuando con elementos ambientales u otros animales. Las observaciones de actividad grupal se procesaron calculando las frecuencias relativas de cada comportamiento ponderando la cantidad de individuos realizando un comportamiento dado por el total de individuos observados en cada escaneo (14 observaciones de la actividad grupal por hora de observación). No se encontraron diferencias significativas en el uso del tiempo.

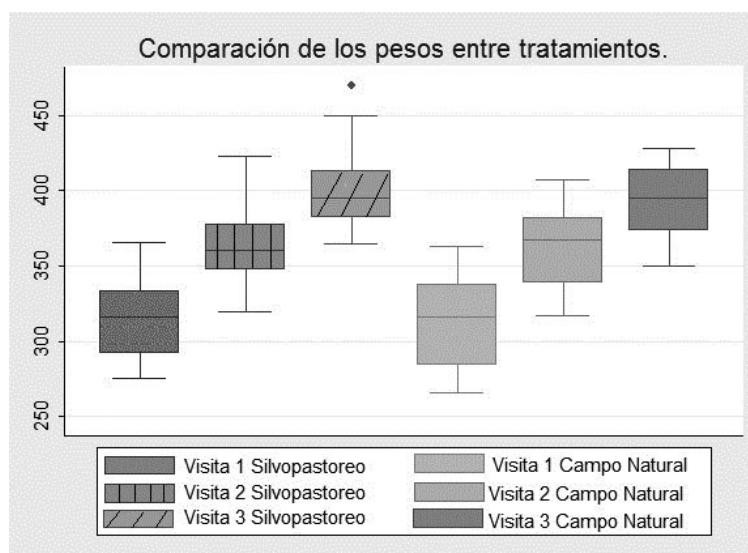


Gráfico 1. Comparación de pesos de ganado Hereford entre tratamiento

## Conclusión

Los resultados obtenidos hasta el momento no nos permiten determinar diferencias en el desempeño de los animales entre los tratamientos. Sin embargo, es de destacar que la investigación se encuentra en sus etapas iniciales y restan muchas observaciones que pueden alterar los resultados obtenidos hasta el momento, pudiendo aparecer diferencias entre tratamientos. La definición de los protocolos de BA a evaluar en condiciones extensivas y con animales que no permiten acercamiento

en campo; la puesta a prueba de las observaciones en el terreno, así como la interacción entre diferentes disciplinas, hace parte de los logros del equipo investigador hacia el futuro inmediato. Nota: Este trabajo se está llevando a cabo dentro del marco del Proyecto INIA FPTA 311 “Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas productivos silvo-pastoriles y sistemas forestales existentes en el país y su relación con la producción de bovinos de carne”.

## Bibliografía

- Arave, C.W.; Albright, J.L. 1981. Cattle behavior. *Journal of dairy science*. Vol.64. pp. 1318-1329.
- Broom, D.M., Galindo, F.M. and Murgueitio, E. 2013. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proceedings of the Royal Society. Biological Sciences*. 2013 280, 20132025, published 25 September 2013.
- Calle, Z., Murgueitio, E., Chará, J. 2012. Integrating forestry, sustainable cattle-ranching and landscape restoration. *Unasylva* 239, Vol. 63, 2012/1: 31-40. FAO, Rome, Italy.
- Da Silva, P. 2012. Integração Lavoura-Pecuária-floresta nas regiões subtropicais do Brasil. Em: Anais VII Congresso Latino-americano de Sistemas Agroflorestais para a Produção Pecuária Sustentável. Ed: Mauricio, R. M; Maneschky R, Ibrahim M é Murgueitio E. UFSJ, CBPS, UFPA, CATIE, CIPAV. Belém, Brasil, Novembro 8, 9 e 10 de 2012. Versão electronica
- Fassola H., Lacorte S., Pachas A., Goldfarb C., Esquivel J., Colcombet L., Crechi E., Keller A., Barth S. 2009. Los sistemas silvopastoriles en la región subtropical del NE argentino. *Actas del XIII Congreso Forestal Mundial*. Pp 1-6. Disponible en [http://inta.gob.ar/documentos/los-sistemas-silvopastoriles-en-la-region-subtropical-del-ne-argentino/at\\_multi\\_download/file/INTA-sistemas-silvo-NE-argentino.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/los-sistemas-silvopastoriles-en-la-region-subtropical-del-ne-argentino/at_multi_download/file/INTA-sistemas-silvo-NE-argentino.pdf) prensa. Acceso 6-8-2014
- Harvey C., Chacón M., Donatti C., Garen E., Hannah L., Andrade A., Bede L., Brown D., Calle A., Chará J., Clement C., Gray E., Hoang M., Minang P., Rodríguez A., Seeberg-Elverfeldt C., Semroc B., Shames S., Smukler S., Sommarriba E., Torquebiau E., van Etten J. and Wollenberg E. 2013. Climate-smart Landscapes: Opportunities and Challenges for Integrating Adaptation and Mitigation in Tropical Agriculture. *Conservation Letters*. 2013. doi: 10.1111/conl.12066.
- Huertas, S; M Paranhos da Costa, X Manteca, F Galindo & M Morales. An Overview of the Application of the Animal Welfare Assessment System in Latin America. In: An Overview of the Development of the Welfare Quality® Project Assessment Systems. *Welfare Quality Report No 12*. Ed by Linda Keeling. pp 70-89. 2009 ISBN 1-902647-82-3 ISSN 1749-5164
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria (INIA), Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana. [www.inia.org.uy/online/site/315838I1.php](http://www.inia.org.uy/online/site/315838I1.php) (accessed on Feb 2015)
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA Gras). 2015. Uruguay. Disponible en <http://www.inia.uy/investigaci%C3%B3n-e-innovaci%C3%B3n/unidades/GRAS/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
- Lacorte S., Esquivel J. 2009. Sistemas silvopastoriles en la Mesopotamia Argentina. *Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción*. 1º Congreso nacional de sistemas silvopastoriles. [Posadas, Misiones, Argentina, 14-16/Mayo/2009]. pp. 70-82.
- Martin, P.; Bateson P. 1993. *Measuring Behaviour: An Introductory Guide*. Pp 222
- MGAP/DGF/BID, 2008 Guía de modelos agroforestales para el Uruguay. Dirección General Forestal; BID, 2008 [http://www.inac.gub.uy/innovaportal/v/1033/1/innova.net/por\\_destino](http://www.inac.gub.uy/innovaportal/v/1033/1/innova.net/por_destino) (Último acceso feb 2015).
- Montagnini F., Ibrahim M., Murgueitio Restrepo E., BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES , 2013 , N°316 (2) 5 SILVOPASTORALISME
- Ocampo, A; Cardozo, A., Tarazona, A., Ceballos, M.C., y Murgueitio, E. La investigación participativa en Bienestar y Comportamiento animal en el trópico de América: oportunidades para nuevo conocimiento aplicado. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, vol.24 no.3 Medellín Jul./Sept. 2011
- Polla, C. Experiencias En Sistemas Productivos Agroforestales y Silvopastoriles En Uruguay. 2000 En Sitio Argentino De Producción Animal <http://www.produccion-animal.com.ar/> (Último acceso feb 2015).
- Sistema Nacional de Información Ganadera (SIRA) MGAP <https://www.snig.gub.uy/portal/hgxp001.aspx?2,1,4,O,S,0>, (Último acceso febrero 2015)



# **Pautas preliminares y teóricas para el aprovechamiento silvopastoril en bosques nativos de dos quebrachos de Salta.**

*Despósito<sup>1</sup>, C.D.; Ledesma<sup>2</sup>, T. INTA Pret Chaco Norte, <sup>1</sup>EEA Manfredi, <sup>2</sup>EECT Yuto.*

## **Resumen**

El termino sistema silvopastoril es una generalización y deben ser caracterizadas las practicas de manejo como así también el ámbito de aplicación. Con el objetivo describir parámetros para el aprovechamiento silvopastoril que pueda satisfacer la condición de manejo sostenible en sitios de bosque nativo del quebrachal de dos quebrachos de Salta, se presenta el resultado de una revisión bibliográfica y la consulta a especialistas. Se debe seguir profundizando por lo amplio y complejo de la temática pero lo presentado se puede considerar como una fase inicial de un trabajo más amplio.

**Palabras claves:** *NOA, ganadería, chaco, semiárido, seco*

## **Preliminary and theoretical guidelines for use silvopastoral in native forests two quebrachos Salta.**

## **Abstract**

The term silvopastoral system is a generalization and should be characterized management practices as well as the scope. In order to describe parameters for the silvopastoral use that can satisfy the condition of sustainable management of native forest sites quebrachal two quebrachos of Salta, the result of a literature review and consultation with specialists is presented. It must be further so broad and complex topic but presented can be considered as an initial phase of a larger work.

**Key words:** *NOA, livestock, chaco, semiarid, dry*

<sup>1</sup> Ruta Nac. 9, km 636 (5988), Manfredi. [desposito.cristian@inta.gob.ar](mailto:desposito.cristian@inta.gob.ar)

## Introducción

Según la región y los objetivos del sistemas silvopastoril (SSP) existen muchas variantes en argentina y el mundo (Carranza, 2009; Frey et al., 2009; Peri, 2009; Porfirio-da-Silva, 2009). Sin embargo en el chaco Salteño se ha generalizado una interpretación de SSP que no podría ser considerada como tal. En términos generales, consiste en intervenir el bosque, dejando árboles maduros e implando pasturas introducidas, manteniendo la condición lograda con prácticas (rolado, rastreado, fuego y/o hélice) que tienen el objetivo de “eliminar” el estrato arbustivo. La intensidad y frecuencia de estas prácticas comprometen la continuidad del estrato arbóreo, argumento suficiente para no considerarlos SSP, esto es similar a lo descripto por otros autores (Brassio et al. 2008; Carranza, 2009;) para la región chaqueña en general. La no definición y descripción acabada del SSP propuesto en bosque nativo a llevado a que organizaciones sociales y científicos a nivel nacional se planteen dudas sobre la sustentabilidad de los SSP en bosque nativo y manifiesten su reparo a la aprobación de planes de manejo en la modalidad SSP en zonas que el ordenamiento territorial define como sectores de mediano valor de conservación “II-amarillo” (FARN, 2012; FVSA, 2012; SS-PyLB, 2012). SSP es una generalización y por sí solo no nos brinda información suficiente para analizar el sistema. Por lo tanto se hace necesario describir el SSP y definir el ámbito de aplicación.

El chaco semiárido salteño presenta variaciones espaciales, de suelo, topográficas y en las variables climáticas (Morello y Saravia Toledo, 1959a; Adamoli et al., 1972; Newman, 1999; Vargas Gil, 1999) que determinan distintos sitios ecológicos. Cada sitio presenta una comunidad vegetal de referencia u original y poseen un potencial productivo definido. Esto imposibilita la generalización en la región y obliga a acotar a un “sitio eco-

lógico” y su vegetación de referencia las recomendaciones de manejo y en este caso un determinado SSP. El sitio ecológico “alto” de la llanura aluvional se ubica en posición topográfica de cumbre, alta y media pendiente del gradiente aluvional, no está sujeto a la influencia morfogenética fluvial, la napa se ubica profunda en comparación a otros sitios y el aprovisionamiento hídrico depende exclusivamente de las precipitaciones. En este sitio se encuentran los suelos más evolucionados a nivel regional y representa la mayor parte de las áreas interfluviales. La comunidad vegetal de referencia es denominada “quebrachal de los quebrachos” o “quebrachal de dos quebrachos” y está conformada por la asociación de quebracho colorado (*Schinopsis lorentzii* (Griseb.) Engl.) y quebracho blanco (*Apidosperma quebracho blanco* Schlecht) como dominantes constituyendo el grueso de la biomasa de los estratos arbóreos superiores. En el estrato de subdominantes se presentan mistol (*Zizyphus mistol*), guayacán (*Caesalpinia paraguayensis*), algarrobo blanco (*Prosopis alba*), algarrobo negro (*Prosopis nigra*) y yuchán (*Chorisia insignis*) entre las especies principales. (Adamoli et al., 1972).

Con el objetivo de presentar una descripción y parámetros para el aprovechamiento silvopastoril en quebrachales de dos quebrachos (QdQ) de Salta que pueda satisfacer la condición de manejo sostenible caracterizado como “la organización, administración y uso de los bosques nativos de forma e intensidad que permita mantener su biodiversidad, productividad, vitalidad, potencialidad y capacidad de regeneración, para atender, ahora y en el futuro, las funciones ecológicas, económicas y sociales relevantes en el ámbito local y nacional, sin producir daños a otros ecosistemas, manteniendo los Servicios Ambientales que prestan a la sociedad” (Ley 26.331 art. 4, 2007).

## Síntesis de la propuesta

A partir de bibliografía y la experiencia local y regional de distintos grupos de trabajo se describe y fundamenta los parámetros para el SSP en bosque QdQ.

Los componentes del bosque QdQ conforman múltiples estratos de vegetación (Morello y Saravia Toledo, 1959a; Adamoli et al., 1972; Neumann, 1999), esta complejidad vertical y la cobertura de copas son atributos estructurales de estos bosques que explican la variación en la riqueza de especies de aves especialistas de bosque, estos atributos operan a escala de parcela o lote (Mastrangelo y Gabin, 2014). Las aves pueden considerarse como indicador de la calidad de los ecosistemas y son un

Tabla 1: Resumen general.

Prácticas	Resultado esperado	Estrato objetivo	Frecuencia	Intensidad (dosis)
Corta forestal	Mejora la masa forestal, tras cumplirse el ciclo se recupera o aumento el área basal removida	Arbóreo	20 años	No más del 30% del área basal
Desarbastado mecánico de baja intensidad	Aumenta la accesibilidad y mejora la circulación dentro del bosque, la biodiversidad de especies arbustivas no disminuye, el daño sobre los árboles de clases diamétricas inferiores no es significativo	Arbustivo	Máxima 5 años	Baja intensidad (se rola el 70 % de la superficie)
Pastoreo	Se mantiene o aumenta la cobertura basal del suelo, el daño sobre la regeneración arbórea no es significativo	Herbáceo	0 a 4 o más por año	Disponibilidad de salida mayor a 800kg/ha de calidad

paraguas para el resto de la biodiversidad, ya que son actores claves en el funcionamiento de los ecosistemas forestales, al contribuir con la oferta de múltiples servicios, tales como la dispersión de semillas, el control biológico, la polinización y la regeneración de las especies de plantas nativas (Whelan et al., 2008). El manejo propuesto para el aprovechamiento silvopastoril tiene como base tres principales prácticas, cada una con su resultado esperado, frecuencia e intensidad establecida y enfocada en un estrado de vegetación, pero integrada a los demás. La frecuencia de la corta forestal define un ciclo general dentro del cual establecen las otras prácticas.

Con la corta se propone implementar un sistema de cortas por entresaca regularizada con una frecuencia de 20 años usando como criterio principal el área basal, considerando el sistema de árbol futuro como criterio de corta y manteniendo distribución de clases diamétricas típica de J invertida. Área basal mínima u objetivo tras intervención de 5 a 6 m<sup>2</sup>/ha conformada por el (50)74-85% de quebrachos (54-60 quebracho colorado 20-27% quebracho blanco) y 12-26% otras especies (Grulke, 1994; Roldan y Cassino, 2003; Navall et al, 2013). La intensidad de la intervención no debería reducir más del 30% del área basal ni dejar menos de 5 m<sup>2</sup>/ha. Un índice de Liocur "q" (razón entre la densidad de una clase diamétrica y la superior) de 1,40 a 1,5, un diámetro mínimo inventariable de 0,10 m, una amplitud de clase de 0,05 m y una marca de clase máxima de 47,5 son convenientes (Roldan y Cassino, 2003; Navall et al, 2013). Se seleccionan para corta a árboles que estén compitiendo con "árboles de futuro", definiendo como tales a individuos que por sus características son deseables dentro de la masa remanente, según lo indicado en la tabla 2 (Brassio et al, 2007; Navall et al, 2013). Se debe dar preferencia a la corta a árboles que no cumplan con estas características y que a su vez estén compitiendo con otros que sí las cumplen (Navall et al, 2013), adicionalmente se considera un criterio fauna dejando un remanente que cumplan la función de sitios de nidificación. La densidad de nidos de abejas nativas hallada por Crespin (2009) fue aproximadamente 0,55 nidos/ha en árboles de DAP superior a 0,80 m por lo que sería conveniente en caso de hallarse, dejar 0,55 árboles/ha de esta características. Sin embargo, Spagarino et al (2007), sugieren un DAP de 0,475 m como promedio para árboles con nido, por lo que es necesario profundizar y considerar la especie de melipona como así también abordar otros polinizadores ya que quizás muchas especies de polinizadores especialistas ya hayan desaparecido de la región (Galetto, 2007)(estas consideraciones

son generales para el chaco semiárido y no específicas del QdQ). Para la nidificación de loro hablador (*Amazona aestiva*) son necesario huecos en árboles vivos mayores a 0,30 m de DAP con preferencia en 0,50 m o mas de DAP (Guerrero Ayuso y Arambiza Segundo, 2004; Quiroga y Schneider, 2006; Berkunsky, et al, 2012). Los huecos son usados también por carpinteros, halcones y murciélagos (Guerrero Ayuso y Arambiza Segundo, 2004). La distribución de clases diamétricas estaría proveyendo la cantidad de árboles suficientes para nidificación en lo relativo al DAP.

La cobertura aérea de copas no debería ser inferior a 30% ya que por encima de este valor se provee habitat al 60-70 % de las aves que se encuentran en parches de bosque (Mastrangelo y Gabin, 2014), adicionalmente es el valor a partir del cual las pasturas logran respuestas incrementales (Cobertura aérea 30-40 % de proyección de copas (Berti, 1999)).

Los tratamientos sobre el estrato arbustivo tradicionalmente tuvieron el objetivo de eliminarlo (Vorano, 1999; Monico, 2009; Despósito, 2011), sin embargo los arbustos son un componente natural del QdQ y mas allá, que la composición de especies actual pueda no ser la original (Morello y Saravia Toledo, 1959ab) brindan distintos servicios como, protección para la regeneración arbórea, contribuyen a la heterogeneidad vertical brindando hábitat y alimento entre otros (Morello y Saravia Toledo, 1959b; Barchuk y Díaz, 1999; Brassio et al, 2008; Mastrangelo y Gabin, 2014). Para mejorar la accesibilidad al forraje y la circulación en el bosque si bien los tratamientos como el deschampado (Camardelli et al, 2013) o el desarbustado manual (Brassio et al, 2008) se presentarían como ideales, la disponibilidad de mano de obra y el costo muchas veces los tornan prohibitivos. En este sentido se presenta promisorio el rolado selectivo de baja intensidad-RBI (Kunst, et al 2008a), ya que según las experiencias en la provincia de Santiago del Estero solo afecta la distribución de las abundancias en el estrato arbustivo (Rueda y Gomez, 2012) y difícilmente mata arbustivas maduras (Kunst, et al 2008a). Por lo que esta práctica no comprometería la continuidad del estrato arbustivo a largo plazo, sin embargo es necesario considerar otras alternativas de manejo para que la frecuencia de retratamiento de RBI sea mínima. Una de las alternativas sería considerar el pastoreo con caprinos para el manejo de arbustivas (Renolfi, 2006; Luginbuhl et al 2007). Lo ideal en un RBI es mantener sin dañar todos los árboles con DAP mayor a 15 cm y conservar una cantidad importante de la regeneración de especies forestales. Para esto el ancho

Tabla 2: Criterios para considerar a un individuo como "árbol de futuro" adaptado de (Brassio et al., 2007; Navall, et al 2013).

Especie	Forma	Sanidad	Posición sociológica	Fauna
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	Recto	Sano	Dominante o codominante	Presencia de huecos de aves
<i>Schinopsis lorentzii</i>	Recto	Sano	Dominante o codominante	Presencia de panales de abejas
<i>Ziziphus mistol</i>			Dominante o codominante	Presencia de panales de abejas
<i>Prosopis nigra</i>			Dominante o codominante	Presencia de panales de abejas
<i>Caesalpinia paraguariensis</i>			Dominante o codominante	Presencia de panales de abejas

del rolo no debería superar los 3 m para mantener el máximo de maniobrabilidad posible. Se espera dejar un 20 a 30 % del área sin rolar (intensidad) aunque, Roldan y Casino (2003) sugieren que 2/3 del área quede sin rolar. En definitiva el área a rolar deberá definirse según se garantice la suficiente regeneración sin daño y el área basal arbórea dañada sea baja (menor al 5 %). En el manejo del estrato herbáceo se pone foco principalmente en las gramíneas forrajeras, si bien en el sistema conviven otras familias, estas últimas juegan un rol como forrajeras de emergencia o equilibrando la dieta, siendo escasa su participación en el volumen total de forraje en situaciones normales. Hay que tener especial cuidado en el pastoreo durante los primeros 5 años del ciclo de 20 (lote de reclutamiento) ya que, durante este periodo se deberían reclutar 45 plantas/ha de Quebracho colorado (QC) que es altamente ramoneado (Roldan y Cassino, 2003). Se recomienda realizar pastoreos con alta carga y poco tiempo

de ocupación cuando se realiza durante el periodo de crecimiento (Roldan y Cassino, 2003; Carranza, 2009; Berti, 2006). La disponibilidad de entrada debería ser 3000 kgMS/ha o menos (buscando alta palatabilidad, pasturas hojosas) y la de salida 800-1500 kgMS/ha (que el remanente no sea de baja calidad motivando el ramoneo). Berti (2006) empleó 45 – 47 EV/ha<sup>-1</sup> aumentando el número de renuevos de QC en comparación al bosque nativo. Otra estrategia para el lote de reclutamiento es realizar un pastoreo con el forraje diferido, sin embargo el periodo en que el QC se encuentra sin hojas es corto y variable entre años (Flores et al, 2013). Cada uno de los puntos aquí tratados puede ser ampliado, por lo complejo y amplio de la temática, el presente es solo la fase inicial de un trabajo mayor que adicionalmente de ampliar los puntos tratados, debe abordar el manejo de corredores, el tamaño de lotes, disposición de aguadas, manejo de rodeo, el monitoreo del sistema entre otros temas.

## Agradecimientos

A Cristina Samaniego por facilitar el acceso a bibliografía. Al Pret Chaco Norte (SALJU 1232307) y a los Proyectos Nacionales de INTA vinculados al bosque nativo (PNFOR 1104081/83) y uso ganadero de la vegetación natural (PNPA 1126074) por su apoyo.

## Bibliografía

- Adamoli, J., Newman, R., Ratier de Colina, A. D., Morello, J., 1972. El Chaco aluvional salteño (Convenio INTA-Provincia de Salta). Revista de Investigaciones Agropecuarias, INTA, Serie 3, IX(5) pp237.
- Barchuk, A., Díaz, M. P., 1999. Regeneration and structure of *Aspidosperma quebracho-blanco* Schl. in the Arid Chaco (Córdoba, Argentina). Forest Ecology and Management 118 : 31–36.
- Berkunsky, I., Ruggera, R., Aramburú, R., Rebores, J.C., 2012. Principales amenazas para la conservación del loro hablador (*Amazona aestiva*) en la región del impenetrable, Argentina. Hornero 27(1):39–49.
- Berti, R. N., 2006. Efecto del desmonte selectivo sobre la dinámica de vegetación y persistencia del estrato arbóreo en ambientes de bosque chaqueño semiárido bajo pastoreo. IV Congreso latinoamericano de agroforestería para la producción pecuaria sostenible. 24-28 de octubre, Varadero, Cuba.
- Berti, R. N., 2003. Evolución de coberturas herbáceas en desmontes selectivos sujetos a rolados y siembra de pasturas. Actas Segundo Congreso Nacional de Pastizales Naturales, San Cristóbal, Santa Fe, pp. 85-86.
- Berti, R. N., 1999. Sustentabilidad de los sistemas ganaderos. En: Habilitación de tierras para ganadería, Segunda Jornada ganadera del NOA, Proyecto Macrorregional “Intensificación de la producción de carne bovina en el NOA”, pp. 29-45.
- Brassiolo, M., Lorea, L., Gonzalez, D. P., Zárate, M. H., 2008. Reacción del estrato arbustivo a diferentes intervenciones y presencia de ganado vacuno, en el Chaco Semiárido. Quebracho, 16, 51-61.
- Brassiolo, M. M. y Pokorny, B. (2000) Crecimiento de plantas jóvenes de quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis quebracho-colorado*). Quebracho, N° 8, 64-68.
- Brassiolo M., Araujo, P., Díaz Lannes, F., Bonelli, L., 2007. “Manejo Forestal” Guía de prácticas sustentables para las áreas forestales de la provincia de Santiago del Estero. Anexo II. Ministerio de Producción, Recursos Naturales, Forestación y Tierras. Comisión de Recursos Naturales y Tierras del Consejo Consultivo. Provincia de Santiago del Estero.
- Camardelli, M. C., Caruso, H., Pérez, D., Córdoba, G., 2013. El componente forestal de los SSP en puestos criollos del chaco salteño: su aprovechamiento para mejorar los ingresos prediales. VI Jornadas de la asociación argentino uruguaya de economía ecológica. 26 al 29 de noviembre, Salta.
- Carranza, C. A., 2009, Sistemas silvopastoriles en bosque nativo del Chaco Argentino, Actas 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina.
- Cid Lendínez, D., Iturre, M. C., Araujo, P. A., Gonzales Garcia, C., 2013. Crecimiento del área basal en parcelas permanentes de inventario forestal continuo, Quebracho Vol.21(1,2):115-120.
- Crespin, J. M., 2009. Las abejas sin aguijón, un recurso productivo y una alternativa de desarrollo, Tesina, Facultad de Ciencias Naturales, UNSA, pp. 55.
- Despósito, C.D., Ledesma, F.M. y Bentivegna, M. 2011. Impacto de distintos tratamientos de desarbustado sobre la disponibilidad de forraje. 34º Congreso Argentino de Producción Animal - I Joint Meeting AAPA-ASAS. 4 al 7 de octubre, Mar del Plata (Buenos Aires, Argentina)
- FARN, 2012, Aportes al documento “Los sistemas silvopastoriles y la Ley de Bosques”, Fundación Ambiente y Recursos Naturales <[http://winguweb.org/dev/farn/wp-content/uploads/2012/05/farn\\_silvopastoril\\_may2012.pdf](http://winguweb.org/dev/farn/wp-content/uploads/2012/05/farn_silvopastoril_may2012.pdf)> consulta: 10/02/2015.

- Flores, C. B., Zapater, M. A., Sührling, S., 2013. Identidad taxonómica de *Schinopsis lorentzii* y *Schinopsis marginata* (Anacardiaceae). DARWINIANA, nueva serie 1(1): 25-38.
- Frey, G. E., Pachas, A. N., Noellemeyer, E., Balmelli, G., Fassola, H. E., Colcombet, L., Stevenson, H. D., Hamilton, J., Hubbard, W., Cubbage, F. W., 2009. Resumen y comparación de los sistemas silvopastoriles en seis regiones del mundo, Actas 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina.
- FVSA, 2012, Documento de posición implementación de sistemas silvopastoriles en el Chaco seco, Protección de los Bosques Nativos ante el avance de la ganadería intensiva, a la luz de la Ley N°26.331, Fundación Vida Silvestre Argentina < [http://awsassets.wwf.panda.org/downloads/120718\\_vs\\_posicion\\_sistemas\\_silvopastoriles\\_vph.pdf](http://awsassets.wwf.panda.org/downloads/120718_vs_posicion_sistemas_silvopastoriles_vph.pdf)> consulta: 10/02/2015
- Galetto, L., Aguilar, R., Musicante, M., Astegiano, J., Ferreras, A., Jausoro, M., Torres, C., Ashworth, L., Eynard, C., 2007. Fragmentación de hábitat, riqueza de polinizadores, polinización y reproducción de plantas nativas en el bosque chaqueño de Córdoba, Argentina. *Ecología Austral* 17:67-80.
- Guerrero Ayuso, J., Arambiza Segundo, A., 2004. Nidificación de *Amazona aestiva* y *Aratinga acuticaudata* en la tierra comunitaria de origen del Isoso, Santa Cruz, Bolivia. *Rev. Bol. Ecol.* 16: 11 – 28.
- Grulke, M., Brassiolo, M., Díaz Lanes, F., Obst, K., Ortiz, G., Soto, G., Michela, J., 2007. “Manual para el manejo forestal sustentable de los bosques nativos de la Provincia del Chaco”. Ministerio de la Producción del Gobierno de la Provincia del Chaco. (Citado por Navall, 2008)
- Grulke, M., 1994. Propuesta de manejo silvopastoril en el chaco salteño. *Quebracho*, N° 2: 5 – 13.
- Kunst, C., Ledesma, R., Navall, M., 2008a. RBI, Rolado selectivo de Baja Intensidad. INTA. < <http://inta.gob.ar/documentos/rbi-rolado-selectivo-de-baja-intensidad/>> consulta: 15/11/2014
- Kunst, C., Ledesma R., Albanesi, A., Anriquez, A., Cornacchione, M., Gomez, A., Navall, M., 2008b. Implementación de Rolados, criterios para aplicar RBI. (rolado selectivo de baja intensidad). En: Kunst, C., Ledesma, R., Navall, M. RBI, Rolado selectivo de Baja Intensidad. INTA.
- Ley 26.331, 2007, < <http://www.boletinoficial.gov.ar/Inicio/index.castle?s=1&fea=26/12/2007>> consulta: 12/03/2015
- Luginbuhl, J.M.; Pietrosemoli Castagni, S. 2007. Utilización de caprinos para el control de vegetación indeseable. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 15(1):294-309.
- Mastrangelo, M. E., Gabin, M. C., 2014. Impacts of agricultural intensification on avian richness at multiple scales in Dry Chaco forests. *Biological Conservation*, 179:63–71.
- Mónico, F.H., 2009. Ganadería de monte en el Chaco semiárido. (Salta Forestal, Dpto. Anta). *Panorama Agropecuario*. 10(54):2-6.
- Morello, J.H., Saravia Toledo, C., 1969a. El bosque chaqueño. I Paisaje primitivo, paisaje natural y paisaje cultural en el oriente de Salta. *Revista Agronómica del norte argentino*. Vol.III, N° 1-2:5-81
- Morello, J.H., Saravia Toledo, C., 1969b. El bosque chaqueño. II La ganadería y el bosque en el oriente de Salta. *Revista Agronómica del norte argentino*. Vol.III, N° 1-2:209-258.
- Navall, M., 2008. Implementación de Rolados, rolados y manejo forestal. En: Kunst, C., Ledesma, R., Navall, M. RBI, Rolado selectivo de Baja Intensidad. INTA.
- Navall, M., Cassino, W., Carignano, L., D'Angelo, P., 2013. Un nuevo método de marcación y control de cortas en bosques irregulares. IUFROLAT - 3er Congreso Forestal Latinoamericano”. San José de Costa Rica, junio de 2013. < [http://inta.gob.ar/documentos/un-nuevo-metodo-para-marcacion-de-cortas-en-bosques-irregulares/at\\_multi\\_download/file/MNavall%202013%20IUFROLAT.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/un-nuevo-metodo-para-marcacion-de-cortas-en-bosques-irregulares/at_multi_download/file/MNavall%202013%20IUFROLAT.pdf)> consulta: 10/12/2014
- Newmann, R. A., 1999. Ecología y manejo del chaco semiárido. En: *Habilitación de tierras para ganadería, Segunda Jornada ganadera del NOA, Proyecto Macroregional “Intensificación de la producción de carne bovina en el NOA”*, pp. 17-27.
- Peri, P.L., 2009, *Sistemas silvopastoriles en Patagonia: revisión del conocimiento actual*, Actas 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina.
- Porfirio-da-Silva, V., 2009. Los Sistemas silvopastoriles en las regiones subtropicales del Brasil: Las actividades de la EMBRAPA, Actas 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina.
- Quiroga, V. A., Schneider, C. F., 2006. Caracterización de nidos de Loro Hablador (*Amazona aestiva*, Psittacidae) en dos sitios del Imperpetrable del Chaco Semiárido argentino. *Reunión Argentina de Ecología XXII*, Córdoba.
- Vargas Gil, J. R., 1999, Caracterización de suelos de las zonas productoras del noa. En: *Habilitación de tierras para ganadería. Segunda Jornada ganadera del NOA. Proyecto Macroregional “Intensificación de la producción de carne bovina en el NOA”*, pp. 7-15.
- Renolfi, R. 2006. Control de Arbustos mediante Pastoreo con Caprinos en un Arbustal – Bosque Abierto de la Región Chaqueña Semiárida. pp. 115-126 en: Kunst, C. (eds). *Memoria Técnica de la Memoria Técnica de la Primera Jornada de Actualización Técnica sobre Primera Jornada de Actualización Técnica sobre Manejo y Manejo y Control del Renoval*.
- Roldan, S., Cassino, W., 2003. Capítulo III. Los modelos y los planes. En: Simon, M. P., Roldán, S., Cassino, W. *Áreas bajo manejo en el chaco argentino: de las parcelas experimentales a los planes prediales*. Fundapaz. Buenos Aires.
- Rueda, M. P., Gómez, A. T. 2012. Diversidad de especies arbustivas de sistemas silvopastoriles en el chaco semiárido. 2° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. 9 al 11 de mayo Santiago del Estero.
- Spagarino, C., Chianetta, P., Basilio, A., Lazzari, G., Achaval, B., 2007. Hábitos de nidificación de melipónidos comunes en bosques del Chaco Semiárido: implicancias en el manejo forestal. III Jornadas Forestales de Santiago del Estero. (citado por Crespin, 2009)
- SSPyLB, 2012, Los sistemas silvopastoriles y la Ley de Bosques < <http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2012/bosques/doc-conj-silvopastoril-final3.pdf>> consulta: 10/02/2015
- Vorano, A. E., 1999. Desarrollo de técnicas de desmonte selectivo e implantación de pasturas. En: *Habilitación de tierras para ganadería, Segunda Jornada ganadera del NOA, Proyecto Macroregional “Intensificación de la producción de carne bovina en el NOA”*, pp. 52-66.
- Whelan, C.J., Wenny, D.G., Marquis, R.J., 2008. Ecosystem services provided by birds. *Ann. NY Acad. Sci.* 1134: 25–60. (citado por Mastrangelo y Gabin, 2014)

# Fenología y preferencias alimentarias por cabras trashumantes en seis agostaderos montañosos del suroeste de México

F. J. Franco Guerra<sup>1</sup>; A. G. Gómez Castro<sup>2</sup>; M. Sánchez Rodríguez<sup>2</sup>; J.C. Camacho Ronquillo<sup>1</sup>; O.A. Villarreal Espino Barros<sup>1</sup>; O., Marcito Arrieta<sup>1</sup>; I. Felipe Trinidad<sup>1</sup>.

## Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar el comportamiento alimentario de rebaños caprinos en condiciones de pastoreo trashumante en la región Mixteca Baja y de la Costa oaxaqueña, que a la fecha no ha sido relacionada con el estado fenológico. Se escogieron al azar seis animales de diferente edad y sexo de un rebaño constituido por 963 caprinos y se llevó a cabo el conteo de bocados mediante la observación directa del pastoreo en cada uno de los seis agostaderos estudiados. Para determinar el nivel de selectividad, se empleó el test de comparación de medias (HSD) de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ . En los seis agostaderos: Cuesta de Gallo, El Capulín, Loma de Cal, El Pinar, Cascabel y Cerro Gordo y Agua de la Virgen, se determinó que 18 especies leñosas (45%) fueron las de mayor preferencia sobre un total de 10 especies arbóreas, 30 arbustivas, el estrato herbáceo, dos epifitas, dos cactáceas, dos agaváceas y una palmácea. Las hojas de leñosas que fueron las más apetecidas se encontraban en época de floración y/o de fructificación, y para el estrato herbáceo durante su rebrote, lo que se debe en gran medida al estado fenológico. De las 18 leñosas que se encontraban en etapa de florecencia y/o fructificación fueron *Acacia cochliacantha*, *Acacia farnesiana*, *Acacia pennatula*, *Leucaena esculenta*, *Amelanchier denticulata*, *Eysenhardtia polystachya*, *Rhus standleyi* y *Agonandra konzatti*, representando el 44.4% del total de especies de mayor preferencia, mientras que especies como *Quercus liebmanni*, *Cercocarpus macrophyllus*, *Mimosa lacerata*, *Bacharis conferta*, *Bursera copallifera*, *Pithecellobium spp.*, *Saurauia aspera*, *Solanum lanceolatum*, y las especies no identificadas taxonómicamente Hierba Lisa y Flor amarilla, no lo estuvieron. Las especies cuyos frutos (vainas) tuvieron una buena preferencia fueron las cuatro primeras especies señaladas en el párrafo anterior.

**Palabras clave:** Selectividad, comportamiento alimentario, árboles, arbustos, herbáceas.

## Phenology and feed preferences by transhumant goats in six mountainous rangelands of Southwest Mexico

### Abstract

The objective of the present study was to determine the feeding behavior of herd's goats under conditions of grazing transhumance in the Mixteca Baja region and the Coast of Oaxaca, which to date has not been associated with the phenological state. Six animals of different age and sex of a herd consisting of 963 goats were chosen randomly and the count of bites by the direct observation of grazing was carried out in each of the six studied rangeland. The means comparison test was used to determine the level of selectivity, (HSD) Tukey with a significance level of  $\alpha = 0.05$ . In the six rangelands: Cuesta de Gallo, El Capulín, Loma de Cal, El Pinar, Cascabel and Cerro Gordo and water of the Virgin, was determined that 18 woody species (45%) were most preferably on a total of 10 tree species, shrubs 30, the herbaceous stratum, two epiphytic, two cacti, two Agavaceae and one Palm. Woody leaves that were the most chosen were during flowering or fruiting, and the herbaceous stratum during its re-growth, which is largely due to the phenological state. The Woody 18 who were in stage of flowering or fruiting were *Acacia cochliacantha*, *Acacia farnesiana*, *Acacia pennatula*, *Leucaena esculenta*, *Amelanchier denticulata*, *Eysenhardtia polystachya*, *Rhus standleyi* and *Agonandra konzatti*, representing the 44.4% of the total number of species of greater choice, while species such as *Quercus liebmanni*, *Cercocarpus macrophyllus*, *Mimosa lacerata*, *Bacharis conferta*, *Bursera copallifera*, *Pithecellobium spp.*, *Saurauia aspera*, *Solanum lanceolatum*, and the species not identified taxonomically Hierba Lisa and Flor Amarilla, it were not.

**Key words:** Selectivity, feeding behaviour, trees, shrubs, herbaceous.

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Km 7.5 Carretera Cañada Morelos-El Salado Tecamachalco, Puebla C.P. 75482. México. E-mail: francofi@prodigy.net.mx <sup>2</sup> Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba. Campus Universitario de Rabanales. 14014 Córdoba, España

## Introducción

Los sistemas ganaderos que se desarrollan bajo condiciones de pastoreo extensivo y trashumante sin un conocimiento científico-técnico en el uso de los recursos naturales con potencial forrajero de los distintos tipos de comunidad vegetal donde apacientan los ganados se tornan en escenarios comunes inciertos y críticos que México comparte con otros países de Latinoamérica como son la selva baja caducifolia y subcaducifolia que están en mayor peligro de extinción dentro de los ecosistemas tropicales del mundo (Janzen, 1988), seguidos por los bosques de pino-encino, bosques de encino, selva perennifolia, selva mediana subperennifolia y otras comunidades vegetales de zonas áridas y semiáridas como el Chaparral, el matorral xerófilo y otros, de los cuales aún se conoce poco sobre la función de las especies de plantas (Franco *et al.*, 2014a). De lo anterior, la necesidad imperativa de evaluar el potencial forrajero de los bosques tropicales caducifolios, llamados también selva baja (Miranda y Hernández, 1963; Rzedowski, 1978) y semicaducifolios entre otros, para la elaboración de estrategias productivas sustentables (Franco *et al.*, 2014b). La ganadería caprina extensiva es una actividad importante en el estado de Oaxaca, y sobre todo en la región Mixteca, donde el pastoreo es aún

de tipo trashumante, ya que se desarrolla en áreas con características ecológicas desfavorables para otras actividades agropecuarias (Franco *et al.*, 2003). La provincia de Oaxaca ocupa el cuarto lugar después de las provincias de Coahuila, Zacatecas y Puebla en producción de carne en canal caprina, con una producción en el año 2014 de 3,900 toneladas, que representaron el 9,6% del total nacional (SIAP-SAGARPA, 2014). Por ello, es importante conocer la utilización de los recursos naturales con potencial forrajero mediante el estudio de los hábitos de pastoreo-ramoneo del ganado caprino en los diferentes hábitats de la región. El objetivo es, por una parte, mejorar el aprovechamiento sostenible de los recursos forrajeros sobre todo, el de árboles y arbustivos los cuales desempeñan un papel estratégico en el suministro de nutrientes en sistemas de pastoreo extensivo y trashumante particularmente durante la sequía, ya que muchas de estas leñosas son leguminosas y por consiguiente funcionan como bancos de proteína (Paterson *et al.*, 1998; Salem *et al.*, 2006), y por otra, garantizar una mejor producción de carne y que por sus características de manejo, alimentación y cría cumple las normas exigidas para ser un producto de tipo ecológico u orgánico (Franco-Guerra *et al.*, 2014).

## Material y Métodos

Las cinco primeras áreas de estudio se sitúan en la región de la **Mixteca Oaxaqueña** en la porción noroccidental del **Nudo Mixteco**, en la subregión denominada **Mixteca Baja** y la sexta en la subregión conocida como **Mixteca de la Costa**. El tipo de comunidades vegetales comprende tanto especies *holárticas* como *neotropicales* que conforman los bosques de Pino-Encino y Encino-Pino, Bosque Mesófilo de Montaña, Matorral sucesional, Selva Mediana Subperennifolia, Matorral Xerófilo y el estrato herbáceo (Rzedowski, 1978). Se escogieron al azar seis animales de diferente edad y sexo de un rebaño constituido por 963 caprinos (Franco, 1999). Se utilizó el método de la observación directa del pastoreo mediante el conteo y sumas del conjunto de bocados dados a cada especie arbórea, arbustiva y a sus frutos (vainas), epifitas, cactáceas, y en su conjunto al estrato herbáceo en una jornada completa de pastoreo por mes y agostadero en cada uno de los seis animales (Sánchez-Rodríguez *et al.*, 1993). Se realizó el análisis de varianza previa comprobación de normalidad mediante el test de Kolmogorov-Smirnov y la homocedasticidad de varianzas por el test de Bartlett. Para evaluar el efecto de los factores agostadero y especie (considerados al azar) y sus respectivos niveles sobre la variable dependiente (n° de bocados) se empleó el modelo lineal general (GLM) del paquete SAS v. 6.04 (1987) aplicando el siguiente modelo lineal:  $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha_{ij} + e_{ijk}$  en donde:  $Y_{ijk}$  = n° de bocados dados por la cabra  $k$  en la especie  $i$  en el agostadero  $j$ ,  $\mu$  = media general,  $\alpha_i$  = efecto debido a la especie vegetal,  $\beta_j$  = efecto debido al agostadero,  $\alpha_{ij}$  = efecto debido a la interacción especie-agostadero y  $e_{ijk}$  = error. Para determinar el nivel de selectividad, se empleó el test de comparación de medias (HSD) de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  procesándose los datos mediante el software Statistica v 5 (1996). Para conocer la magnitud de participación de las variables independientes (agostadero, especie e interacción de ambas) sobre la variabilidad en la selectividad, se calcularon los componentes de la varianza mediante el procedimiento RML del paquete SAS v 6.04, en los seis agostaderos estudiados.

## Resultados y Discusión

En el agostadero Cuesta de Gallo (zona 1), los estratos vegetales presentan diferente cobertura y distribución según la altitud, relieve y periodo estacional, así como también, una gran diversidad de especies que se hallan en diferentes fases del proceso fenológico. Como consecuencia, el grado de utilización es distinto, observándose que de un total de 12 especies

arbóreo-arbustivas (*Ceanothus coeruleus*, los *Quercus liebmannii* y *magnoliifolia*, *Acacia pennatula*, *Amelanchier denticulata* y *nervosa*, *Arbutus xalapensis*, *Arctostaphylos bicolor*, *Cercocarpus macrophyllus*, *Dalea bicolor*, *Eysenhardtia polystachya* y *Rhus mollis*) y una bromeliácea (*Tillandsia prodigiosa*) consumidas, sólo cinco especies leñosas fueron

## Area 1: Producción agropecuaria y forestal en los sistemas silvopastoriles y agroforestales

Tabla 1. Número medio de bocados por día en las especies de mayor selectividad y su estado fenológico consumidas por las cabras en tres agostaderos montañosos de la región Mixteca Baja Oaxaqueña, México

Agostaderos	Cuesta de Gallo (Zona 1)			El Capulín (Zona 2)			Loma de Cal (Zona 3)		
Periodo estacional	Verano			Verano			Otoño		
Especies arbóreo-arbustivas	No. de bocados (media)	± D.S.	Estado fenológico	No. de bocados (media)	± D.S.	Estado fenológico	No. de bocados (media)	± D.S.	Estado fenológico
<i>Acacia cochliacantha</i>							244c	± 54,59	Fruto
<i>Acacia farnesiana</i>				2120b	± 84,53	Flor	1670b	± 125,48	Flor
<i>Acacia pennatula</i>	604c	± 85,27	Flor-fruto	425d	± 40,42	Fruto			
<i>Amelanchier denticulata</i>	2421ab	± 67,18	Flor	1807bc	± 163,7	Flor	1448b	± 97,07	Flor
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	988c	± 46,30	Sin flor-f				406c	± 72,99	Sin flor-f
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	2098b	± 114,17	Flor	1498c	± 74,14	Flor	1404b	± 103,76	Fruto
<i>Leucaena esculenta</i>							1433b	± 140,74	Sin flor-f
<i>Mimosa lacerata</i>				587d	± 71,69	Sin flor-f			
<i>Quercus liebmanni</i>	651c	± 64,41	Sin flor-f	417d	± 47,09	Sin flor-f	336c	± 96,69	Sin flor-f
<i>Rhus standleyi</i>				564d	± 84,09	Flor			
<b>Pastos y herbáceas</b>	<b>2628a</b>	<b>±153,77</b>	Rebrote	<b>2510a</b>	<b>± 72,93</b>	Rebrote	<b>2520a</b>	<b>±168,78</b>	
<b>Frutos (vainas)</b>									
<i>Acacia pennatula</i>				274d	± 20,21				
<i>Acacia cochliacantha</i>							122c	± 23,42	

a, b, c : Valores en una misma columna con distinta letra son diferentes (P &lt; 0,05)

las de mayor apetecibilidad, constituyendo el 72% de las preferencias en una jornada completa de pastoreo. El análisis del número medio de bocados muestra que las cabras tuvieron igual preferencia tanto por la especie arbustiva *A. denticulata* como por la hierba en su conjunto, representando el 53,8% de la selectividad total. Las leñosas más apetecibles fueron *E. polystachya* y *A. denticulata*, representando el 48,1% de la selectividad total y las menos apetecibles son *C. macrophyllus* y *A. pennatula* y *Q. liebmanni* que representan el 23,9% de las preferencias totales (Tabla I), similar a lo reportado por Hernández *et al.*, 2008 en agostaderos de la Mixteca poblana. En el agostadero El Capulín (zona 2), las cabras mostraron un comportamiento similar al del agostadero anterior en relación al total de especies preferidas 12 leñosas, una epífita y las vainas de la especie *A. pennatula*, sólo siete especies leñosas y las vainas de la acacia constituyeron el 75,4% de las preferencias totales, resultado similar al reportado por Mellado *et al.* (2005) y Martínez Rojero *et al.*, 2013. Destacaron por su gran apetecibilidad las arbustivas *Acacia farnesiana*, *A. denticulata*, y *E. polystachya* que representaron el 53,2% de la selectividad. Las cuatro leñosas restantes, *Mimosa lacerata*, *Rhus standleyi*, *Q. liebmanni* y *A. pennatula* y su fruto, son las menos apetecibles y representan de forma conjunta el 22,2% de los bocados medios totales (Tabla I) similar a lo reportado por González-Pech *et al.*, (2014) para *A. pennatula* en relación al consumo de las hojas y donde el tamaño del bocado dado a la vaina es entre 1-5 cm. tanto por ovinos como caprinos ramoneando en una selva tropical caducifolia en la península de Yucatán. En el monte Loma de Cal (zona 3), se registró una mayor diversidad vegetal, observándose una mayor

selectividad en 13 especies arbóreo-arbustivas, dos cactáceas (*Cephalocereus spp.* y *Opuntia spp.*) y las vainas de la especie *Acacia cochliacantha*. No obstante, sólo siete de ellas y las vainas de la acacia son las más apetecibles, recibiendo el 73,7% de los bocados totales. Estos resultados coinciden con los mostrados por Genin y Pijoan (1993), que señalan que de 21 especies leñosas consumidas en un matorral costero durante dos años de pastoreo, sólo ocho arbustivas y el estrato herbáceo constituyeron poco más del 85% de la selectividad mensual. Del grupo de las siete arbustivas más apetecibles, *A. farnesiana*, *Leucaena esculenta*, *A. denticulata*, y *E. polystachya* fueron las especies más ramoneadas, con el 62,2% de los bocados, similar a lo reportado por Carranza-Montaña *et al.* (2003) para las dos primeras especies quienes estudian el potencial forrajero de la selva baja caducifolia de la sierra de Manantlán en la provincia de Jalisco. Mientras que *Cercocarpus macrophyllus*, *Q. liebmanni* y *A. cochliacantha* presentaron una menor apetecibilidad (11,5% de los bocados), no habiéndose encontrado diferencias estadísticamente significativas entre ellas. La menor apetecibilidad por los rebrotes de estas tres especies, similar a la registrada en los otros agostaderos (Tabla I), puede deberse al mayor contenido en taninos durante esta fase fenológica (Provenza *et al.*, 2003; Franco *et al.*, 2005). El consumo de las cactáceas *Cephalocereus spp.* y *Opuntia spp.* sólo es ocasional, coincidiendo con lo observado por López-Trujillo y García-Elizondo (1995), aunque Mellado *et al.* (2005) indican que durante la época de sequía las cabras muestran una mayor preferencia por las especies suculentas. En el agostadero montañoso El Pinar (zona 4), la diversidad de plantas arbóreas y arbustivas es menor en



comparación con los anteriores, observándose distintos grados de utilización en ocho especies leñosas (*Ceanothus coeruleus*, *Quercus liebmannii*, *Acacia farnesiana*, *Acacia pennatula*, *Arctostaphylos bicolor*, *Cercocarpus macrophyllus*, *Eysenhardtia polystachya* y *Mimosa lacerata*) y de estas, sólo cinco especies y las vainas de *A. farnesiana*, son las de mayor apetecibilidad, representando el 71,8 % de la selectividad total, coincidiendo con lo reportado por García Montes de Oca *et al.*, (2011) para las vainas de *A. farnesiana* y *Leucaena esculenta* las cuales pueden ser utilizadas como suplementos en dietas para rumiantes, debido a su mayor contenido de PC y digestibilidad in vitro, representando una alternativa como suplemento proteico en las épocas secas. El follaje de la especie *A. farnesiana* sobresale con el 22,6% de los bocados totales, coincidiendo con Ricardi y Shimada (1992), seguida por los rebrotes maduros de *E. polystachya*, *A. pennatula* y *C. macrophyllus* representando el 39,1 % de la selectividad total. No se encontraron diferencias significativas entre *Mimosa lacerata* y *C. macrophyllus*, constituyendo ambas el 8,8 % de la selectividad total, similar a lo reportado por Cruz Cruz (1992) y en desacuerdo con Rouyer *et al.* (1995). Las vainas de *A. farnesiana* representaron el 1,3 % de los bocados totales (Tabla 2). En el llano entre los montes El Cascabel y Cerro Gordo (zona 5), las cabras seleccionaron un total de ocho especies arbóreo-arbustivas (*Quercus magnoliifolia*, *Agonandra conzatti*, *Bursera copallifera*, *Dodonaea viscosa*, *Eysenhardtia polys-*

*tachya*, *Pithecellobium spp.*, *Solanum lanceolatum* y Hierba Lisa), sólo seis de ellas fueron las más preferidas junto con las vainas de *L. esculenta*, representando el 89,8% de los bocados totales, en analogía con lo encontrado por Ramírez *et al.* (1993) y Benavides (1994). La mayor preferencia por las arbustivas Hierba Lisa (nombre común) y *E. polystachya* se debe a que la primera comienza a florear y la segunda a fructificar y ambas representan el 41% de la selectividad total. Siguieron con similar preferencia las leñosas *B. copallifera*, *Pithecellobium spp.* y *S. lanceolatum*, y estas no presentaron diferencia significativa con *E. polystachya*, constituyendo el 34,8% de la selectividad total. Las menos preferidas pero con similar apetecibilidad fueron *A. conzatti* y las vainas de *L. esculenta*, las cuales constituyeron el 14% de las preferencias. Las cabras no consumen los frutos de la especie *B. copallifera* por ser tóxicos como señalan los pastores (Franco, 1999). En Agua de la Virgen (zona 6), el último agostadero de este estudio, se observa el ramoneo en seis especies arbóreo-arbustivas, pero sólo tres de ellas son las más apetecibles y representan el 52,1% de los bocados totales y el 47,9% restante corresponde al estrato herbáceo, coincidiendo con lo reportado con Genin y Pijoan (1993). Esta menor selectividad se debe probablemente a la mayor diversidad de plantas subcaducifolias y siempre verdes las cuales proporcionan una oferta alimenticia abundante y constante, resultado de que éste agostadero se localiza en un área limítrofe entre el bosque de

Tabla 2. Número medio de bocados por día en las especies de mayor selectividad y su estado fenológico consumidas por las cabras en los tres agostaderos montañosos de la región Mixteca Baja y de la Costa Oaxaqueña, México

Agostaderos	El Pinar (Zona 4)			Cascabel y Cerro Gordo (Zona 5)			Agua de la Virgen (Zona 6)		
Periodo estacional	Otoño			Otoño			Invierno		
Especies arbóreo-arbustivas	No. de bocados (media)	± D.S.	Estado fenológico	No. de bocados (media)	± D.S.	Estado fenológico	No. de bocados (media)	± D.S.	Estado fenológico
<i>Acacia farnesiana</i>	2877a	± 168.20	Flor-Fruto						
<i>Acacia pennatula</i>	1754c	± 178.27	Fruto						
<i>Agonandra conzatti</i>				833c	± 57.18	Flor			
<i>Bacharis conferta</i>							1031b	± 110.6	n.d.
<i>Bursera copallifera</i>				951b	± 116.32	Sin Flor-F			
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	1309cd	± 135.93	Sin Flor-F						
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	1899c	± 150.70	Flor-Fruto	1403ab	± 241.74	Flor-Fruto			
<i>Mimosa lacerata</i>	1130d	± 132.45	Sin Flor-F						
<i>Pithecellobium spp</i>				941b	± 152.66	n.d.			
<i>Saurauia aspera</i>							1465b	± 188.78	n.d.
<i>Solanum lanceolatum</i>				840bc	± 106.18	Sin Flor-F			
Hierba Lisa (nom. común)				1826a	± 234.82	n.d.			
Flor amarilla (nom. común)							1348b	± 167.56	n.d.
<b>Pastos y herbáceas</b>	3600 <sup>a</sup>	± 124.18		802c	± 59.10		3534a	± 282.42	
<b>Frutos (vainas)</b>									
<i>Acacia farnesiana</i>	167e	± 24,07							
<i>Leucaena esculenta</i>				267c	± 53,09				

a, b, c : Valores en una misma columna con distinta letra son diferentes ( $P < 0,05$ )

n.d.: no determinado

Pinus-Quercus, mesófilo de montaña y selva baja subperennifolia, similar a lo señalado por Nahed *et al.*, (1997). Las especies arbustivas *Sauraria aspera*, Flor amarilla (nombre común) y *Baccharis conferta*, son igualmente apetecibles y representaron el 19,8; 18,3 y el 14% de los bocados totales, respectivamente. Lo anterior, es el resultado de la fuerte presión de selección ejercida por el ganado caprino ante la mayor

diversidad de la vegetación. (Tabla 2). Los resultados obtenidos sobre la magnitud de participación de las variables independientes sobre la selectividad en los tres estratos estudiados en los seis agostaderos, indican que el efecto principal Especie explica el 50% de la variación total, mientras el efecto principal Zona o Agostadero explica solo el 23% y la interacción Zona-Especie el 17% de dicha variabilidad (Tabla 3).

**Tabla 3. Estimación de los componentes de la varianza en el nivel de selectividad**

Fuente de variación	Varianza	(%)
Especie	453766.77	50.00
Zona (Agostadero)	209299.14	23.00
Especie*Zona	155068.01	17.00
Error	94923.09	10.00
Total	913057.01	100.00

## Conclusiones

En este estudio las hojas de plantas leñosas de mayor apetecibilidad mostrada por las cabras fueron aquellas que se encontraron en época de floración y de fructificación, y durante la época de rebrote para el caso del estrato herbáceo en su conjunto, lo

se debe en gran medida a su estado fenológico. Encontrándose que 18 especies leñosas y cuatro frutos son las de mayor preferencia a lo largo de los tres primeros meses y agostaderos estudiados durante este periodo de pastoreo trashumante.

## Agradecimientos

Agradezco al Programa Institucional de Fomento a la Investigación y a la Consolidación de Cuerpos Académicos de la Vicerectoría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por el apoyo financiero recibido para la realización de este trabajo de investigación como parte del proyecto titulado “Estudio del valor nutricional de especies forrajeras consumidas por los rumiantes domésticos y silvestres”

## Bibliografía

- Carranza-Montaña, M. A., Sánchez-Velásquez, L. R., Pineda-López, M. R., Cuevas-Guzmán, R. 2003. Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la sierra de Manantlán, México. *Agrociencia*. Vol. 37, núm 2, 203-210
- Cruz Cruz, E. (1992). Los agostaderos comunales de Tiltepec, un caso típico del deterioro ambiental de la Mixteca Alta Oaxaqueña. Tesis de Maestría. C.P. México.
- Franco Guerra, F.J. 1999. Estrategias de pastoreo y aportaciones a la optimización de la explotación caprina en la Mixteca Oaxaqueña. México. Tesis Doctoral. Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba, España. 298 pp.
- Franco Guerra, F.J., Mendoza, G.D., Bárcena, R., Gómez, G.A., Sánchez, M. Y Carreón, L. 2003. Time of grazing, vegetable covering and degree of use of arboreal species and shrubs for the goat livestock in the Mixteca oaxaqueña. Proceedings of The Sixth International Symposium on the Nutrition of Herbivores. *Tropical and Subtropical Agroecosystems J.* Vol. 3 No. 1-3: 141-145 (Special Volume).
- Franco Guerra, F., Gómez, G. Mendoza, R. Bárcena, R. Ricalde, F. Plata y J. Hernández. 2005. Influence of plant cover on dietary selection by goats in the Mixteca region of Oaxaca, México. *J. Appl. Anim. Res.*, 27: 95-100.
- Franco Guerra, F., Gómez, A., Villarreal, O., Camacho, J., Hernández, J., Rodríguez, E., Marcito, O. 2014a. Bites rate on native vegetation by trashumance goats grazing in mountain rangeland in nudo mixteco, Mexico. *Tropical And Subtropical Agroecosystems*, Vol. 17 núm. 2: 249-253.

- Franco Guerra, F. J., Sánchez Rodríguez, M., Villarreal Espino Barros, O.A., Camacho Ronquillo, J. C., Rodríguez Castañeda, E. L., Marcito Arrieta, O., Hernández Hernández, J. E. 2014b. Caracterización botánica de la vegetación leñosa en las rutas de pastoreo trashumante del ganado caprino en la región Mixteca, México. En: Hernández Hernández, J. E., Villarreal Espino-Barros, O. A. (Eds.), Producción y salud en pequeños rumiantes. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México, pp. 51-60
- Franco-Guerra, F.J., Sánchez R, M., Camacho R, J.C., Hernández H, J.E. Villarreal, O.A., Rodríguez C,E.L., Marcito A,O. 2014. Consumo de especies arbóreas, arbustivas y sus frutos y herbáceas por cabras en pastoreo trashumante en la mixteca oaxaqueña, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. Vol. 17 núm. 2: 267-270
- García-Montes de Oca, C. A., Gonzalez-Ronquillo A. M., Salem, A. Z. M., Romero-Bernala, J., Pedraza, J. F., Estrada J. G. 2011. Chemical Composition and in Vitro Gas Production of Some Legume Browse Species in Subtropical Areas of Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14: 589 - 595
- Genin, D. y Pijoan, A.P. 1993. Seasonality of goat diet and plant acceptabilities in the coastal scrub of Baja California, México. *Small Rumin. Res.* 10: 1-11.
- González-Pech, P.G., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A. 2014. Adapting a bite coding grid for small ruminants browsing a deciduous tropical forest. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. Vol. 17 núm. 1: 63-70
- Hernández, J. E., Franco, F. J., Villarreal O., Aguilar L.G., Sorcia G. C. 2008. Identificación y preferencia de las arbóreo-arbustivas y sus partes consumidas por el ganado caprino en la Mixteca Poblana, Tehuaxtla y Maninalcingo, México. *Zootecnia Tropical*. Vol. 26 (3) pp. 379-382
- Janzen, D. 1988. Tropical dry forest, the most endangered major tropical ecosystem. In: Wilson, E. O. (ed.). Biodiversity. Natural Academy Press Washington D. C. pp. 130-137.
- López Trujillo, R. y García Elizondo, R. 1995. Botanical composition and diet quality of goats grazing natural and grass reseeded shrublands. *Small Rumin. Res.* 16: 37-47.
- Martínez Rojero, R. D.; Torres Hernández, G.; Martínez Hernández, S. 2013. Caracterización fenotípica, productiva y reproductiva de la cabra blanca Criolla del "Filo Mayor" de la Sierra Madre del Sur en el estado de Guerrero. *Nova Scientia* 6: 5-44.
- Mellado, M., Olvera, A., Quero, A., Mendoza, G. 2005. Diets of Prairie Dogs, Goats, and Sheep on a Desert Rangeland. *Rangeland Ecology and Manage.*, 58 (4): 373-379.
- Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 28: 29-179.
- Nahed, J., Villafuerte, L., Grande, D., Pérez-Gil, F., Alemán T., Carmona, J. 1997. Fodder shrub and tree species in the Highlands of southern México. *Animal Feed Sci. Techno.* 68: 213-223.
- Paterson R.T., G.M. Karanja, R.L. Roothaert, O.Z. Nyaata ade I.W. Kariuki. 1998. A review of tree fodder production and utilization within smallholder agroforestry systems in Kenya. *Agrofor. Syst.*, 41(2):181-199.
- Provenza, F.D., Villalba J.J., L.E. Dziba, S.B. Atwood And R.E. Banner. 2003. Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. *Small Rum. Res.* 49: 257-274
- Ramírez, R.G., Saucedo, J.G., Narro, J.A., Aranda, J. (1993). Preference Indices for Forage Species Grazed by Spanish Goats on a Semiarid Shrubland in México. *J. Appl. Anim. Res.* 3: 55-66.
- Ricardi, C., Shimada, A. (1992). A note on diet selection by goats on a semi-arid temperate rangeland throughout the year. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 33: 239-247.
- Rouyer, B., Tejada, M., Medina, J. M. (1995). Identificación de los sistemas de explotación caprina en la zona Sur de Honduras. En: Sistemas Tradicionales y Agroforestales de Producción Caprina en América Central y República Dominicana. Jorge E. Benavides y Rodrigo Arias (eds.). Informe Técnico N° 269. CATIE. Costa Rica. pp. 81-99.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.
- SIAP-SAGARPA, 2014. <http://www.siap.gob.mx/ganaderia-avance-comparativo-por-producto/>
- Salem, A.Z.M., Salem, M.Z.M., El-Adawy, M.M., Robinson, P.H. 2006. Nutritive evaluations of some browse tree foliages during the dry season: Secondary compounds, feed intake and in vivo digestibility in sheep and goats. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 127 (3): 251-267.
- Sánchez Rodríguez, M. Gómez Castro, A.G., Peinado Lucena, E., Mata Moreno, C., Doménech García, V. 1993. Seasonal variation in the selective behaviour of dairy goats on the Sierra area of Spain. *J. Anim. Feed Sci.* 2: 43-50.
- SAS. (1987). Versión 6.04 Ed. SAS Institute Inc, Cary, N.C., USA

# Calidad de productos forestales en los sistemas silvopastoriles en la provincia de misiones y NE de Corrientes, Argentina

Fassola H.E.<sup>1</sup>, Winck R.A.<sup>1</sup>; Barth S.R.<sup>1</sup>

## Introducción y antecedentes

Según FAO (2015) “los sistemas agroforestales pastoriles (o agrosilvopastoriles, o simplemente silvopastoriles) son asociaciones de árboles maderables o frutales con animales y cultivos”. Los cuales quedan comprendidos en las categorías 3 y 4 de la clasificación de Torquebiau (1990) de los sistemas agroforestales:

1. Agricultura en Callejones (cultivos intercalados entre setos)
2. Cultivos de cobertura arbórea
3. Los pastos y los animales bajo cobertura arbórea
4. Agroforestales (ceras vivas, la plantación de límites, cortavientos, cinturones de protección).
5. Tecnologías secuenciales (agricultura migratoria, taungya, barbecho mejorado)
6. Otras tecnologías (acuícolas y apícolas con árboles)

Estos sistemas silvopastoriles o agrosilvopastoriles implican diseños de plantación, prácticas silvícolas e intercalar especies forrajeras, que generan niveles diferenciales de competencia por recursos en relación a los de una plantación industrial pura o el de una pastura o pastizal, que pueden afectar el componente forestal en su crecimiento y propiedades de la madera.

A modo de ejemplo del efecto del espaciamiento puede mencionarse a Sousa Mendes *et al.* (2013), que al estudiar *Cordia oncocalyx* en distintas densidades iniciales de plantación y sistemas agroforestales, determinaron que la tasa de fotosíntesis neta, la de conductancia estomática y la de transpiración eran superiores en los sistemas agroforestales, generando mayores incrementos radiales. El mayor incremento radial no implica que en todas las especies las propiedades de la madera se verán afectadas (Kollmann y Cöte, 1968). En coníferas la tendencia sería a que la densidad básica sea menor y en latifoliadas con porosidad circular la tendencia es a que sea mayor, aunque en las de porosidad difusa no hay una relación con la densidad (Kollmann y Cöte, 1968).

Sin embargo el cultivo de *Populus nigra* en amplios espaciamientos iniciales intercalado con alfalfa, altera la estructura capilar de la madera, de forma que su permeabilidad se incrementa, pudiendo conducir a una mejor aceptación para determinados usos, como la impregnación, a diferencia de la plantación sin cultivo intercalar (Taghiyari y Sisi, 2012).

De Bell *et al.* (2002) analizando el efecto del espaciamiento inicial en *Eucalyptus saligna*, la fertilización nitrogenada y el cultivo intercalar de Albizia, no encontraron efecto sobre la

densidad básica, salvo que la mayor disponibilidad de nitrógeno hizo más homogénea esta propiedad en sentido radial.

Estos antecedentes reflejan la complejidad de las relaciones que se establecen en los sistemas agrosilvopastoriles e independientemente de su indiscutido impacto positivo sobre el ambiente, son relevantes para el manejo del sistema conocer la calidad de los productos que se obtienen de él. En el caso específico de la madera la posibilidad de una inserción adecuada en la *bioeconomía* exige conocer cómo se pueden ver alteradas las propiedades de la misma.

Los sistemas silvopastoriles y la calidad del producto forestal en Misiones y NE de Corrientes

Estos sistemas silvopastoriles (SSP) son los más difundidos en la Provincia de Misiones y NE de Corrientes, Argentina. Ambas provincias concentran la mayor superficie forestal implantada con especies de rápido crecimiento del género *Pinus*, *Eucalyptus* y en menor medida otras latifoliadas como *Pawlonia* spp., *Melia* spp, *Toona ciliata* y *Cordia trichotoma*. La superficie total de estos bosques implantados alcanza en Misiones 370.000 hectáreas y 580.000 hectáreas en Corrientes (SIFIP, 2010). Esta base boscosa ha permitido constituir el mayor aglomerado de industria forestal del país. En lo relativo al sector ganadero, el mismo ha crecido sustancialmente en la Provincia de Misiones que ha alcanzado el autoabastecimiento, alcanzando el 1 % del stock nacional, 500 mil cabezas. Corrientes con una mayor tradición ganadera alberga 5 millones de cabezas (Intainforma, 2014).

El clima de Misiones y el NE de Corrientes es subtropical sin estación seca con heladas que ocurren con frecuencia entre julio y septiembre (Papadakis 1974). Los suelos, derivados de la meteorización de la roca basáltica, son diversos e incluyen molisoles, alfisoles y ultisoles. Son ácidos y con bajos contenidos de fósforo y sodio, característica que limita el crecimiento y la calidad de los recursos forrajeros (Frangi 2008). Aunque es una de las regiones forestales del mundo con mayor productividad para bosques implantados con especies de rápido crecimiento. En esta región los SSP, se han difundido a una tasa elevada desde mediados de la década de 1990, superando las 90 mil hectáreas (SIFIP, 2010; J. Esquivel comunicación personal, 2014). Varios ensayos instalados en ese período que cubrían un amplio rango de tratamientos, han brindado información sobre crecimiento y aspectos vinculados a la calidad de rollizos y de la madera principalmente de coníferas.

<sup>1</sup> Investigadores. INTA EEA Montecarlo. Av. El libertador 2472. (3384) Montecarlo. Misiones Argentina. Te +54 3751 480057. Email: fassola.hugo@inta.gov.ar

## Calidad de rollizos en *Pinus taeda* podados

Los raleos y podas tienen efecto en las propiedades internas de los rollizos podados. Las dimensiones de los rollizos combinadas con el diámetro del cilindro que contiene los defectos, el cual depende estrechamente del diámetro máximo sobre muñón (DMSM) al momento de cada realce de poda, más la sinuosidad de la médula y la oclusión de la herida de poda

(Park 1982). Fassola, *et al.* (2002) y Pezzutti (2011) En la Figura 1 se observa que a medida que los raleos son más intensos el DMSM es de mayores dimensiones y para mantener el diámetro constante debe aumentarse la intensidad y oportunidad de podas. Pudiendo las mismas ocasionar pérdidas de crecimiento (Fassola *et al.*, 2002; Pezzutti, 2011)

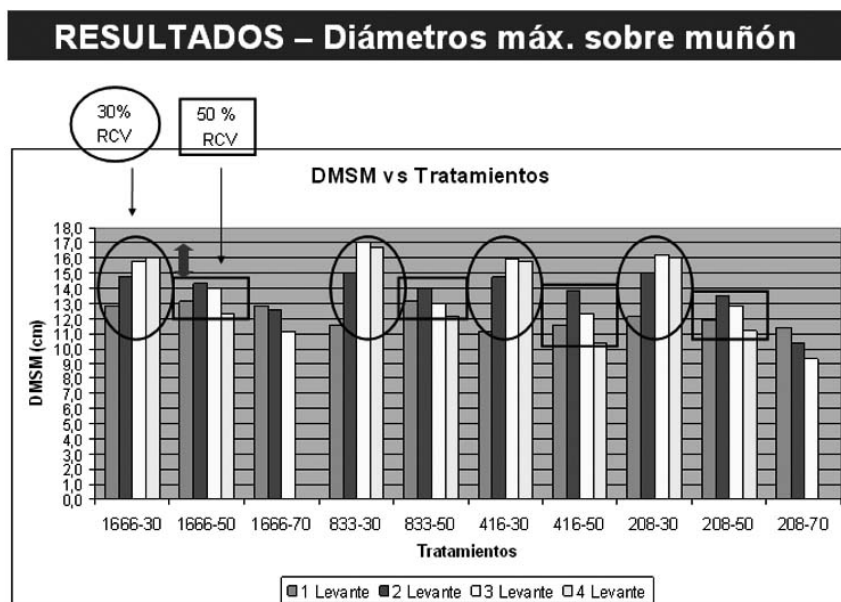


Fig. 1: Diámetro máximo sobre muñón bajo diferentes tratamientos silvícolas de raleo e intensidades y oportunidades de poda en *Pinus taeda* en el NE de Corrientes (RCV%: porcentaje de remoción de copa verde, en longitud; Tratamiento: 1666-30 indica 1666 pla/ha, 30 % RCV en cada realce; DMSM : diámetro máximo sobre muñón)

## Podas, raleos y su efecto sobre las características anatómicas y propiedades físico mecánicas de coníferas

Se evaluó el efecto de la poda sobre la longitud de traqueidas, se tomaron muestras de madera obtenidas de 18 árboles de *Pinus taeda* de 16 años de edad, provenientes de un ensayo de sin raleo (1960 plantas/hectárea) y con tres intensidades de poda (0%, 50% y 70% de remoción de copa verde), se realizaron 3 levantes de poda, espaciados entre ellos por 1 año. También se evaluaron la longitud de traqueidas de acuerdo al estrato del árbol: dominante, intermedio y suprimido. Se registraron los siguientes valores de longitud de traqueidas, 2535  $\mu\text{m}$ , 2411  $\mu\text{m}$  y 2296  $\mu\text{m}$  para los tratamientos con 50%, 0% y 70% de poda respectivamente. Si bien en el tratamiento de poda intermedio se obtuvo mayor longitud de traqueidas, mientras que con podas excesivas (70% de remoción de copa) se observó un efecto contrario. Estas diferencias entre tratamientos de poda no fueron significativas. En cuanto a estratos, si se encontraron diferencias significativas, los árboles dominantes presentaron mayor longitud de traqueidas (2696

$\mu\text{m}$ ), seguidos por los intermedios (2199  $\mu\text{m}$ ) y suprimidos (1170  $\mu\text{m}$ ) (Winck, *et al.*, 2013). La longitud de traqueidas aumentó con el tamaño del árbol (estrato) independientemente del tratamiento de poda aplicado. La interacción entre poda y estratos no fue significativa. La longitud de traqueidas de los árboles suprimidos y codominantes fue más afectada en el tratamiento con mayor intensidad de poda (Fig 2).

En otro estudio (Winck, 2013), se evaluó el efecto del raleo sobre las propiedades anatómicas, físicas y mecánicas. Se trabajó con muestras tomadas a 1,30 m de altura, de 24 árboles proveniente de un ensayo de raleo en *Pinus taeda* de 20 años de edad, intervenido a los 3 años, con remoción del 0%, 50%, 75% y 87,5% de las plantas de la densidad inicial de plantación (1960 plantas por hectárea). Se determinaron longitud de traqueidas, espesor de pared celular, ángulo microfibrilar, porcentaje de leño tardío, densidad básica, contracción, módulo de elasticidad y de rotura a la flexión está-

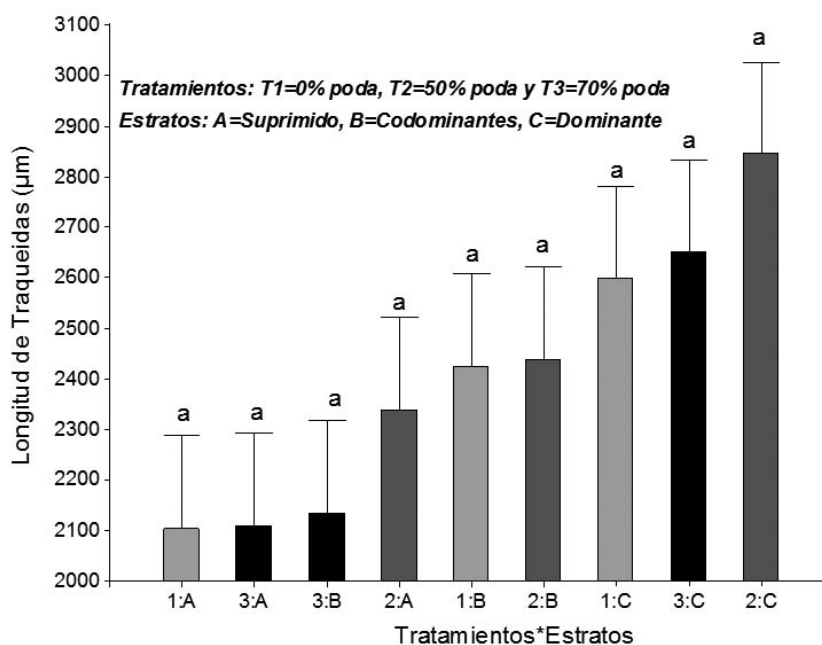


Fig. 2: Variación de la longitud de traqueidas según tratamiento de poda y posición social del árbol.

tica y a la compresión paralela a las fibras. Las intensidades de raleo estudiadas produjeron variaciones significativas en las propiedades de la madera de *Pinus taeda*. La aplicación de un raleo del 50% de la densidad original de la plantación favoreció la obtención de madera con propiedades superiores para todas las variables estudiadas. El tratamiento con 87,5% de raleo afectó negativamente a las propiedades; generó un aumento en el ángulo microfibrilar, en la contracción longitudinal y una disminución en el espesor de pared, en la densidad básica, en el porcentaje de leño tardío y en los valores de resistencia a la flexión y a la compresión. Aunque la resistencia a la compresión y el espesor de pared disminu-

yeron significativamente para intensidades de raleo iguales y superiores al 75% de la densidad original. La longitud de traqueidas fue mayor en el tratamiento con fue 87,5% de raleo y está fuertemente relacionada con el tamaño del árbol y con la longitud de la copa verde.

Esta práctica silvícola altera a las propiedades físicas, mecánicas y anatómicas de la madera de *Pinus taeda*. La aplicación de raleo drástico, realizado en una sola oportunidad a edades tempranas, disminuyen las propiedades de resistencias de la madera, por lo que se recomienda no reducir la densidad por debajo de 400 plantas por hectáreas en plantaciones jóvenes.

## Efecto del espaciamiento en la densidad básica de la madera de *Grevillea robusta*

Ante la disminución de la densidad de plantación que conlleva la implementación de sistemas agroforestales surge la preocupación sobre su influencia en las propiedades físicas y mecánicas de la madera cosechada en ellos. Este conocimiento es aun escaso (Shanavas y Kumar, 2006).

El manejo silvícola afecta el desarrollo de los individuos. Mayores espaciamientos dan lugar a un incremento en el crecimiento diamétrico de los individuos pero en *Grevillea*

robusta, dicho efecto no se traslada a la densidad básica de la madera. No se evidencia diferenciación de comportamiento entre 162 y 750 árboles por hectárea. Cualquiera fuere la densidad de plantación adoptada dentro de ese rango no influye en sus propiedades (Barth, 2014). Lo mismo sucede con la aplicación de raleos (tabla 1). A los 14 años de edad en un ensayo de oportunidad e intensidad de raleo de *Grevillea robusta* instalado en Posadas, Misiones,

Tabla 1. Valores máximo, mínimo y promedio para dap en ensayo de intensidad de raleo en *Grevillea robusta* A. a una edad de 14 años.

Tratamiento	densidad (plantas/ha)	dap (cm)		
		máximo	mínimo	promedio
raleo suave	600	32,4	14,35	24,5
raleo fuerte	300	36,9	20,5	28,6

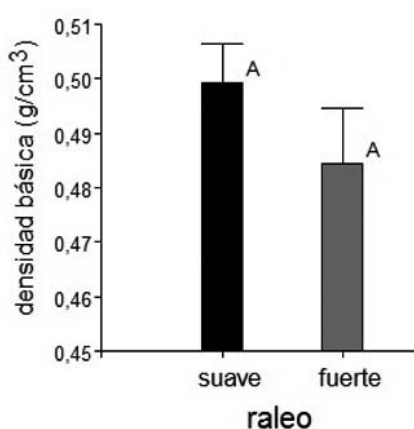


Figura 3. Densidad básica de *Grevillea robusta* en función a la intensidad de raleo. Valores promedio con una letra en común no presentan diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ).

se demostró que realizando los mismos con un intervalo de 2 años y con una intensidad de 20% (raleo suave) y 40 % (raleo fuerte) la densidad básica de la madera no arrojó diferencias estadísticamente significativas debido a su manejo (figura 3).

El comportamiento demostrado por *Grevillea robusta* en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas, estando estas últimas estrechamente relacionadas a la densidad básica de la madera, la hacen una especie promisoría para su empleo en sistemas agroforestales.

## Bibliografía

- Barth, S. R. 2014. Presentación Avance Tesis Doctoral: Efectos de la densidad de plantación sobre la biomasa aérea y las propiedades físicas de la madera de *Grevillea robusta* A. reunión Comité Académico. FCA-UNC. Córdoba. Argentina.
- De Bell, D.S., Christopher R.K. & Barbara L.G. (2002a). Wood density of *Eucalyptus saligna* grown in Hawaiian Plantations: Effects of Silvicultural Practices and Relation to growth Rate. Australian Forestry, Vol. 64, No. 2, pp. 106-110, ISSN 0004-9158
- FAO 2015. Educación Ambiental para el Trópico de Cochabamba. Departamento de Desarrollo Sostenible. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/009/ah647s/AH647S05.htm>
- Fassola H. E., Moscovich F.A., Ferrere P., Rodríguez A.F. 2002a. Evolução das principais variáveis de árvores de *Pinus taeda* L. origem Marion submetidos a diferentes tratamentos silvícolas no nordeste da Provincia de Corrientes, Argentina. 2002. Revista Ciencia Florestal 12(2):51-60. U. Fed. de Santa Maria. Brasil.
- Intainforma. 2014. Con casi 10 M de cabezas, el NEA fortalece a la ganadería argentina Disponible en: <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=22232>. Acceso marzo de 2015.
- Kollmann F.F.P, Cöté W.A. (1968). *Principles of Wood Science and Technology*. I. Solid Wood.
- Pezzutti, R.V. 2011. Efeitos biológicos e econômicos de tratamentos silviculturais em plantios de *Pinus taeda* L. no Nordeste Argentino. Tese apresentada a o Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). Santa Maria, RS, Brasil. Pp.179
- Shanavas, A. & Kumar, B.M. (2006). Physical and Mechanical Properties of Three Agroforestry Tree Species from Kerala, India. Journal of Tropical Agriculture, Vol.44, No.1-2, pp 23-30, ISSN 0973-5399
- SIFIP. 2010. Sistema de información Foresto Industrial de la Provincia de Misiones. Disponible en: <http://extension.facfor.unam.edu.ar/sifip/index.html>. Acceso 9-10-2010.
- Sousa Mendes M. M., Feitosa de Lacerda C., Paiva Fernandes F.E., Rodrigues Cavalcante A.C., Senna de Oliveira T. 2013. Ecophysiology of deciduous plants grown at different densities in the semiarid region of Brazil. En: Theoretical and Experimental Plant Physiology, 25(2): 94-105-
- Springer, ISBN-10 0387042970, Berlin Heidelberg, New York, 592 pp
- Taghiyari H.R.; Sisi D. E. 2012. The Effects of Tree-Alfalfa Intercropped Systems on Wood Quality in Temperate Regions. Agroforestry for Biodiversity and Ecosystem Services. Edited by Dr. Martin Kaonga.Pp 66-86
- Torquebiau, E. 1990. Introduction to the Concepts of Agroforestry. ICRAF working paper 59, 122 pp
- Winck, R.A. 2013: Influencia del raleo sobre las características anatómicas y las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Pinus taeda* L. de la región NE de la Argentina. Tesis de Maestría. 102 p. Calificación en tesis escrita y oral: 10 (Diez). ISBN tesis escrita: 978-950-766-106-8. ISBN tesis digital: 978-950-766-107-5.
- Winck, R.A.; Fassola, H.E.; Area, M.C.; Pezzutti, R. 2013. Relación entre la poda y la longitud de traqueidas en madera de *Pinus taeda*. 13er Congreso Internacional en Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales-Simposio Internacional Sobre Material Lignocelulósico. 20 y 21 de agosto de 2013. ISBN 978-950-579-276-4.

# Produção de forragem e valor nutritivo da *urochloa brizantha* cv. Marandu, em função do sombreamento e da adubação

SOUSA, Luciano Fernandes<sup>1\*</sup>; MARTINS, Athila Damasceno<sup>1</sup>; SANTOS, Antonio Clementino dos<sup>1</sup>; SANTOS, José Geraldo Donizetti dos<sup>1</sup>; SOUSA, Jhone Tallison Lira de<sup>1</sup>; OLIVEIRA, Leonardo Bernardes Taverny de<sup>1</sup>; SILVEIRA JUNIOR, Otacílio<sup>1</sup>

## Resumo

O estudo foi realizado na Universidade Federal do Tocantins, na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Araguaína, Tocantins, Brasil. Foram avaliadas a produção de forragem, as características bromatológicas e a digestibilidade “*in vitro*” da *Urochloa brizantha* cv. Marandu, submetida a diferentes graus de sombreamento artificial (0, 30, 50 e 70% de sombra) com e sem adubação (80 kg/ha de N e K<sub>2</sub>O). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial 4x2. O aumento do grau de sombreamento proporcionou um aumento nos teores de proteína bruta (PB) e lignina e redução do teor de matéria seca (MS). Já a adubação aumentou o teor de PB na forragem sem afetar as demais características bromatológicas. A adubação afetou a qualidade da forrageira de forma diferenciada, dependendo dos níveis de sombreamento. Já os níveis de sombreamento afetaram negativamente a produção da forrageira.

**Palavras Chave:** adubação nitrogenada, degradabilidade, digestibilidade, proteína bruta, silvipastoril

## Abstract

The study was conducted at the Federal University of Tocantins, in the Veterinary Medicine and Animal Science School, Campus Araguaína. the chemical composition, degradability and digestibility “*in vitro*” of *Urochloa brizantha* were evaluated. Forage was subjected to increasing levels of shading (0, 30, 50 e 70% of shading) with and without fertilization (80 kg/ha de N e K<sub>2</sub>O). The objective was to investigate the effect of shading and fertilization on the qualitative characteristics, degradability and digestibility. The experimental design was a randomized block in a 2x2 factorial arrangement. The increase of shading provided increase crude protein (CP) and lignin levels and reduction of dry matter (DM) levels. Already, fertilization increased crude protein (CP) levels in forage without affecting the chemical composition. Fertilization affected the forage quality of form differentiated to depend of the shading levels. Already shading affected negatively the forage production.

**Keywords:** nitrogen fertilization, degradability, digestibility, crude protein, silvopastoral system

<sup>1</sup> Universidade Federal do Tocantins Araguaína, Tocantins, Brasil. \*Endereço para correspondência: luciano.sousa@uft.edu.br



## Introdução

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, sinônima *Urochloa brizantha* cv. Marandu é uma espécie considerada moderadamente tolerante ao sombreamento (PACIULLO *et al.*, 2007). Por essa razão, apresenta boa produtividade de forragem em sistemas silvipastoris com sombreamento moderado (Sousa *et al.*, 2010). Porém, além do aspecto produtivo, é preciso considerar as características qualitativas da forrageira, principalmente no que se refere aos teores de PB e fibras e à digestibilidade da MS. Segundo Dias-filho (2002) o capim-Marandu apresenta boa capacidade produtiva em situações de estresse por sombra moderada. Contudo, Andrade *et al.* (2004) relacionaram a queda na

produção de forragem em sistema silvipastoril a dois principais fatores: sombreamento acentuado e baixa disponibilidade de nutrientes no solo.

Em neossolos quartzarênicos a produtividade é dependente da utilização de fertilizantes, que por sua vez exercem influência direta na qualidade da fibra. Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a produção de forragem, as características bromatológicas e a digestibilidade “in vitro” da MS da *Urochloa brizantha* cv. Marandu submetida a níveis crescentes de sombreamento artificial, na presença ou ausência de adubação com nitrogênio e potássio.

## Materiais e métodos

O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus de Araguaína TO, na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia (EMVZ) em áreas experimentais estabelecidas em Neossolos Quartzarênicos. O ensaio foi realizado de janeiro de 2013 a abril de 2014. Foram avaliados os efeitos de quatro níveis de sombreamento artificial com lâmina sombreadora de diferentes granulometrias e duas doses de adubação (com<sup>1</sup> e sem<sup>2</sup> adubação), na produção e características nutricionais da forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial, com 3 blocos. As parcelas apresentavam 4 m de comprimento por 1,5 m de largura, com uma distância 0,60 m entre parcelas e 1 m entre blocos. Os níveis de sombreamento consistiram de: sol pleno ou testemunha, com 0% de sombra, 30%, 50% e 70% de sombreamento artificial, promovido por malhas de nylon vendidas comercialmente. A adubação, utilizada em dois níveis (com e sem), foi aplicada na dose de 80 kg/ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de N e K<sub>2</sub>O, utilizando como fonte o formulado 20-0-20.

As amostras do pasto foram obtidas por meio do corte da mesma à 20 cm do solo. Tais amostras, após secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C, até peso constante em pesagens

sucessivas (aproximadamente 72 horas), foram processadas e analisadas em triplicata quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB), seguindo os protocolos padrões (A.O.A.C., 1995); fibras em detergente neutro (FDN) e detergente ácido (FDA), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA) e lignina (LIG), conforme Van Soest *et al.* (1991) e Licitra *et al.* (1996).

Para a produção de gases, as amostras foram submetidas a um ensaio de degradabilidade e digestibilidade “in vitro” através de uma adaptação da técnica “Hohenheim Gas Test” desenvolvida por (MENKE *et al.*, 1979), utilizando seringas graduadas para mensuração da produção de gases. Para tal colocou-se 0,2 g de cada amostra, as quais foram incubadas em seringas de 100 ml com 10 ml de inóculo e 20ml de meio de cultura. A degradabilidade foi medida nos seguintes horários: 3; 6; 9; 12; 24; 48; 72 e 96 horas após inoculação. A digestibilidade “in vitro” foi obtida por meio da técnica adaptada de Holden (1999).

As variáveis foram submetidas à análise de variância seguida de análise de regressão para os níveis de sombreamento e de teste de comparação de médias “t-Student” para as adubações com nível de 5% de probabilidade erro tipo I.

## Resultados e discussões

A concentração de MS não variou com a interação entre os fatores estudados, sendo que, os tratamentos sombreados apresentaram uma redução de teor de MS, já com 30% de sombreamento (21,24%), ajustando-se a um modelo linear (Tabela 1). Kallenbach *et al.* (2006) avaliando a produção de centeio (*Secale cereale* L.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) com e sem influência de áreas plantadas com o pinheiro (*Pinus rigida*) observaram redução de 20% no teor de MS. Resultado equivalente foi obtido por Sousa *et al.* (2010) ao avaliarem o capim Marandu sombreado com a espécie arbórea *Myracrodruon urundeuva*. Tal aspecto ocorre possivelmente pelo fato das forrageiras sombreadas parecerem mais jovens fisiologicamente

que plantas a pleno sol e apresentarem maior turgor celular, face à menor demanda por água nos ambientes sombreados.

Os teores de PB, não foram influenciados pela interação entre os níveis de sombreamento e a adubação ( $P > 0,05$ ), mas variaram isoladamente com o sombreamento e com a adubação ( $P < 0,05$ ). À medida que o nível de sombreamento aumentou o percentual de proteína na forragem também aumentou. Moreira *et al.*, (2009) trabalhando com áreas sombreadas com ipê felpudo e aroeira, constataram aumento significativo do teor de PB, quando comparados com as áreas em sol pleno. Este aumento no percentual de PB está ligado ao aumento das células do vegetal que permite um aumento celular possibilitando assim na

<sup>1</sup> Adubação para se obter 15.000 kg de matéria seca de pasto por ha . ano<sup>-1</sup> <sup>2</sup>Por se tratar de área de Neossolo Quartzarênico os níveis de N – P – K foram baixos

Area 1: Produção agropecuária y forestal en los sistemas silvopastoriles y agroforestales

Tabela 1: Componentes bromatológicos da forrageira *Urochloa brizantha* cv. Marandu, submetida ao sombreamento, com ou sem adubação.

MS (%)									
Adubação	Sombra (%)				Médias	P*			CV (%)
	0	30	50	70		Adub	Somb	Adub x Somb	
Sem adubo** <sup>1</sup>	26,09	22,04	22,47	22,49	23,52A				
Com adubo*** <sup>2</sup>	24,60	22,52	21,59	21,24	21,98A	0,17	0,03	0,66	11,34
Médias**** <sup>3</sup>	25,75	22,28	22,03	21,86	22,75				
PB na MS (%)									
Adubação	Sombra (%)				Médias	P*			CV (%)
	0	30	50	70		Adub	Somb	Adub x Somb	
Sem adubo** <sup>4</sup>	8,43	10,34	11,57	13,93	11,07B				
Com adubo*** <sup>5</sup>	9,87	11,52	12,95	16,10	12,61A	0,0001	0,0002	0,71	6,53
Médias**** <sup>6</sup>	9,15	10,93	12,26	15,01	11,84				
CINZAS (%)									
Adubação	Sombra (%)				Médias	P*			CV (%)
	0	30	50	70		Adub	Somb	Adub x Somb	
Sem adubo** <sup>7</sup>	7,92	8,33	8,84	9,56	8,66A				
Com adubo*** <sup>8</sup>	9,21	8,68	8,40	12,12	9,60A	0,40	0,36	0,77	28,37
Médias**** <sup>9</sup>	8,56	8,50	8,62	10,85	9,13				
FDN <sub>MMP</sub>									
Adubação	Sombra (%)				Médias	P*			CV (%)
	0	30	50	70		Adub	Somb	Adub x Somb	
Sem adubo** <sup>10</sup>	58,04	60,67	60,15	59,37	59,55A				
Com adubo*** <sup>11</sup>	59,32	59,90	60,93	58,86	59,75A	0,88	0,68	0,92	5,12
Médias**** <sup>12</sup>	58,68	60,29	60,54	59,11	59,65				
FDA (%)									
Adubação	Sombra (%)				Médias	P*			CV (%)
	0	30	50	70		Adub	Somb	Adub x Somb	
Sem adubo** <sup>13</sup>	44,30	44,68	48,36	48,23	46,39A				
Com adubo*** <sup>14</sup>	42,28	47,32	45,69	46,68	45,49 <sup>a</sup>	0,58	0,74	0,59	5,12
Médias**** <sup>15</sup>	43,29	46,01	47,02	47,45	45,94				

Tabela 1: Componentes bromatológicos da forrageira *Urochloa brizantha* cv. Marandu (continuação)

LIGNINA (%)									
Adubação	Sombra (%)				Médias	P*			CV (%)
	0	30	50	70		Adub	Somb	Adub x Somb	
Sem adubo** <sup>16</sup>	2,40	4,04	3,42	4,78	4,11A				
Com adubo*** <sup>17</sup>	2,34	3,10	3,57	4,33	3,68A	0,30	0,001	0,60	17,33
Médias**** <sup>18</sup>	2,37	3,57	3,49	4,55	4,24				
HEMICELULOSE (%)									
Adubação	Sombra (%)				Médias	P*			CV (%)
	0	30	50	70		Adub	Somb	Adub x Somb	
Sem adubo** <sup>19</sup>	13,74	15,99	11,79	11,14	13,16A				
Com adubo*** <sup>20</sup>	17,04	12,58	15,24	12,18	14,26A	0,44	0,32	0,31	24,87
Médias**** <sup>21</sup>	15,39	14,28	13,52	11,66	13,71				

MS = matéria seca, PB na MS = proteína bruta na matéria seca, FDN<sub>mmp</sub> = fibra em detergente neutro na matéria mineral, FDA = fibra em detergente ácido. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas, para a mesma variável, diferem a 5% de probabilidade de erro tipo I pelo teste t-Student. \* probabilidade de erro tipo I pelo teste F \*\* equação referente ao efeito do sombreamento nas forragens sem adubo; \*\*\* equação referente ao efeito do sombreamento nas forragens com adubo; \*\*\*\* equação referente ao efeito do sombreamento nas forragens; 1 -  $\hat{Y}$  = NS; 2 -  $\hat{Y}$  = NS; 3 -  $\hat{Y}$  = 25,79 - 0,2487X ( $R^2$  = 75,44); 4 -  $\hat{Y}$  = NS; 5 -  $\hat{Y}$  = NS; 6 -  $\hat{Y}$  = 9,20 + 0,027X + 0,0078X<sup>2</sup> ( $R^2$  = 99,37); 7 -  $\hat{Y}$  = NS; 8 -  $\hat{Y}$  = NS; 9 -  $\hat{Y}$  = NS; 10 -  $\hat{Y}$  = NS; 11 -  $\hat{Y}$  = NS; 12 -  $\hat{Y}$  = NS; 13 -  $\hat{Y}$  = NS; 14 -  $\hat{Y}$  = NS; 15 -  $\hat{Y}$  = NS; 16 -  $\hat{Y}$  = NS; 17 -  $\hat{Y}$  = NS; 18 -  $\hat{Y}$  = 5,38 + 0,098X ( $R^2$  = 85,84); 19 -  $\hat{Y}$  = NS; 20 -  $\hat{Y}$  = NS; 21 -  $\hat{Y}$  = NS.

elevação da PB (KERPHAT; BUXTON E TAYLOR; 1992). Para as cinzas, os tratamentos não tiveram efeito significativo ( $P \geq 0,05$ ). Do mesmo modo, os tratamentos não influenciaram ( $P \geq 0,05$ ) o percentual de fibra em detergente neutro corrigida para matéria mineral e proteína ( $\text{FDN}_{\text{mmp}}$ ), a fibra em detergente ácido (FDA) e a hemicelulose. Já os teores de lignina responderam de forma linear crescente ( $P < 0,05$ ) ao aumento do sombreamento artificial. Moreira *et al.*, (2009) enfatizam que os teores de  $\text{FDN}_{\text{mmp}}$ , FDA e lignina são muito variáveis com o sombreamento, podendo ocorrer variações de efeito entre o sombreamento artificial e natural para estas variáveis. Costa *et al.* (2004) afirmaram que gramíneas forrageiras adubadas têm taxa de crescimento aumentada pelo estímulo à divisão celular, porém podem apresentar maior acúmulo de colmos e redução mais acelerada no valor nutritivo, considerando mesma frequência de desfolhação, o que poderia gerar aumento do teores de FDA. Neste trabalho nem a sombra nem a adubação influenciou significativamente ( $P \geq 0,05$ ) os teores de FDA. Tal

aspecto discorda de relatos da literatura com diferentes níveis de sombreamento e diferentes forrageiras, que indicam relação entre teor de FDA e nível de sombreamento (BELKY, 1992; MOREIRA *et al.*, 2009). Sousa *et al.* (2010) atribuem tal relação ao maior alongamento de colmo e altura do dossel em forrageiras sombreadas.

A digestibilidade verdadeira “*in vitro*” da parede celular (DIVVPC) variou com os níveis de sombreamento ( $P < 0,05$ ) e com a interação ( $P < 0,05$ ) entre os fatores. A DIVVPC foi maior com a adubação e com os níveis de 50 a 70% de sombra (Tabela 2). A degradabilidade “*in vitro*” da matéria seca às 96 horas de incubação (DEGRAD MS 96h) foi influenciada apenas pela interação entre os fatores.

Quando se avalia a degradabilidade “*in vitro*” da matéria seca às 48 horas (DEGRADIV MS 48h), não foi constatado interação entre adubação e sombreamento. Houve efeito apenas da adubação, a qual favoreceu a uma maior DEGRADIV.

Para a produção de MS e de MS digestível não foi observada

Tabela 2: Produção, degradabilidade e digestibilidade “*in vitro*” da forrageira *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

DIVVPC									
Adubação	Sombra (%)				Médias	P*			CV (%)
	0	30	50	70		Adub	Somb	Adub x Somb	
Sem adubo**1	62,35A	59,34A	57,98B	57,05B	59,18				
Com adubo***2	57,81B	58,93B	58,75A	58,50A	58,75	0,89	0,008	0,0005	1,98
Médias****3	60,08	59,63	58,37	57,77	59,46				
DEGRADIV MS 96 horas									
Adubação	Sombra (%)				Médias	P*			CV (%)
	0	30	50	70		Adub	Somb	Adub x Somb	
Sem adubo**4	62,89A	59,04A	55,21B	54,87B	58,00				
Com adubo***5	52,41B	55,45B	63,26A	57,13A	57,06	0,48	0,69	0,009	6,94
Médias****6	57,65	57,24	59,23	56,50	57,75				
DEGRADIV MS 48 horas									
Adubação	Sombra (%)				Médias	P*			CV (%)
	0	30	50	70		Adub	Somb	Adub x Somb	
Sem adubo**7	52,88	52,34	52,27	52,03	52,38B				
Com adubo**8	55,15	55,72	55,63	55,89	55,35A	0,049	0,78	0,80	2,06
Médias****9	54,12	54,03	53,95	53,46	53,86				
KG MS ha <sup>-1</sup>									
Adubação	Sombra (%)				Médias	P*			CV (%)
	0	30	50	70		Adub	Somb	Adub x Somb	
Sem adubo**10	3758,70	3908,17	3104,66	3149,95	3480,37A				
Com adubo***11	3863,33	3639,15	3952,98	3236,93	3673,10A	0,49	0,39	0,55	18,79
Médias****12	3811,01	3773,67	3528,82	3193,44	3576,73				
Produção de MS DIV									
Adubação	Sombra (%)				Médias	P*			CV (%)
	0	30	50	70		Adub	Somb	Adub x Somb	
Sem adubo**13	2352,77	2062,77	1966,92	1684,44	2352,77A				
Com adubo***14	2632,34	2287,42	2136,09	1899,44	2632,33A	0,15	0,03	0,99	16,66
Médias****15	2492,56	2175,09	2051,50	1791,94	2492,55				

DIVVPC = digestibilidade verdadeira “*in vitro*” da parede celular; MS = matéria seca; DEGRADIV = degradabilidade “*in vitro*”; DIV = digestibilidade “*in vitro*”. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas, para a mesma variável, diferem a 5% de probabilidade de erro tipo I pelo teste t-Student. \* probabilidade de erro tipo I pelo teste F. \*\* equação referente ao efeito do sombreamento nas forragens sem adubo; \*\*\* equação referente ao efeito do sombreamento nas forragens com adubo; \*\*\*\* equação referente ao efeito do sombreamento nas forragens; 1 -  $\hat{Y} = 62,25 - 0,089X - 0,0022X^2$  ( $R^2 = 95,03$ ); 2 -  $\hat{Y} = 57,61 + 0,17X - 0,00022X^2$  ( $R^2 = 77,93$ ); 3 -  $\hat{Y} = NS$ ; 4 -  $\hat{Y} = 62,25 - 0,089X - 0,0022X^2$  ( $R^2 = 95,03$ ); 5 -  $\hat{Y} = 57,611 + 0,1721X - 0,00022X^2$  ( $R^2 = 77,93$ ); 6 -  $\hat{Y} = NS$ ; 7 -  $\hat{Y} = NS$ ; 8 -  $\hat{Y} = NS$ ; 9 -  $\hat{Y} = NS$ ; 10 -  $\hat{Y} = NS$ ; 11 -  $\hat{Y} = NS$ ; 12 -  $\hat{Y} = NS$ ; 13 -  $\hat{Y} = NS$ ; 14 -  $\hat{Y} = NS$ ; 15 -  $\hat{Y} = 4143,26 - 15,10X$  ( $R^2 = 99,55$ );

interação, mas a sombra teve influencia significativa nos resultados. Houve redução na produção de matéria seca digestível. Observou-se que cerca de 70,0% da matéria seca produzida foram de matéria digestível pela técnica de DIV. Estes resultados

estão próximos os dos resultados encontrados por Rodrigues *et al.* (2004) que trabalhou com idades de corte com 21 e 42 dias da *Brachiaria brizantha*, observou respectivos 77,4 e 76,3% degradabilidade da MS “*in situ*”.

## Conclusões

O sombreamento aumenta os teores de PB e lignina da forrageira e reduz o teor de matéria seca.

A adubação aumenta o teor de PB da forragem.

A adubação influencia a qualidade da forrageira de forma

diferenciada, dependendo dos níveis de sombreamento. Já o sombreamento influencia negativamente a produção da forrageira.

## Referências bibliográficas

- ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C.; VAZ, F. A., 2004. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39, 263-270.
- A.O.A.C., 1995. Official Methods of Analysis. 13 ed. Washington - USA: Association Official Analytical Chemists, 1015 p.
- BELSKY, A. J., 1992. Effects of trees on nutritional quality of understore gramineous forage in tropical savannas. Tropical Grasslands, 26, 12-20.
- COSTA, N. L.; PAULINO, V. T.; TOWNSEND, C. R.; RODRIGUES, A. N. A.; MAGALHÃES, J. A., 2004. Calagem e Adubação de Pastagens. In: COSTA, N. L., (Org.), Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia, Embrapa, Porto Velho - Rondônia - Brasil, pp. 84-119.
- DIAS-FILHO, M. B., 2002. Photosynthetic light response of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. Scientia Agricola, 59, 65-68.
- HOLDEN, L. A., 1999. Comparison of methods of *in vitro* matter digestibility for ten feeds. Journal Dairy Science, 2, 1791-1794.
- KALLENBACH, R. L.; KERLEY, BISHOP-HURLEY, G. J., 2006. Cumulative forage production, forage quality and live-stock performance from a annual ryegrass and cereal rye mixture in a Pine-Walnut Silvopastoral. Agroforestry Systems, 66, 43-53.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology, 57, 347-358.
- MENKE, K. H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A.; SLEINGASS, H.; FRITZ, D.; SCHENEIDER, W., 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. Journal of Agricultural Science, 93, 217-222.
- MOREIRA, G. R.; SALIBA, E. O. S.; MAURÍCIO, R. M.; SOUSA, L. F.; FIGUEIREDO, M. P.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M., 2009. Avaliação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistemas silvipastoris. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 61, 706-713.
- PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P., 2007. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42, 573-579.
- RODRIGUES, A. L. P.; SAMPAIO, I. B.; CARNEIRO, J.; et al., 2004. Degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais obtidas em diferentes épocas de corte. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 56, 658-664.
- SOUSA, L. F.; MAURÍCIO, R. M.; MOREIRA, G. R.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; PEREIRA, L. G. R., 2010. Nutritional evaluation of Braquiarião grass in association with Aroeira trees in a silvopastoral system. Agroforestry Systems, 79, 189-199.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal Dairy Science, 74, 3583-3597.

# Evaluación preliminar de un sistema silvopastoral en la estepa de *Acacia caven* presente en el secano interior la zona central de Chile

A. Lucero Ignamarca; A. Sotomayor Garretón; F. Muñoz Saéz y J. C. Pinilla Suárez.

## Resumen

El presente estudio entrega antecedentes preliminares de un sistema silvopastoral implementado en una formación natural de *Acacia caven*, espinal, de la zona central de Chile, el cual tiene por objetivo general determinar el efecto de diferentes coberturas arbóreas de un sistema silvopastoral con *Acacia caven* en la cantidad, composición y calidad de la pradera natural existente en el sitio. A la fecha se ha logrado validar metodologías para la caracterización del recurso y el establecimiento de la unidad experimental, así como el análisis de la primera temporada de crecimiento de la pradera natural bajo los distintos tratamientos. Aún no es posible tener claridad del real efecto de las distintas coberturas arbóreas sobre la productividad de la pradera natural, aunque se entregan antecedentes de producción mensual, acumulada y media para esta primera temporada de crecimiento pratense, no encontrándose aún diferencias significativas entre ellos. Cabe destacar que en el tratamiento en que se eliminó la totalidad de la cobertura arbórea, la pradera tuvo mayor desarrollo inicial, lo cual era esperable producto de una “liberación total” de la pradera. Sin embargo, la producción pratense se estabilizó en los meses posteriores y no es factible asegurar que esto se repetirá en la segunda temporada de crecimiento. Preliminarmente, también se pudo observar que la composición botánica de la pradera en la primera temporada de análisis fue similar en todos los tratamientos, por lo que el efecto de la cobertura sobre esta variable aún no es apreciable. Durante el 2015 y 2016 nuevos análisis serán implementados, como el valor pastoral de la pradera, variables micro-climáticas y desarrollo arbóreo del espino después de la intervención inicial, para proveer más información que permita entregar recomendaciones para el manejo silvopastoral a productores.

**Palabras claves:** *Silvopastoral, espinal, desarrollo predial, pequeños propietarios, pradera natural*

## Preliminary evaluation of a silvopastoral system in the steppe of *Acacia caven* present in the interior dryland the central zone of Chile

## Summary

This study provides preliminary background of a silvopastoral system implemented in a natural formation of *Acacia caven*, espinal, in a central region of Chile, which has the overall objective to determine the effect of different tree cover in the quantity, composition and quality of existing natural meadow. To date it has been possible to validate methodologies for the resource characterization and the establishment of the experimental unit, as well as analysis of the first season of growth of natural grassland under different tree cover. It is not yet possible to see the real effect of different tree cover on the productivity of natural grassland, considering monthly production data, average and accumulated production in this first season of grassland growth, with no significant differences between them. Note that in the treatment where all of the tree coverage was removed, the natural prairie had greater initial development, which was expected because of “total liberation” of the meadow. However, this production was stabilized in the following months and it is not feasible to ensure that this could be repeated in a second growing season. Preliminarily, It was also observed that the botanical composition of the meadow was similar in all treatments in the first season of analysis, so the effect of tree cover on grass composition was not significant at this time. During 2015 and 2016 new analyzes will be considered such as pastoral value of the prairie, micro-climatic variables and development of the tree after the initial intervention, to provide more information to producers for silvopastoral management recommendations.

**Keywords:** *Silvopastoral, espinal, farm development, smallholders, natural prairie*

## Introducción

Los Sistemas Agroforestales como técnicas de uso del suelo, han surgido como interesantes opciones productivas para distintas zonas geográficas del mundo, siendo uno de los modelos más utilizados, los sistemas silvopastorales. En este contexto se encuentra el Espinal presente en la zona central de Chile, formación vegetal conformada principalmente por *Acacia caven*, especie multipropósito por los variados beneficios productivos y ecológicos que es capaz de proveer (FAO, 1997; Olivares, 2006; Palomeque, 2009; INFOR, 2012) y que dicen relación con la generación de productos madereros como leña y carbón, su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico e incorporación de materia orgánica al suelo, mejorando con ello el sistema de ciclaje de nutrientes y actuando positivamente sobre algunas propiedades del suelo y variables micro-climáticas.

Desde el punto de vista pastoral, el espino tiene enorme importancia, ya que mejora la diversidad, el desarrollo y productividad de la pradera que crece bajo el área de influencia de la copa, modera las temperaturas mínimas y máximas, aumenta la humedad relativa del aire bajo su área de impacto, y con ello disminuye la evaporación en función del aumento de la sombra (FAO, 1997; Pérego, 2002). Además, brinda protección al ganado contra los efectos del sol y de las heladas, reduciendo el consumo de agua y aumentando la sobrevivencia y los rendimientos del

ganado doméstico (FAO, 1997).

Sin embargo, este recurso ha tenido una fuerte intervención antrópica que lo ha degradado (INFOR, 2012) y que se ha traducido en una pérdida de valor económico del recurso suelo y vegetal, además de un desaprovechamiento de las ventajas del componente forestal en la actividad silvopastoril, traduciéndose en una disminución creciente del potencial económico predial.

En este marco y dada la degradación que ha experimentado el Espinal, se hace necesario avanzar en proponer alternativas productivas sustentables asociadas a este recurso, y donde necesariamente se deben considerar los sistemas silvopastorales incorporando la componente arbórea y praterse en un mismo sistema productivo. Bajo esta mirada, los Sistemas Silvopastorales con *Acacia caven*, poseen una serie de ventajas para los predios rurales, y surgen como una interesante opción productiva y sustentable para pequeños y medianos propietarios poseedores de este recurso.

El presente documento, entrega antecedentes preliminares sobre un sistema silvopastoral implementado el año 2014 en un espinal de la zona central de Chile y que se encuentra actualmente en evaluación, y cuyo objetivo es determinar el efecto de cuatro rangos de coberturas arbóreas de un sistema silvopastoral con *Acacia caven* en la cantidad, composición y calidad de la pradera natural existente en el lugar.

## Materiales y Métodos

### Ubicación y descripción del Área de Estudio

El área de estudio se ubica en el Predio “San Adolfo” de la Comuna de Cauquenes VII región, en la Ruta Los Conquistadores a unos 12 km desde el cruce del camino Cauquenes - Parral, con coordenadas UTM 18H 757629E 6024196N, en un Espinal que cubre una superficie aproximada de 2,4 ha (Figura 1), con una cobertura arbórea promedio inicial superior al 70%.

El clima predominante en la Comuna de Cauquenes se caracteriza por ser del tipo mediterráneo, con precipitaciones concentradas en el período frío del año y con sequía durante la estación más cálida (di Castri y Hayek, 1976). Las precipitaciones tienen un promedio anual de 696 mm y un periodo seco de 7 meses. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en enero de 29,0 °C y una mínima en julio de 4,9 °C, con una temperatura media anual de 14,1 °C (Santibáñez y Uribe, 1993). Respecto al tipo de suelo, se encuentra dentro de la serie Cauquenes (CQ), que son suelos profundos, formados “in situ” a partir de rocas graníticas, bien evolucionados, de texturas arcillosas en todo el perfil. El área de investigación se encuentra dentro de la variación CQ-2 de esta serie, que corresponde a la fase casi plana con pendiente de 1 a 3%, de textura superficial franco arcillosa, suelo profundo (más de 100 cm) y de drenaje moderado. Presenta nivel freático a 100 cm hasta principios de primavera (CIREN, 1992).



Figura 1: Espinal presente en el Predio “San Adolfo”. Cauquenes

### Diseño experimental

Para determinar el efecto de la cobertura del espino sobre la cantidad y calidad de la pradera natural existente, se implementó un diseño de 3 bloques completamente aleatorizados (BCA) con cuatro tratamientos. Se escogió este diseño en bloques para aislar la posible variabilidad de humedad del sitio por la presencia de un estero temporal a un costado del área experimental.

Cada bloque está constituido por 4 tratamientos establecidos en unidades experimentales de 30m x 30m, con orientación norte-sur y este-oeste. Los distintos tratamientos contemplan modificaciones solo de la cobertura arbórea en tres niveles, más un testigo sin intervención (Tabla 1). Sobre la pradera natural existente en el lugar, no se realiza ninguna intervención, ya sea esto siembra, enriquecimiento y/o fertilización. El área experimental se encuentra cercada perimetralmente para excluir el ganado doméstico.

Tabla 1: Tratamientos implementados

Tratamiento	Cobertura Arbórea (%)
T1	0
T2	30 – 40
T3	50 – 60
T4	> 70 (*)

(\*): Situación testigo sin intervención

Los cuatro tratamientos se distribuyeron aleatoriamente dentro de cada uno de los tres bloques, quedando implementados según se muestra en la Figura 2.



Figura 2: Distribución de tratamientos en cada Bloque.

Para las muestras de pradera tendientes a determinar la materia seca por hectárea producida por tratamiento, se implementaron tres jaulas de exclusión fijas al suelo (Ovalle y Avendaño, 1984a) equivalentes cada jaula a una superficie de 0,5 m<sup>2</sup> (0,5m x 1,0m) y para cada tratamiento y bloque. La ubicación de las jaulas en cada tratamiento y sus repeticiones se determinó a través del Software ShadeMotion 3.0 desarrollado por el CATIE, el cual permitió determinar el porcentaje de sombra acumulada para un año en cada sector de las parcelas post-tratamientos, con ello se escogió la ubicación donde el porcentaje de cobertura correspondía al rango definido para cada tratamiento, todo esto posterior a la caracterización inicial de la componente arbórea.

La recolección de muestras de pradera se hizo mensualmente desde el mes de septiembre y solo hasta diciembre del 2014, ya que en enero del 2015 la pradera no presentó crecimiento debido principalmente a la falta de humedad en el suelo (Figura 3). Las muestras fueron enviadas al laboratorio del Centro Experimental INIA de Cauquenes, donde se determinó la materia seca y composición botánica producida por tratamiento.



Figura 3: Toma de muestras de pradera.

## Resultados y discusión

Los resultados preliminares del efecto de los distintos tratamientos de cobertura arbórea correspondientes a la primera temporada de crecimiento de la pradera (septiembre 2014 – diciembre 2014), se muestran en la Tabla 2 y Gráficos 1 y 2. Estos datos fueron sometidos a un análisis estadístico, a través de un análisis de varianza (ANAVA) y la aplicación del Test de significancia Tukey, a través del Software estadístico InfoStat.

Tabla 2: Producción Pratense promedio por tratamiento

Tratamiento	Cobertura Arbórea (%)	Materia Seca Kg/ha (*)
T1	0	2.278,7 <b>a</b>
T2	30 – 40	1.840,0 <b>ab</b>
T3	50 – 60	1.516,7 <b>b</b>
T4	> 70	1.611,1 <b>ab</b>

(\*) Medias con letra común no son significativamente diferentes (Prueba de Tukey para nivel de significancia  $p < 0,05$ )

Al observar los resultados entre tratamientos, aún no es posible concluir con certeza del impacto de la cobertura arbórea sobre la pradera en los distintos tratamientos. El tratamiento de 0% de cobertura muestra la mayor productividad promedio de la pradera natural (KgMS/ha), aunque no presenta diferencias significativas con los tratamientos de 30-40% (T2) y testigo (T4), pero si difiere de la cobertura de 50-60% (T3). Entre los tratamientos T2, T3 y T4 no se observan diferencias significativas. La alta productividad pratense en T1, podría explicarse producto de la liberación de la pradera por la eliminación total de la cobertura arbórea, tendencia inicial que debe re-evaluarse en la siguiente temporada de crecimiento de la pradera natural. A pesar de ello, el incremento mensual muestra que este crecimiento explosivo solo se aprecia durante el mes de octubre, ya que en los meses posteriores su productividad mensual disminuye y se asimila a los demás tratamientos. Esta disminución de producción pratense era es-

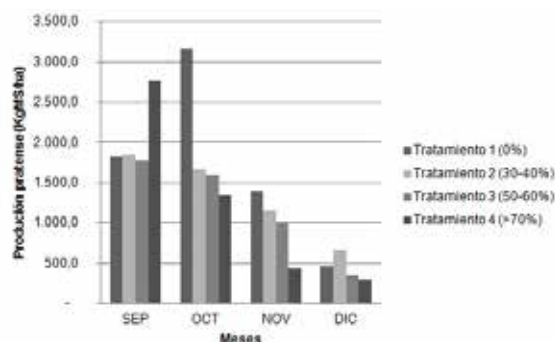


Gráfico 1: Producción mensual de la pradera x tratamiento

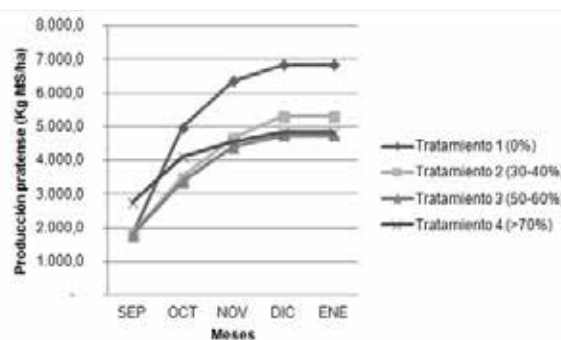


Gráfico 2: Producción acumulada de la pradera x tratamiento

perable producto de la disminución de la humedad del suelo por el periodo seco, y más aún por la severa sequía que afecta al país.

Otro antecedente importante que se debe considerar es la calidad de la pradera que se está produciendo en cada tratamiento, factor muy importante para la mantención del ganado. En este sentido se han tomado antecedentes de la composición botánica y que están siendo evaluados aún para determinar el valor pastoral de cada tratamiento. Sin embargo, preliminarmente se puede apreciar que el tipo de pradera existente en todos

los tratamientos, presentan una composición similar en cuanto a las especies presentes y su porcentaje de participación en el total (ej.: *Lolium multiflorum*, especie de buena calidad forrajera y de mayor presencia), lo que indica que aún la pradera natural sigue manteniendo sus condiciones iniciales, y no responde aún a las distintas coberturas en estudio, conocido el hecho de que la presencia del espinillo influye directamente sobre la composición y calidad de la pradera, por lo que es esperable encontrar diferencias significativas en posteriores evaluaciones.

## Conclusiones

El espinillo es el principal recurso forestal nativo del secano interior de la zona central de Chile, y presenta un alto potencial productivo para los propietarios de este recurso, principalmente por los múltiples productos y beneficios que este sistema es capaz de generar. Sin embargo ha sido fuertemente intervenido, disminuyendo su superficie y degradándolo, por lo que se requiere dar alternativas productivas que permitan su recuperación y le den sustentabilidad.

En este marco, los sistemas silvopastorales son una interesante alternativa productiva para los espinales, a pesar de ser sistemas complejos de manejar ya que se debe compatibilizar la coexistencia y mejor productividad de las tres componentes que lo sustentan, es decir, árboles, praderas y animales, y tener claridad de sus complejas interrelaciones. Transcurrido un año de evaluación de este sistema silvopastoral, aún no es posible concluir con seguridad respecto del real impacto de la componente arbórea sobre la pradera, y menos aún cuál es el mejor tratamiento o manejo para poder transferir a propietarios o productores, ya que esto aún no es

apreciable significativamente en los análisis realizados para la primera temporada de crecimiento de la pradera natural, por lo que se requieren más antecedentes. En este sentido, en las siguientes temporadas (2015 y 2016) se tendrán más datos de productividad de la pradera, valor pastoral, variables micro-climáticas y desarrollo arbóreo del espinillo después de la intervención inicial, que permitirán determinar el real efecto de la cobertura arbórea sobre la pradera y de las interrelaciones entre sus componentes y otras variables ecológicas.

Respecto al manejo de este sistema silvopastoral asociado a los espinales, la experiencia obtenida a la fecha, permite recomendar que la actividad de cosecha y extracción de la componente arbórea (poda y/o raleo) y que se realiza en la temporada de receso vegetativo, debe ejecutarse iniciado este periodo y cuando las lluvias aún no son muy abundantes, con el fin de evitar la compactación del suelo y fundamentalmente daños a la pradera, que pueden disminuir claramente su productividad y poner en riesgo su sustentabilidad.



## Bibliografía

- CIREN, 1992. Estudio de Suelo de Secano. Descripción de Suelos y Materiales y Símbolos. pp.220
- di Castri, F. y Hajek, E. 1976. Bioclimatología de Chile. Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile. pp.163
- FAO. 1997. *Acacia caven*. Especies Arbóreas y Arbustivas para las Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina. Serie: Zonas Áridas y Semiáridas N°12, Programa Conjunto FAO/PNUMA de Control de la Desertificación en América Latina y el Caribe, Santiago, Chile, pp. 157-167.
- INFOR, 2012. Monografía de Espino. *Acacia caven* (Mol.) Mol, Programa de Investigación de Productos Forestales No Madereros, Santiago, Chile, pp. 71.
- Olivares, A. 2006. Relaciones entre el estrato arbóreo, el estrato herbáceo y la conducta animal en el matorral de *Acacia caven* (espinal). En: Science et changements planétaires/Sécheresse, volumen 17, Number 1, Janvier-Juin 2006, Article scientifique, pp. 333-339.
- Ovalle, C. y Avendaño, J. 1984a. Utilización Silvopastoral del Espino. I. Influencia del Espino (*Acacia caven* mol.) sobre la Productividad de la Pradera Natural. Agricultura Técnica (Chile) 44 (4): pp. 339 - 345 (Octubre - Diciembre 1984).
- Palomeque, E. 2009. Sistemas Agroforestales, Chiapas, México, pp.29.
- Pérego, J. 2002. Sistemas Silvopastoriles en el Centro Sur de la Provincia de Corrientes, Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur Zona Campos, Memorias I.N.T.A. E.E. A. Mercedes, XIX-2002, Corrientes, Argentina.
- Santibáñez, F. y Uribe, J. 1993. Atlas Agroclimático de Chile. Regiones Sexta, Séptima, Octava y Novena. Laboratorio de Agroclimatología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. pp. 99

# Análisis de variables dasométricas en sistemas silvopastoriles de pino híbrido con braquiaria y pastizales naturales mediante regresión heteroscedástica

C. G. Torres; J. L. Aparicio

## Resumen

Los sistemas silvopastoriles de pino híbrido consociado con pastizales naturales o pasturas cultivadas se encuentran en notable expansión en la provincia de Corrientes. Se utilizan diferentes diseños y esquemas de manejo, que generan un impacto de relevancia en el rendimiento y la sostenibilidad del sistema. En el presente trabajo se evalúa la evolución temporal del diámetro cuadrático medio y del volumen total en diferentes esquemas silvopastoriles con *Brachiaria brizantha* y pastizales naturales: Callejones de 12m (400 árboles.ha<sup>-1</sup>), Reducción Directa (250 árboles.ha<sup>-1</sup>), Reducción Gradual (400 y 350 árboles.ha<sup>-1</sup>) y Manejo Forestal (730 y 500 árboles.ha<sup>-1</sup>). A fin de caracterizar las tendencias temporales de dichos esquemas silvopastoriles y contrastar sus diferencias se ajustó un modelo polinómico de segundo grado consistente para las dos variables. El análisis de regresión heteroscedástica permitió encontrar tendencias temporales diferentes entre las combinaciones de esquema y pastura. La tendencia se incrementa de forma proporcional al nivel de intervención cuando se evalúa el diámetro e inversamente en el caso del volumen, a la vez que los mejores performances se obtienen con pastizales naturales. Se concluye que el esquema más promisorio para la producción consociada es el de Reducción Gradual debiéndose optar por el componente herbáceo en función de los objetivos del SSP.

**Palabras clave:** Suelos arenosos, DCM, *Vt*, pastizales naturales, *Brachiaria Brizantha*.

## Analysis of forest variables in silvopastoral system of hybrid pine with braquiaria and rangelands by heteroscedastic regression

## Abstract

Silvopastoral consociated pine hybrid systems with natural grassland or cultivated pastures are in remarkable expansion in the province of Corrientes. Different designs and management schemes, which generate a relevant impact on the performance and sustainability of the system are used. In this study the time evolution of the mean square diameter and the total volume is evaluated in different silvopastoral schemes with *Brachiaria brizantha* and rangelands: Alleys of 12m (400 trees.ha<sup>-1</sup>), Direct Reduction (250 trees.ha<sup>-1</sup>), Reduction Gradual (400 and 350 trees.ha<sup>-1</sup>) and Forest Management (730 and 500 trees.ha<sup>-1</sup>). In order to characterize the temporal trends of these silvopastoral schemes and contrast their differences a polynomial model of second degree consistent for the two variables are adjusted. Heteroscedastic regression analysis allowed to find different combinations temporal trends between schema and pasture. The tendency is increased in proportion to the level of intervention is evaluated when the diameter and inversely in the case of volume, while the best performances are obtained with rangelands. We conclude that the most promising scheme for production by pooled Gradual Reduction is the preference going by the herbaceous component depending on the objectives of the SSP.

**Key words:** Sandy soils, DCM, *Vt*, rangelands, *Brachiaria brizantha*.

## Introducción

Los sistemas de uso de la tierra en los que leñosas de aptitud forestal crecen en asociación con hierbas o plantas de valor forrajero y animales (domésticos y/o silvestres) de acuerdo a un arreglo espacial y temporal con múltiples interacciones ecológicas, económicas y socioculturales, se denominan Sistemas Silvopastoriles (SSP) (YOUNG, 1989).

En la región Mesopotámica Argentina el interés en el desarrollo de este tipo de uso de la tierra surge en 1970, en tanto la generación de bases técnicas se da a partir de 1980 y su proliferación toma fuerza a partir de 1990. Actualmente, en Corrientes se estima que un diez por ciento de la superficie forestada se planifica como SSP (FASSOLA *et al.*, 2009). En tal sentido es destacable la alta potencialidad de expansión de la superficie bajo este tipo de manejo, particularmente si se tiene en cuenta la región denominada *planicies y cordones arenosos*, en las que la superficie con aptitud forestal alcanza a 2 millones de hectáreas (ESCOBAR *et al.*, 1996), y representa el 40% de la superficie con aptitud forestal de la Provincia.

Se considera que el pino híbrido (*Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var *hondurensis*) es uno de los materiales más promisorios para la instalación y manejo de los SSP, dada su morfología de copa, rectitud de fuste y productividad. En el desarrollo de los SSP, el pino híbrido se consocia con pasturas cultiva-

das, principalmente *Brachiaria spp.*, y pastizales naturales.

La productividad de estos sistemas depende, además de otras variables, del manejo de la competencia entre el estrato arbóreo y el forrajero/herbáceo. Esto ya es señalado por Mead (2009), quien destaca que el factor que en mayor medida determina los procesos de competencia entre estos dos componentes es la luz seguido por la humedad y los nutrientes. Mientras que el primero afecta el crecimiento del estrato herbáceo los restantes son más determinantes en el comportamiento del componente arbóreo, aumentando la mortalidad en la fase de establecimiento y luego disminuyendo el crecimiento (MEAD, 2009). El mismo autor enuncia que en un estudio con pino radiata con diferentes pasturas se encontró que la reducción del crecimiento varío en función del componente herbáceo y de la edad.

En el mismo sentido, se señala que dos parámetros utilizados en el manejo de la competencia, principalmente de la luz; son el diseño y el manejo de la densidad arbórea. Este trabajo presenta el análisis de esquemas de manejo de Sistemas Silvopastoriles de pino híbrido con diferentes componentes forrajeros, específicamente *Brachiaria brizantha* y Pastizales Naturales, a fin de determinar las tendencias temporales sobresalientes de las variables dasométricas en estudio.

## Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el predio Capibara Cue de la empresa E. Zeni y Cía SACIAFEI, ubicado en el departamento Esquina, provincia de Corrientes. El clima, clasificado de acuerdo al sistema de Köppen, es mesotermal, cálido templado, con temperatura media de 20 °C y una precipitación media anual de 1330 mm anuales. El suelo se ubica en posición de loma y media loma con una pendiente cercana al 1%. Las características del mismo coinciden con las descriptas por Escobar *et al.* (1996) para la Serie Pampín (*Psamacuentes* típicos), con una profundidad efectiva superior a un metro y de drenaje moderado a imperfecto.

Los esquemas de manejo SSP se instalaron en el año 2006 sobre una plantación de pino híbrido realizada en el año 2000 con un marco de 4 x 2,5 m. Un sector se plantó sobre una pastura de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú y otro sobre pastizales naturales con predominio de *Andropogum lateralis* (paja colorada). Los esquemas de manejo silvopastoril se detallan a continuación:

1. Reducción Directa (RD): se aplicó un solo raleo selectivo, a los 6 años, dejando una densidad residual de 250 árboles.ha<sup>-1</sup>.
2. Reducción Gradual (RG): se aplicaron dos raleos selectivos, a los 6 y 11 años, obteniéndose densidades residuales de 400 y 350 árboles.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.
3. Manejo Forestal (F): se aplican las mismas oportunidades de raleo que en RG generándose densidades residuales de 730 y 500 árboles.ha<sup>-1</sup>.
4. Callejones de 12m (C12): en este caso la primera intervención consiste en un raleo sistemático mediante el cual se

extrajeron dos líneas de plantación consecutivas dejándose otras dos, esta intervención determinó una densidad de 400 árboles.ha<sup>-1</sup>. A su vez, a la edad de 11 años se realizó un raleo sistemático dejando 250 árboles.ha<sup>-1</sup>. Este esquema solo se presenta combinado a *B. brizantha*.

Al momento de iniciar la experiencia la plantación tenía una poda baja a 2,4 m promedio, la misma fue levantada hasta 5,5 en todos los lotes, en la primavera de 2006.

En todos los esquemas se instalaron 3 parcelas de medición permanente (PMP) de 960 m<sup>2</sup> en las que anualmente se midió el Diámetro Normal (Dn) y la Altura Total (Ht.) de todos los árboles. En el presente trabajo se analizan el Diámetro Cuadrático Medio (DCM) y el Volumen total (Vt.), variables que se generaron a partir de seis mediciones realizadas entre el año 2006 y el 2013.

Dado que los datos provienen de pseudoréplicas (PMP) constituidas en un diseño de franjas de producción (Strip Plot) con dos factores de estratificación, pastura y esquema SSP, y que a su vez los mismos se obtuvieron en seis tiempos no equidistantes, se probaron diferentes técnicas de análisis de medidas repetidas/datos longitudinales a fin de no perder información tal como sucede con las aproximaciones simples (DI RIENZO *et al.*, 2011).

En función del método considerado la selección del modelo más parsimonioso se realizó utilizando los criterios de verosimilitud penalizada BIC y AIC. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el software InfoStat/E (DI RIENZO *et al.*, 2012) utilizando el módulo MLM que corre el software R.

## Resultados y Discusión

De las técnicas de análisis de datos longitudinales la que mejor desempeño mostró fue la regresión heteroscedástica. En la **Tabla 1** se presentan los principales modelos de medias obtenidos en el proceso de modelación de la parte fija del modelo mixto, esta es coincidente para las dos variables analizadas en el presente trabajo.

Como se aprecia en la **Tabla 1**, inicialmente se considera el modelo de medias [1] para el cual la variable regresora es la edad (E) asociada a los dos factores de prueba, pastura (P) y esquema silvopastoril (SSP). Dado que la interacción simple (PxSSP) resultó significativa, el modelo [1] equivale al modelo [2], en el que ya no se consideran los efectos simples sino solo la interacción de ellos asociada a la variable regresora y su interacción.

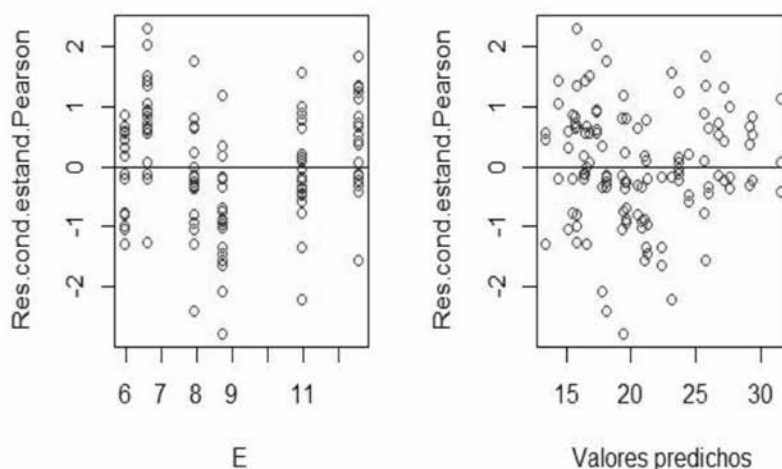
Se encontró que los residuos del modelo [2] acusan una falta de ajuste con una tendencia cuadrática (**Figura 1**). Por ello se incluyó la potencia de la edad generando el modelo [3] en el que se utiliza la edad centrada (ec) para disminuir problemas de colinealidad (DI RIENZO et. al., 2011) y se simplifica la notación reemplazando (PxSSP) por su equivalente (T). En el modelo [3] la interacción entre el tratamiento y la cuadrática de la edad centrada (Txec<sup>2</sup>) no es significativa por lo que resultó el modelo [4].

El modelo [5] en sí es la expresión reducida del modelo [4], en el cual la ventaja de su utilización reside en que los coeficientes ( $\beta_{ni}$  para los i-tratamientos) de la parte fija aparecen directamente en la ecuación.

**Tabla 1.** Modelos de medias analizados

[1]	$Y_{ijk} = \mu + P_i + SSP_j + (PxSSP)_{ij} + E + (Px E)_{ik} + (SSPx E)_{jk} + (PxSSPx E)_{ijk} + \varepsilon$
[2]	$Y_{ij} = \mu + (PxSSP)_i + E + (PxSSPx E)_{ij} + \varepsilon$
[3]	$Y_{ij} = \mu + (T)_i + ec + ec^2 + (Txec)_{ij} + (Txec^2)_{ij} + \varepsilon$
[4]	$Y_{ij} = \mu + (T)_i + ec + ec^2 + (T.ec)_{ij} + \varepsilon$
[5]	$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i} ec + \beta_{2i} ec^2$

Dónde:  $Y_{ijk}$  corresponde a la variable respuesta,  $P_i$  denota el efecto de la pastura al nivel i,  $SSP_j$  es el efecto del j-ésimo esquema silvopastoril,  $(PxSSP)_{ij}$  enuncia el efecto de la interacción simple entre los efectos de la pastura y el de los esquemas silvopastoriles, E corresponde a la edad como variable regresora, los componentes  $(Px E)_{ik}$ ,  $(SSPx E)_{jk}$  y  $(PxSSPx E)_{ijk}$  son las interacciones simples y la triple de los elementos ya enunciados con la regresora, T corresponde a la notación simplificada de  $(PxSSP)_{ij}$ , ec es la edad centrada,  $ec^2$  la cuadrática de la edad centrada, finalmente  $\beta_{ni}$ ,  $\beta_{1i}$  y  $\beta_{2i}$  son los coeficientes de regresión para los i-tratamientos.



**Figura 1.** Residuos del Modelo [2]

**Diámetro cuadrático medio**

Utilizando el modelo de media [5] (presentado en el punto anterior), y en función de los criterios de verosimilitud penalizada, la estructura de covarianza seleccionada corresponde a efectos aleatorios para la combinación de tiempo de medición y tratamiento (t.T) y varianza heteroscedástica modelada para cada grupo de datos de tratamientos (T) mediante VarIdent.

En la **Tabla 2** se presentan los criterios de selección utilizados, el Criterio de Información Bayesiano (BIC) corresponde a 455,5 y el criterio de Akaike a 380,14. En el mismo cuadro se denota como información complementaria la desviación estándar residual (Sigma) y los coeficientes de determinación ( $R_0^2$  y  $R_1^2$ ).

**Tabla 2.** Medidas de ajuste para el modelo seleccionado para DCM

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1
120	380,14	455,40	-161,07	1,84	0,96	0,97

AIC y BIC menores implica mejor

Por su parte la **Tabla 3** presenta las pruebas de hipótesis secuenciales mediante las cuales se puede afirmar que el DCM presenta una tendencia lineal en función de la edad y su cuadrática, además este comportamiento es sustancialmente diferente entre los tratamientos (combinación entre pastura y esquema silvopastoril).

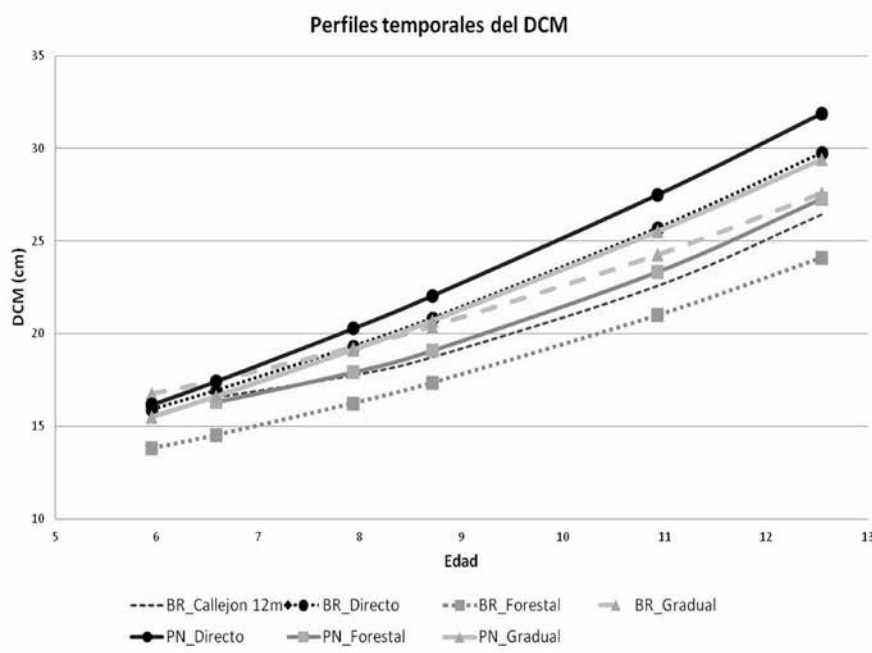
En la **Tabla 4** se presentan los coeficientes para cada esquema, mientras que los modelos obtenidos se presentan

**Tabla 3.** Pruebas de hipótesis secuenciales

Fuente variación	GL Parámetro	GL Interacción	Valor de F	Valor de p
$\beta_{0i}$	7	33	7344,81	< 0,0001
$\beta_{1i,ec}$	7	67	326,45	< 0,0001
$\beta_{2i,ec^2}$	7	67	2,42	0,0285

**Tabla 4.** Coeficientes de los efectos fijos

Esquema	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$
Braquiaria-Callejón 12	20,00	1,64	0,17
Braquiaria-Reducción Directa (BR-RD)	22,56	2,14	0,08
Braquiaria-Forestal (BR-F)	18,63	1,6	0,07
Braquiaria-Reducción Gradual (BR-RG)	21,75	1,69	0,08
Pastizales Naturales- Reducción Directa (PN-RD)	24,00	2,42	0,07
Pastizales Naturales-Forestal (PN-F)	20,51	1,84	0,14
Pastizales Naturales-Reducción Gradual(PN-RG)	22,44	2,15	0,06

**Figura 2.** Perfiles del DCM obtenidos mediante el modelo ajustado en cada esquema silvopastoril

**Tabla 5.** Contrastes Lineales

Nº	Contraste	Estimación	E E	Valor de F	Valor de p
1	PN –RD vs BR-RD a los 6 años	-0,34	0,88	0,15	0,7024
2	PN –RD vs BR-RD a los 12.5 años	-2,27	0,74	9,33	0,0029
3	PN –RD vs TODOS a los 12.5 años	31,26	0,55	3201,35	<0,0001
4	BR-RD vs PN-RG a los 6 años	0,12	0,73	0,03	0,8737
5	BR-RD vs PN-RG a los 12.5 años	0,12	0,59	0,04	0,8404
6	BR-F vs TODOS a los 12 años	23,44	0,60	1518,10	<0,0001
7	BR-F vs TODOS a los 12.5 años	12,22	0,73	282,70	<0,0001

Donde: PN=pastizales naturales, RD=reducción directa, BR= *B. brizantha*, RG=Reducción gradual y F= Manejo Forestal.

gráficamente mediante la **Figura 2**.

Como la tendencia temporal entre los esquemas ensayados es significativa no se pueden realizar inferencias sobre las medias, se precisa generar contrastes entre los esquemas a comparar en el tiempo específico de interés. En la **Tabla 5** se presentan los contrastes contruidos que se consideraron de interés.

Los resultados de los contrastes indican el manejo de Reducción Directa no presenta diferencias entre las situaciones con *B. brizantha* y pastizales naturales a la edad de 6 años ( $p=0,7024$ ), mientras que a la edad de 12,5 años la combinación con pastizales naturales es significativamente superior a la situación del mismo esquema de manejo SSP con *B. brizantha* ( $p=0,0029$ ) y a los demás tratamientos ( $p<0,0001$ ).

A su vez se denota que a todas las edades el comportamiento de la variable es equivalente entre los tratamientos de Reducción Directa con *B. brizantha* y Reducción Gradual con pastizal natural ( $p=0,8737$  y  $p=0,8404$ ). Finalmente, el peor desempeño de la variable se da en el tratamiento *B. brizantha* -Manejo Forestal ( $p<0,0001$ ) lo cual se comprueba mediante los dos últimos contrastes en la **Tabla 5**.

Complementariamente a los contrastes ya explicitados se puede observar, **Figura 2**, que los mismos esquemas de manejo presentan comportamientos superiores en la situación con pastizal natural (líneas enteras), diferencia que se incrementa proporcionalmente con la edad y responde inversamente con el nivel de intervención.

### Volumen Total

Utilizando el modelo de media [5] especificado en la **Tabla 1**, la estructura de covarianza seleccionada corresponde a efectos aleatorios para la combinación de tiempo de medición y tratamiento (txT) y varianza heteroscedástica modelada para cada grupo de datos de tratamientos (T) mediante VarIPower. En la **Tabla 6** se presentan los criterios de selección (menores a los demás modelos posibles), el Criterio de Información Bayesiano corresponde a 974,76 y el criterio de Akaike a 896,90. En el mismo cuadro se denota como información complementaria la desviación estándar residual y el coeficiente de determinación.

**Tabla 6.** Medidas de ajuste para el modelo seleccionado para Volumen Total

Medidas de ajuste del modelo						
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1
120	896,90	974,76	-418,45	0,20	0,93	0,93

*AIC y BIC menores implica mejor*

Las pruebas de hipótesis secuenciales se presentan en el **Tabla 7**, el mismo denota que todos los componentes involucrados en el modelo son altamente significativos ( $p<0,0001$ ). En la **Tabla 8** se presentan los coeficientes para cada esquema, mientras que los modelos obtenidos se presentan gráficamente mediante la **Figura 3**.

Como en el caso del DCM, la tendencia temporal entre los esquemas ensayados es significativa por lo que se generaron los contrastes de mayor relevancia los cuales se presentan en el **Tabla 9**.

En función de los contrastes 1 y 2 no se puede aseverar que el esquema de manejo forestal presente rendimientos significativamente diferentes cuando se encuentra con *B. brizantha* o con pastizales naturales, para el período en el que se tomaron los datos. No obstante se aprecia que a medida que la edad aumenta también se incrementa la probabilidad de que las diferencias sean significativas, ya que el contraste 1 realizado para la edad de 10.5 años arrojó una probabilidad de 0,2193 y el 2, correspondiente a los 12.5 años, una probabilidad de 0,1663.

Asimismo se comprobó que el mayor volumen se produce en el esquema de Manejo Forestal con Pastizal Natural a los 12.5 años (contrastos 3 y 4 con  $p<0,0001$ ). A la misma edad, *B. brizantha* -Forestal y Pastizal Natural-Gradual presentan rendimientos equiparables ( $p=0,8010$ ), en tanto el tratamiento Callejón 12m (C12) presenta el desempeño más pobre (contraste 7:  $p<0,0001$ ).

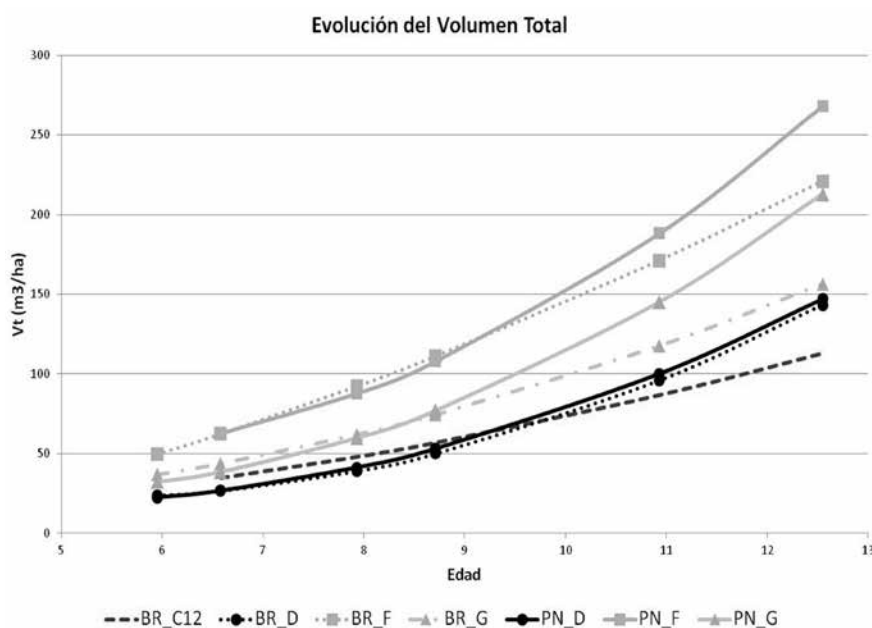
Finalmente, el contraste 6 determina que las tendencias y rendimientos del esquema Directo no difiere en sus combinaciones con los dos componentes herbáceos involucrados ( $p=0,5779$ ).

**Tabla 7.** Pruebas de hipótesis secuenciales

Fuente variación	GL Parámetro	GL Interacción	Valor de F	Valor de <i>p</i>
$\beta_{0i}$	7	33	465,56	< 0,0001
$\beta_{1i,ec}$	7	67	165,46	< 0,0001
$\beta_{2i,ec^2}$	7	67	8,29	< 0,0001

**Tabla 8.** Coeficiente de los efectos fijos para Volumen Total

Esquema	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$
Braquiaria-Callejón 12	67,03	13,06	0,71
Braquiaria-Reducción Directa (BR-RD)	64,56	19,42	2,24
Braquiaria-Forestal (BR-F)	132,6	26,52	0,95
Braquiaria-Reducción Gradual (BR-RG)	89,18	18,81	1,17
Pastizales Naturales- Reducción Directa (PN-RD)	68,35	20,06	2,02
Pastizales Naturales-Forestal (PN-F)	134,08	34,19	3,43
Pastizales Naturales-Reducción Gradual(PN-RG)	99,16	29,02	2,9

**Figura 3.** Perfiles del Volumen Total obtenidos mediante el modelo ajustado**Tabla 9.** Contrastes Lineales

N°	Contraste	Estimación	E E	Valor de F	Valor de <i>p</i>
1	PN-F vs BR-F a los 10.5 años	-26,72	21,10	1,60	0,2193
2	PN-F vs BR-F a los 11.5 años	-46,77	32,61	2,06	0,1663
3	PN-F vs TODOS a los 11.5 años	-724,09	40,57	318,47	<0,0001
4	PN-F vs TODOS a los 12.5 años	267,47	12,06	491,52	<0,0001
5	BR-F vs PN-G a los 12.5 años	8,36	32,74	0,07	0,8010
6	BR-D vs PN-D a los 12.5 años	-4,21	7,54	0,31	0,5779
7	C12 vs TODOS a los 12.5 años	-1033,85	40,57	649,23	<0,0001

Donde: PN=pastizales naturales, RD=reducción directa, BR= *B. brizantha*, RG=Reducción gradual y F= Manejo Forestal.

## Conclusiones

El modelo polinómico de segundo grado resultó adecuado para el análisis de las dos variables involucradas en el estudio. Paralelamente, la regresión heteroscedástica permitió el análisis de las tendencias dentro y entre grupos.

Tanto para DCM como para Vt. los esquemas silvopastoriles presentaron comportamientos disimiles. A su vez, de forma general, se apreció que un mismo esquema silvopastoril presenta mejores rendimientos cuando se combina con pastizales naturales que cuando esta presenta con *B. brizantha*, dicha diferencia se incrementa conforme lo hace la edad.

El DCM aumenta de forma directamente proporcional a la

intensidad de intervención (Directo>Gradual>Forestal), contrariamente a lo que ocurre con el Vt.

En función de lo expresado anteriormente, si consideramos que el DCM referencia el tamaño de los individuos (menormente su distribución) y que el Vt. el rendimiento, entonces es coherente definir como seleccionable un tratamiento que genere un Vt. intermedio y un DCM superior. En tal sentido se señala que el esquema de manejo Reducción Gradual con pastizales naturales presenta un Vt. equiparable al tratamiento de PN-Forestal a los 12,5 años y su DCM no se diferencia al de *B. brizantha*-Reducción Directa.

## Bibliografía

- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Di Rienzo, J. A.; Macchiavelli, R. E. y Casanoves, F. 2011. Modelos lineales mixtos: aplicaciones en InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 193 p.
- Escobar, E. H.; Ligier, H. D.; Melgar, R.; Matteo, H. y Vallejos, O. 1996. Mapa de Suelos de la Provincia de Corrientes. Instituto de Tecnología Agropecuaria. Área de Producción Vegetal y Recursos Naturales. EEA Corrientes. 432 p.
- Fassola H. E., Lacorte S. M., Pachas A. N.; Goldfarb C.; Esquivel J.; Colcombet L., Crechi E. H., Keller A. y Barth S. R. 2009. Los sistemas silvopastoriles en la región subtropical del NE argentino. Actas XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, Argentina. 8 p.
- Mead, D.J. 2009. Biophysical interactions in silvopastoral systems: a New Zealand perspective. 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones. Pag. 3 – 8.
- Young, A. 1989. Agroforestry for soil conservation. CAB international. Exeter, Inglaterra, 275 p.



# Calidad de madera de *Pinus taeda* de 20 años de edad proveniente de rodales con diferente manejo silvícola

R. A. Winck<sup>1</sup>; H. E. Fassola<sup>2</sup>; D. Videla<sup>3</sup>; T.M. Suirezs<sup>4</sup>; M. C. Area<sup>5</sup>; R. Pezzutti<sup>6</sup>

## Resumen

En los sistemas silvopastoriles de la región NE argentina, el *Pinus taeda* es una de las especies más utilizadas. Su madera, entre otros usos, es empleada con fines estructurales y de apariencia. La calidad de la madera estará definida por varios factores, como el material genético utilizado y el manejo silvícola (poda y raleo) aplicado. Un tratamiento adecuado contribuye a mejorar las características de apariencia y también puede contribuir a mejorar las propiedades del leño. Para conocer el efecto del raleo y de la poda sobre las propiedades de apariencia y estructurales de la madera se trabajó con árboles extraídos de ensayos silvícolas ubicados en el norte de Corrientes y en el norte de Misiones. Las intensidades de raleo analizadas fueron el 0%, 50 %, 75% y 87,5% de la densidad original de plantación (1960 pla.ha<sup>-1</sup>), siendo aplicado al año 3 en ambos casos. También a partir del año 3 se aplicaron en ambos ensayos diferentes intensidades y oportunidades de poda, la cual fue del 0%, 30%, 50% y 70 % de remoción de copa viva, aplicada en 1,2,3 y 4 realces de poda con intervalo de un año entre podas. Las tablas fueron evaluadas por su grado de apariencia para usos a la vista y por su valor de módulo de elasticidad dinámico (MOE<sub>d</sub>) a través de métodos acústicos. Los tratamientos con poda brindaron un mayor rendimiento en grados de calidad superior. Para una misma intensidad de raleo (87,5%) y diferentes intensidades de poda (0%, 30%, 50%), se obtuvieron mayores valores de MOE<sub>d</sub> en los tratamientos con poda, debido a que esta mejoró la calidad de los rollizos basales. Puede concluirse que la poda influye sobre las características de apariencia y la aptitud mecánica de las tablas y que la aplicación de raleos muy intensos a edades tempranas genera menores grados de resistencia.

**Palabras clave:** raleo, poda, madera de apariencia, madera estructural, métodos acústicos.

## Quality of wood from 20 years old loblolly pine stands subjected to different silvicultural managements

### Abstract

In silvopastoral systems applied in NE Argentina NE region, loblolly pine is one of the most used species. Its wood, among other uses, is employed for structural and appearance purposes. The quality of the wood will be defined by several factors including genetic material used and silvicultural management applied (pruning and thinning). Appropriate treatment helps to improve the characteristics of appearance and may also contribute to enhance the properties of wood. To study the effect of thinning and pruning on the appearance and structural properties work was done on trees harvested from silvicultural tests located in northern Corrientes and north of Misiones. The thinning intensities analyzed were 0%, 50%, 75% and 87.5% of the original planting density (1960 trees per hectare), being applied to year 3 in both cases. Also in both tested areas starting from the third year different intensities and opportunities of pruning, which consisted in 0%, 30%, 50% and 70% removal of live crown, applied in 1,2,3 and 4 enhancements pruning one year interval between each. The planks were evaluated for their appearance degree for visible applications and through acoustic methods the value of dynamic modulus of elasticity (MOE<sub>d</sub>). Pruning treatments yielded superior quality grades. For the same intensity of thinning (87.5%) and different pruning intensities (0%, 30%, 50%), higher values were obtained in MOE<sub>d</sub> treatments pruning, because this improved the quality of the logs baseline. It can be concluded that pruning influences the characteristics of appearance and mechanical aptitude timber and the application of intense thinning at an early age results in lower levels of resistance.

**Key words:** thinning, pruning, wood appearance, structural timber, acoustic methods.

<sup>1,2EEA</sup> Montecarlo, INTA, Av. El Libertador 2472. Montecarlo, Misiones, Argentina. winck.rosa@inta.gob.ar

<sup>3,4</sup> Facultad de Ciencias. Forestales-Universidad Nacional de Misiones. Bertoni 124. Eldorado, Misiones, Argentina.

<sup>5</sup> Programa de Celulosa y Papel (PROCYP)-Instituto de Materiales de Misiones (IMAM). Universidad Nacional de Misiones (UNaM)-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Félix de Azara 1552 (3300)- Posadas, Misiones, Argentina.

<sup>6</sup> Departamento de Silvicultura de Bosques del Plata S.A.; Argentina.

## Introducción

Los sistemas silvopastoriles (SSPs) permiten la diversificación del sitio de manera amigable con el medio ambiente, combinan árboles con producción de animales en una misma área, obteniendo así productos pecuarios y forestales maderables. Entre las especies forestales empleadas en los SSPs de la región NE argentina, se encuentra el *Pinus taeda*. Su madera, entre otros usos, es empleada con fines estructurales y de apariencia - “uso a la vista”. Cuando se desea utilizar la madera como estructural, se deben tener en cuenta sus propiedades

de resistencia mecánica. La calidad de la madera estará definida por varios factores, como el material genético utilizado y el manejo silvícola (poda y raleo) aplicado. Un tratamiento adecuado permite optimizar el rendimiento de la madera con buenas características de apariencia y también puede contribuir a mejorar las propiedades tecnológicas. Con el objetivo de evaluar el efecto del raleo y de la poda sobre las propiedades de apariencia y estructurales, se tomaron muestras de *Pinus taeda* de 20 años de edad de dos zonas geográficas.

## Materiales y métodos

Se trabajó con árboles extraídos de ensayos silvícolas ubicados en el norte de las provincias de Corrientes y Misiones (Fassola et al, 1997, Fassola et al, 2002; Pezzutti 2011).

El raleo se aplicó al año 3 en ambos casos, con intensidades de 0%, 50%, 75% y 87,5% de la densidad original de plantación (1960 pla.ha-1). También a partir del año 3 se aplicaron en ambos ensayos diferentes intensidades y oportunidades de poda, de 0%, 30%, 50% y 70% de remoción de copa viva, aplicada en 1, 2, 3 y 4 realces de poda con intervalo de un año entre cada uno de ellos.

Con el objetivo de evaluar el efecto del raleo y de la poda sobre las propiedades de apariencia y mecánicas (estructurales), se apearon 6 árboles de *Pinus taeda* de cada tratamiento silvícola a los 20 años, (Tabla 1), totalizando 60 ejemplares.

Se trozaron los árboles en largos variables. Se obtuvieron rollizos identificados según su posición en el árbol, como basales (hasta 5,5 m de altura) y superiores (por encima de

5,5 m de altura en el árbol). De los 4 tratamientos ubicados en la provincia de Misiones se evaluaron solamente los rollizos basales. Luego se cortaron tablas de 1” de espesor y de ancho variable y se secaron en horno. Una vez secas, fueron evaluadas por su grado de apariencia para usos a la vista según la norma “Factory” de tipificación para remanufacturas (Factory Grade) y por su valor de módulo de elasticidad dinámico ( $MOE_d$ ) con métodos no destructivos. En las trozas se utilizó una técnica de resonancia con el FFT (Fast Fourier Transformation) y en las tablas, la vibración transversal con el equipo Metriguard 340 E Computer. También se determinó el módulo de elasticidad estático ( $MOE_e$ ), con máquina universal de ensayos, en probetas clear obtenidas de los 4 tratamientos de intensidad de raleo, ubicados en la provincia de Misiones.

Los datos fueron analizados con un análisis de variancia con un nivel de significancia del 5%.

Tabla 1: Tratamiento Silvícola Aplicado

Tratamiento	Raleo	pla.ha-1	Ubicación Ensayo	Poda	Levantes	Tiempo (año)
1	75 %	400	Corrientes	0%	-	-
2				30%	3	1
3				30%	4	1
4	87,5%	200	Corrientes	0%	-	-
5				30%	3	1
6				50%	3	1
7	0%	1960	Misiones	0%	-	-
8	50%	980		0%	-	-
9	75%	400		0%	-	-
10	87,5%	200		0%	-	-

## Resultados

### Madera de apariencia

Los tratamientos con poda y 87,5% de raleo (200 plantas por hectárea) brindaron un mayor rendimiento (21%) en grados de calidad con aptitud para molduras y productos

superiores (M&B), mientras que ésta, estuvo prácticamente ausente (1%) en el tratamiento sin poda (Tabla 2 Figura 1). En los 3 tratamientos se obtuvo un mayor volumen porcentual de madera con calidad Shop3 (57%, 39% y 49%). Sin embargo, en los tratamientos con poda, las calidades

Tabla 2: Rendimiento en el aserrado de *Pinus taeda* a los 20 años de edad, en porcentaje según Normas Factory por tratamiento silvícola de raleo y poda, en la provincia de Corrientes.

Tratamiento		Volumen % según Normas Factory-Provincia de Corrientes						Vol. Total (%)
Raleo	Poda	M&B	SHOP1	SHOP2	SHOP3	P99	NC	
87,5%	0%	1,08	5,08	22,02	56,73	4,79	10,30	100,00
87,5%	30%	20,81	8,76	18,17	39,44	3,75	9,07	100,00
87,5%	50%	20,96	3,68	13,81	48,82	4,18	8,55	100,00

M&B: Moulding and better grado de calidad con aptitud para molduras y productos superiores; Shop1-2-3, grados de calidad con aptitud para partes de puertas y ventanas; P99: grados de calidad con aptitud para finger-joint; NC: no clasifica.

Tabla 3: Rendimiento en el aserrado de rollizos basales de *Pinus taeda* a los 20 años de edad, en porcentaje según Normas Factory por tratamiento silvícola, en la provincia de Misiones.

Tratamiento		Volumen % según Normas Factory-Provincia de Misiones						Vol. Total (%)
Raleo	Poda	M&B	Shop1	Shop2	Shop3	P99	NC	
0%	0%	0,00	0,00	5,05	39,90	46,97	8,08	100,00
50%	0%	0,00	0,00	2,28	40,30	53,61	3,80	100,00
75%	0%	0,00	0,00	9,73	43,78	46,22	0,27	100,00
87,5%	0%	0,00	4,93	8,70	59,11	25,94	1,31	100,00

M&B: Moulding and better grado de calidad con aptitud para molduras y productos superiores; Shop1-2-3, grados de calidad con aptitud para partes de puertas y ventanas; P99: grados de calidad con aptitud para finger-joint; NC: no clasifica.

Shop3 y Shop2 disminuyeron.

En la tabla 2 se presentan los resultados correspondientes al tratamiento de 87 % de raleo y distintos niveles de poda del ensayo ubicado en la Provincia de Corrientes.

Respecto a los tratamientos de intensidad de raleo y sin

poda, evaluados en la provincia de Misiones (Tabla 3), la calidad M&B estuvo ausente, mientras que la presencia de madera en grados de calidad inferior fue mayor, como ser las de aptitud para finger-joint (P99) y Shop 3, que variaron entre 26% y 54% y entre 40% y 60% respectivamente.

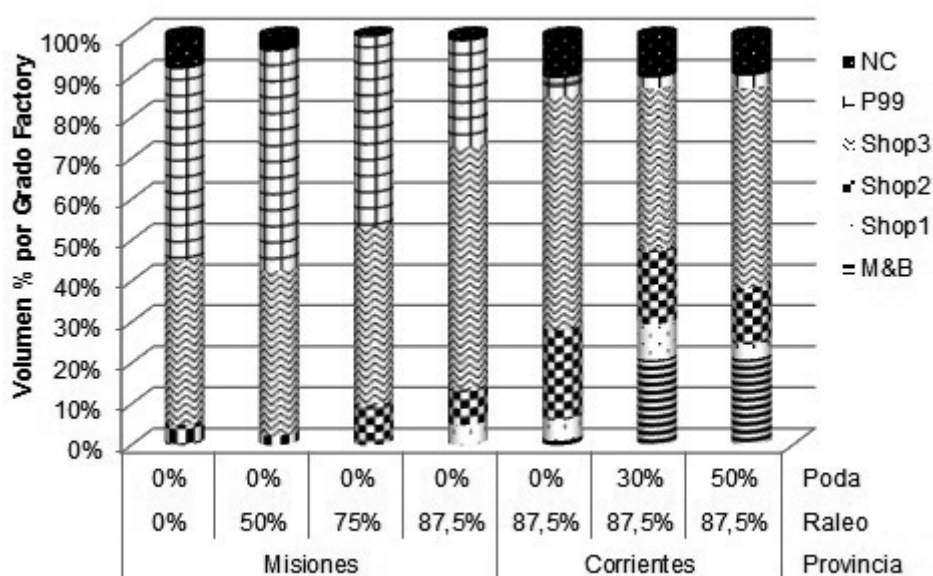


Figura 1: Rendimiento porcentual de tablas por grados de calidad (%) según Norma Factory de acuerdo al tratamiento aplicado.

## Madera estructural

### Propiedades de resistencia con métodos acústicos

En la figura 2 se observa el  $MOE_d$  promedio de los rollizos de los ejemplares apeados en el tratamiento con raleo del 87,5% y 3 niveles de poda en la provincia de Corrientes. En la misma se observa un mayor  $MOE_d$  en los tratamientos con poda, debido a que ésta mejoró la calidad de los rollizos basales. En la figura 3, están discriminados los rollizos basales y superiores, y se puede observar con claridad el efecto de la poda (Fassola et al. 2014).

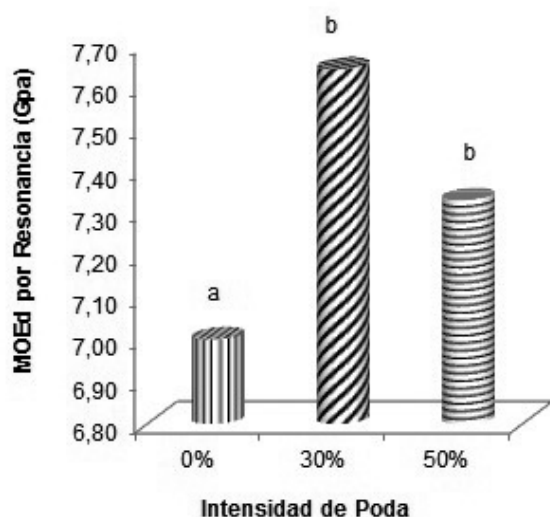


Figura 2.  $MOE_d$  promedio de los rollizos de ejemplares apeados de *Pinus taeda* a los 20 años de edad con 200 pla.ha<sup>-1</sup> y 3 niveles de poda en la Provincia de Corrientes.

Letras diferentes indican diferencias estadísticas al 5% de significancia.

En los tratamientos con poda, las tablas de los rollizos basales presentaron mayores valores de  $MOE_d$  respecto a las tablas de los rollizos superiores (Figura 4). Los valores de  $MOE_d$  a nivel tabla y a nivel troza fueron similares.

Los valores de  $MOE_e$  disminuyeron para intensidades igual y superior a 75% de raleo. Esta pérdida de resistencia fue significativa para el tratamiento de raleo más intenso (Figura 5). Winck et al (2013) y Winck (2013) atribuyen este comportamiento al mayor ángulo microfibrilar que se genera con raleos muy intensos a edades tempranas en esta especie.

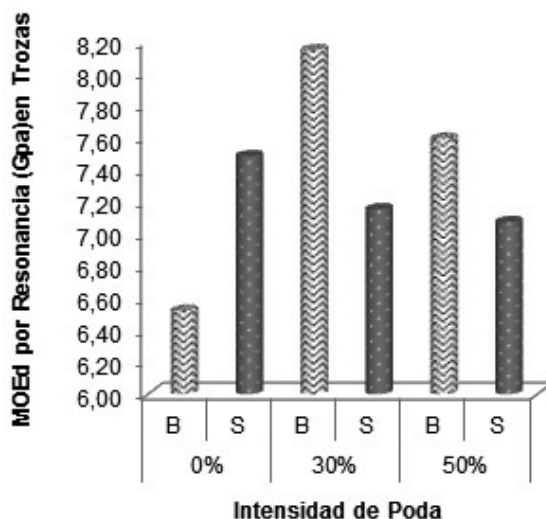


Figura 3.  $MOE_d$  promedio de los rollizos basales y superiores de ejemplares apeados de *Pinus taeda* a los 20 años de edad con 200 pla.ha<sup>-1</sup> y 3 niveles de poda en la Provincia de Corrientes.

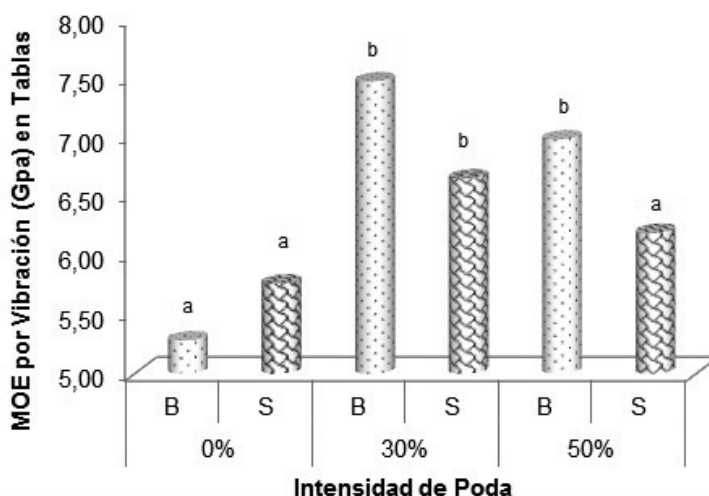


Figura 4. MOE promedio de tablas de los rollizos basales (B) y superiores (S) de ejemplares apeados de *Pinus taeda* a los 20 años de edad con 200 pla.ha<sup>-1</sup> y 3 niveles de poda en la Provincia de Corrientes.

Letras diferentes indican diferencias estadísticas al 5% de significancia.

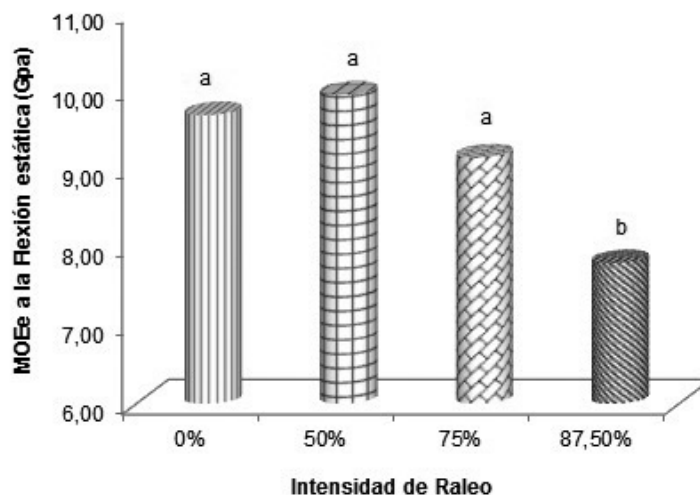


Figura 5. MOE a la flexión estática promedio de ejemplares apeados de *Pinus taeda* a los 20 años de edad con distintas intensidades de raleo en la Provincia de Misiones.

Letras diferentes indican diferencias estadísticas al 5% de significancia.

## Conclusiones

Los tratamientos con poda favorecieron la obtención de madera de apariencia, alcanzándose un mayor rendimiento en grados de calidad superior, además de una mejora en la aptitud mecánica de tablas.

El módulo de elasticidad a la flexión estática disminuyó con la intensidad de raleo.

La aplicación de raleo drástico, realizado en una sola oportu-

nidad a edades tempranas, disminuyen las propiedades de resistencias de la madera, por lo que se recomienda no reducir la densidad por debajo de 400 pla.ha<sup>-1</sup> a plantaciones jóvenes. Los métodos no destructivos constituyen una herramienta eficiente para determinar el módulo de elasticidad de la madera, lo que permitiría clasificar las piezas por su resistencia con el fin de optimizar el rendimiento de madera estructural.

## Bibliografía

- Fassola H. E., Gelid de Ruibal M. 1997. Diámetro máximo sobre muñones al momento de la primer poda en arboles dominantes de *Pinus taeda* L. del depto. Iguazu, Misiones. INFORME TÉCNICO N° 19 . pp 7.
- Fassola H. E., Gelid de Ruibal M. 1997. Diámetro máximo sobre muñones al momento de la primer poda en arboles dominantes de *Pinus taeda* L. del depto. Iguazu, Misiones. Actas del II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Posadas. pp 6.
- Fassola, H.E., et al. 2002. Evolución de las principales variables de árboles de *Pinus taeda* L. sometidos a diferentes tratamientos silviculturales en el nordeste de la provincia de Corrientes, Argentina. Ciência Florestal, Santa Maria, v.12. n.2, p.51-60.
- Fassola H. E.; Videla D.; Pezzutti R.; Winck A.; Barth S.; Crechi E.; Keller A. 2014. 11° Informe de avance – 3er trimestre 2014: PIA 10004. Efecto de la silvicultura sobre la acumulación de biomasa, la calidad de rollizos, la calidad y propiedades de la producción aserrable en rodales de *Pinus taeda* del NE de Corrientes. 5 pp. INTA EEA Montecarlo.
- Pezzutti, R.V. 2011. Efeitos biológicos e econômicos de tratamentos silviculturais em plantios de *Pinus taeda* L. no nordeste argentino. Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). Santa Maria, RS, Brasil. Pp.
- Winck, R. A. 2013. Influencia del raleo sobre las características anatómicas de la madera y las propiedades físico-mecánicas del *Pinus taeda* L. de la región NE de la Argentina -Tesis Mag. Sc. Maestría en Ciencias de Madera, Celulosa y Papel, FCF-UNaM, Eldorado, Misiones, Argentina. 179 p.
- Winck, R.A. et al, 2013. Empleo de ultrasonido para determinar propiedades físico mecánicas de *Pinus taeda* podados. 4to. Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Iguazú. 24 al 27 de Octubre del 2013.

# Caracterización de un sistema productivo con bosque nativo del establecimiento “La Sombrilla” en el departamento Gral. Obligado, Santa Fe, Argentina

*Deambrosi Ana(1); Bosch Daniel (1); Castro German (1); Capozzolo Cecilia (1)*

## Resumen

El establecimiento “La Sombrilla” se encuentra ubicado a 8 km al oeste de la localidad de El Sombrerito, Dpto. Gral Obligado. El mismo posee 93 ha, con una superficie de bosque estimada en 36 ha. La actividad principal es la ganadería bovina de mediana escala. El productor plantea realizar extracción de leña y madera de algunos sectores, y mejorar la accesibilidad o transitabilidad en el bosque para el manejo ganadero mediante poda y raleo selectivo. Para ello fue necesario realizar una evaluación del estado del mismo y definir estrategias de manejo sustentable del recurso. Se realizó el Inventario de los recursos forestales del establecimiento a través del muestreo sistemático que alcanzó el 3% de la superficie total del monte. Se diseñaron transectas de 50 metros de largo por 10 metros de ancho y otra parcela circular de 50 metros de diámetro. Se registró la descripción del estado inicial del sistema y/o de los estados sucesivos post intervenciones a través de inventario forestal. Se caracterizó inicialmente al monte por unidades de vegetación en Monte Alto (Monte fuerte), Monte bajo (Quebrachal) y Tierra blanca (Monte degradado). La caracterización del recurso monte nativo y la propuesta de acciones en función a esta caracterización, enmarcadas en el manejo sustentable del recurso, permite al productor ganadero tomar decisiones concretas de uso y manejo de su recurso natural

**Palabras claves:** *manejo sustentable, parque chaqueño, poda y raleo*

## Abstract

The establishment called “La Sombrilla” is located about 8 km west of the town of El Sombrerito, Dept. Gral. Obligado. Its size is about 93 ha, with an estimated area with forest of approximately 36 ha. The main activity is the medium-scale cattle production. The farmer decided to carry firewood and timber extraction in some sectors, and improve the accessibility and walkability in the forest for cattle management through selective pruning and thinning. It was necessary to evaluate the initial state of it and define strategies for sustainable resources management. Inventory of forest resources through the establishment of systematic sampling which reached 3% of the total area of forest was performed. Transects of 50 meters long by 10 meters wide were designed and one circular plot of 50 meters of diameter. It was recorded the description of the forest at the initial stage and after interventions. It was characterized by vegetation units in: Monte Alto (Tall forest), Monte Bajo (Short forest, eg. Quebrachal) and degraded land. The characterization of native forest and proposed actions based on this characterization, framed in sustainable resource management which would allow farmers concrete decisions of use and management of natural resources.

**Keywords:** *sustainable management, Chaco park, pruning and thinning*

<sup>1</sup> EEA INTA Reconquista. \* deambrosi.ana@inta.gob.ar

## Introducción

El establecimiento “La Sombrilla” se encuentra ubicado a 8 km al oeste de la localidad de El Sombrerito, dpto. Gral Obligado, consta de 93 has. Y la superficie de bosque estimada es de 36 has. Propiedad del Sr Gustavo Perez, productor ganadero de mediana escala. La actividad principal es la ganadería bovina, realizando también actividades agrícolas en ciertos lotes del establecimiento. Vinculando la producción agrícola a la ganadera, permitiendo realizar la recría de vaquillonas de reposición. Su rodeo de producción consta de Bovinos: Vacas: 76; Toro: 4; Vaquillas: 6; Terneros: 26 Total: 112 = EV: 86.

El establecimiento se encuentra ubicado en un paisaje del domo oriental rodeado de agricultura, y en una vía de escurrimiento importante hacia el arroyo El Ceibalito, por lo tanto el bosque presente es un bosque protector de cuenca. Este pertenece a la transición Chaco- Paranaense. Donde la formación predominante es el Monte fuerte. Esta formación es denominada por Bissio y Luisoni (1994) como “Monte cerrado y Caraguatal”. Es el hábitat de las especies maderables de mayor valor. Se trata de zonas altas en donde el estrato arbóreo está dominado por el Guarapitá (*Ruprechtia laxiflora*), el Guaraniná (*Bumelia obtusifolia*), el Guayaicán (*Caessalpinia paraguariensis*), el Guayaibí (*Patagonula americana*) y la Espina corona (*Gleditsia amorphoides*). El estrato subarbóreo presenta diversidad de arbustos de elevada presencia, como Garabato (*Acacia praecox*) y Tala (*Celtis spinosa*)

acompañados por frecuentes superficies cubiertas por caraguatá constituidos por Bromeliáceas espinosas (*Bromelia serra* y *Aeschmea distichanta*). (Fundapaz, 1998)

También es importante la presencia de la formación de Quebrachal acompañado por pastizal de paja amarilla. Este tipo de bosque se caracteriza por la amplia dominancia arbórea del Quebracho Colorado Chaqueño (*Schinopsis balansae*). Lo acompaña en el estrato arbóreo el Algarrobo negro (*Prosopis alba*) Quebracho blanco (*Aspidosperma* Quebracho Blanco), Garabato negro (*Acacia praecox*) y Guaraniná (*Bumelia obtusifolia*).

El clima de la zona es Subtropical húmedo, con temperatura media anual de 21 °C, y un régimen de lluvias de 1250 mm anuales, que se concentran entre setiembre y marzo. Las características edáficas muestran una Textura: arcillo-limoso. Tipo de suelo Argiudol vértico; donde la principal limitante: permeabilidad. Las clases de eso presentes son: IV, V y VI. El productor ha avistado directa o indirectamente diversas especies, lo que indica un monte rico en diversidad faunística. El productor plantea realizar extracción de leña y madera de algunos sectores, y mejorar la accesibilidad o transitabilidad en el bosque para el manejo ganadero (mediante poda y raleo selectivo). Para ello fue necesario realizar una evaluación del estado del mismo y definir estrategias de manejo sustentable del recurso.

## Materiales y Métodos

Inventario de los recursos forestales del establecimiento. Muestreo en 11.000 m<sup>2</sup>. (3% sup. bosque) (Castillo, 2007). Descripción del estado inicial del sistema y/o de los estados sucesivos post intervenciones a través de inventario forestal diseñado en función de los objetivos de manejo (Figura 1). Se caracterizó primeramente al monte por unidades de vege-

tación según criterio consensuado con el productor en Monte Alto (Monte fuerte), Monte bajo (Quebrachal) y Tierra blanca. Se realizaron transectas de 50 metros de largo por 10 metros de ancho y también se relevó una parcela circular de 50mts de diámetro. Se realizaron también mediciones de accesibilidad ganadera y disponibilidad de forraje (Ciarulli, 1998).



**Figura 1.** Unidades de vegetación y transectas de muestreo. AER INTA Las Toscas

## Resultados y Discusión

### Unidad Monte Alto (21 has)

#### 1. Árboles:

Densidad = 600 indiv./ha

AB Total = 17,45 m<sup>2</sup>/ha – 366,45 m<sup>2</sup>

AF media = 2,56 m

AT media = 5,89 m

VF (AF X AB) = 45,14 m<sup>3</sup>/ha

VC = 76,79 m<sup>3</sup>/ha

VT = 117,19 m<sup>3</sup>/ha

MF = 28,26 Tn/ha - 593 tn.

MC = 47,51 Tn/ha - 997,7 tn.

MT = 75,78 Tn/ha - 1591 tn

Especie	Frecuencia relativa
Algarrobo	4
Ibirá pitá	12
Canelón	11
Chañar	2
Curupí	7
Espina Corona	10
Grabato	8
Guayabo	17
Guayaibí	8
Molle	11
Mora	3
Nangapirí	3
Q. Blanco	3
Q. Colorado	1
Tala	1
Otros	1

**Tabla 1.** Frecuencia relativa de las especies de árboles en unidad de Monte Alto (Plan de manejo establecimiento Gustavo Perez), AER INTA Las Toscas.

**Análisis de la Unidad Monte Alto (21 has)** Se caracteriza a este bosque como: Bosque Aprovechable Vital (aprovechamiento, maderero, leñero, postes). La frecuencia relativa de las especies de árboles en unidad de Monte Alto se presenta en la Tabla 1 y su distribución diamétrica en la Figura 2. Se caracteriza por tener un 85 % de cobertura arbórea/arbustiva, 40 árboles aprovechables/ha (>30 cm DAP) de las especies canelón, espina corona, quebracho colorado, Ibirá pitá, 230 árboles para futura cosecha/ha (especies espina corona, Ibirá pitá, algarrobo, quebrachos colorado y blanco, guayaibí) y 115 individuos de arbustos, ramas, troncos caídos y enfermos. Además, 150 de renovales de valor maderable.

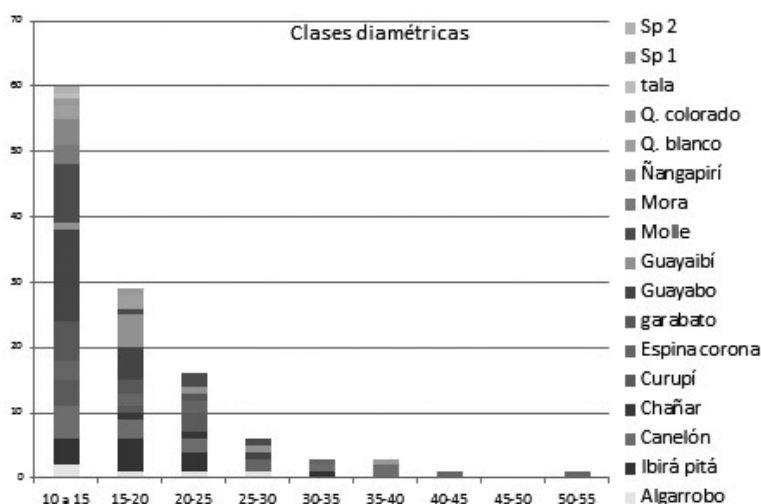
#### Análisis de la Unidad Monte Bajo (8 has)

Esta Unidad fue caracteriza también como Bosque Aprovechable Vital, donde existen árboles comerciables maduros

para un aprovechamiento actual y árboles futuros que aseguran la productividad del mismo. La frecuencia relativa de las especies de árboles en unidad de Monte Bajo se presenta en la Tabla 2 Se caracteriza por tener un 58% de cobertura arbórea/arbustiva, 12 árboles aprovechables/ha (>30 cm DAP) de las especies quebrachos colorado y blanco, algarrobo y Guayaacán, 193 árboles/ha de futura cosecha (especialmente quebrachos colorado y blanco, algarrobo, Ibirá pitá, Espina corona, Guayaacán, Guayaibí), una cobertura de cardo de 47% y una accesibilidad de 38%. La densidad de renovales de valor maderable es de 116 árboles/ha.

#### Manejo forestal propuesto

El ciclo de aprovechamiento es a los 15 años, lo cual determina una disminución estimativa de 20% del a cobertura arbórea (58 a 38%). El aprovechamiento de postes de quebracho



**Figura 2.** Clases diamétricas del Plan de manejo del establecimiento de de Monte Alto.



colorado sugerida es de 6 individuos/ha. El aprovechamiento de especies maderable total es 85,6 toneladas de masa de fuste. Para esto se ralearon algarrobo, Guayacán y quebracho colorado. Se aprovechó para leña un total de 252 toneladas, principalmente de garabato, tala, molle y tusca.

Para mejorar la entrada de luz (e incorporación de pasturas) se propuso ralear algunos arbustos y árboles con problemas sanitarios o dominados. También se realizó el control de renoval de gabarato, cocú, Trementina, talas (464 indiv/ha) en sitios abiertos con más luz. Esto mejoraría la accesibilidad actual del 36%.

También se propuso la protección de la regeneración forestal con clausuras temporarias (por el período de tratamientos silvícolas) y regulación de la carga de bovinos a través de una

buena disponibilidad forrajera. Para caprinos habría que clausurar por varios años, mínimo tres años. Sin embargo, para asegurar la diversidad de algarrobo, espina corona y quebracho colorado, se sugiere dejar árboles semilleros.

#### **Análisis de la Unidad Monte Tierra blanca (7 has)**

Esta Unidad fue caracterizada también como Bosque Degradado no aprovechable. Se sugiere dejar los árboles semilleros de especies de interés como los quebrachos colorado y blanco, el algarrobo para fomentar la regeneración forestal. Asimismo, se plantea un control de arbustos (garabato) y renoval de arbustos a través de raleo en fajas de no más de 10 m de ancho logrando así una cobertura arbustiva/arbórea intermedia (cerca al 50%).

#### **Análisis de la Unidad Monte Bajo (8 has)**

##### **1. Árboles:**

Densidad: 212 ind/ha = **1416 indiv.**

**AB = 5,47 m<sup>2</sup>/ha - 43,76 m<sup>2</sup>**

AF media = 2,83m

AT media = 6,36 m

VF = 15,20 m<sup>3</sup>/ha - 121 m<sup>3</sup>

VC = 29,3 m<sup>3</sup>/ha - 234,4 m<sup>3</sup>

VT = 44,5 m<sup>3</sup>/ha - 356 m<sup>3</sup>

MF = 10,7 Tn/ha - 85,6 tn

MC = 20,7 Tn/ha - 165 tn

MT = 31,5 Tn/ha - 252 tn

Especie	Frecuencia relativa %
Algarrobo	14
Ibira Pitá	17
Espina corona	2
Guayabo	4
Guayaibí	6
Ñandubay	1
Q Blanco	15
Q Colorado	40
Tusca	1

**Tabla 2.** Frecuencia relativa de especies de árboles en unidad de Monte Bajo (Plan de manejo establecimiento Gustavo Pérez). AER INTA Las Toscas.

## **Conclusiones**

La caracterización del recurso monte nativo y la propuesta de acciones en función a esta caracterización, enmarcadas en el manejo sustentable del recurso, permite al productor ganadero tomar decisiones concretas de uso y manejo de su recurso

natural. Permitiendo generar beneficios económicos al sistema productivo y al mismo tiempo preservar el recurso natural para las futuras generaciones.

## **Bibliografía**

- Castillo, G, 2007 Manual para el manejo forestal sustentable de los bosques nativos provincia de Chaco, Ministerio de la Producción de la Pcia del chaco
- Ciarulli, C, 1998 INCUPO. Recursos forrajeros nativos del Gran Chaco.
- Fundapaz, 1998. Experimentación adaptativa, para un manejo agrosilvopastoril con pequeños productores en la cuña boscosa santafesina. Documento N° 5 Publicaciones FUNDAPAZ.
- Bissio, J; Luisoni, L. 1994. Fenología de la Principales Forrajeras Nativas de los bajos Submeridionales santafesinos. Publicación N°8. INTA CERSAN EEA Reconquista.

# Influencia de la suplementación estratégica sobre el peso al nacimiento de cabritos en dos estaciones de parición en sistemas silvopastoriles

Arias<sup>1</sup>, Mónica.

## Resumen

El presente trabajo estudió la influencia de la suplementación estratégica sobre el peso al nacimiento de las crías en dos estaciones de parición. Se utilizaron 120 hembras que se dividieron al azar en dos grupos: No suplementadas (TNS, n=60) cuya alimentación consistió en pastoreo de vegetación natural y Suplementadas (TS, n=60) con similar manejo más un suplemento, pre-servicio y servicio 0.17 Unidades Forrajeras Leche (UFL), 10g Proteína Digestible en Intestino (PDI), último tercio de gestación 0.42 UFL, 34 g de PDI y lactancia 0.56 UFL, 50 g de PDI. Se evaluaron dos estaciones de servicios: Estación 1: primavera (octubre- noviembre) y Estación 2: otoño (mayo-junio). Las crías fueron identificadas individualmente, con caravana en la oreja, siguiendo un orden cronológico de acuerdo al primer nacimiento. Para registrar los pesos se utilizó una báscula de reloj calibrada a 20 kg y con precisión de 25g. Además se registró peso de nacimiento, fecha, sexo y tipo de parto (TP). El primer peso se tomó a las 24 hs del nacimiento y luego semanalmente, hasta el destete y/o venta. Los resultados demostraron diferencias por efecto: Estación ( $F=21.37$ ,  $p<.0001$ ), Tratamiento ( $F=4.84$ ,  $p=0.0288$ ), Tipo de Parto ( $F=35.46$ ,  $p<.0001$ ) Sexo ( $F=18.57$ ,  $p<.0001$ ). No hubo interacciones. Se puede concluir que la suplementación energética y proteica de las hembras en el último período de gestación favorece el incremento del peso de las crías al nacer y disminuye el efecto desfavorable de la estación.

**Palabras clave:** silvopastoril, cabras, suplementación estratégica, peso al nacimiento

## Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of strategic feeding supplementation on kid production for short periods of time in two kidding seasons of meat production systems. In the studied area kidding take place in two seasons. Females (n=120) were randomly divided into two groups: Not Supplemented (NS, n=60), whose diet consisted of grazing on natural vegetation, and Supplemented (S, n=60), with similar management plus a supplement (0.17 MFU and 10g DPI during pre-mating and mating, 0.42 MFU and 34 g DPI during the last third of gestation, and 0.56 MFU and 50 g DPI during lactation). Two mating seasons were evaluated: Season 1 during spring (October- November) and Season 2 during autumn (May-June).

Kids were identified with caravans following a chronological order according to the first birth. To record the weights a calibrated scale to 20 kg and accuracy of 25g was used. Additionally birth weight, date, sex and calving type (TP) was recorded. The first weight was taken after 24 hours of birth and then weekly until weaning and / or sale. The results showed differences due : Station ( $F=21.37$ ,  $p<.0001$ ), treatment ( $F=4.84$ ,  $p=0.0288$ ), birth type ( $F=35.46$ ,  $p<.0001$ ) Sex ( $F=18.57$ ,  $p<.0001$ ) there were no interactions. It can be concluded that energy and protein supplementation of females in late gestation promotes weight gain kids of birth and reduces the unfavorable effect of the station.

**Key words:** silvopastoral goats, strategic supplementation, birth weight.

<sup>1</sup> monarias@agro.unc.edu.ar Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Argentina. Av. Valparaíso s/n Ciudad Universitaria. Córdoba 5000

## Introducción

Los sistemas ganaderos orientados a la producción de carne se sustentan en el aumento de peso vivo de los animales a través del crecimiento, el número de crías nacidas y el peso de la progenie producida. La sustentabilidad de estos sistemas depende principalmente de la eficiencia en la producción de crías, la cual está afectada por la actividad reproductiva, el control de las enfermedades, el manejo nutricional y la gestión (Alexandre y Mandonnet, 2005).

Las cabras, como los rumiantes en general, dependen del forraje natural como su principal fuente de alimentación. En los climas áridos y semiáridos, durante la estación seca, el forraje disponible es fibroso y de bajo contenido en proteínas. Según Ben Salem y Smith (2008), si la dieta no puede mejorarse, las tasas de crecimiento, lactancia y peso al nacimiento se re-

ducen, mientras que los abortos y tasa de mortalidad de las crías aumenta. Por lo tanto, la manipulación nutricional de la reproducción se torna relevante en estos sistemas. Los cambios en la alimentación y la gestión de las reservas corporales pueden mejorar el peso de la progenie producida siendo determinante en la productividad del sistema (Bosman et al. 1997; Walkden-Brown y Bocquier 2000; Ben Salem y Smith, 2008). En los sistemas de producción caprinos mejorados, el aporte de energía y/o suplementos de proteínas aumentan la eficiencia reproductiva de las cabras, la supervivencia, peso al nacimiento y el crecimiento de los cabritos (cita).

El presente trabajo estudió la influencia de la suplementación estratégica sobre el peso al nacimiento de las crías en dos estaciones de parición en sistemas silvopastoriles.

## Materiales y Métodos

Para el presente trabajo se seleccionó un productor caprino tradicional, representativo de los sistemas productivos de la zona. El establecimiento llamado "El Amanecer", se encuentra ubicado a 15 Km al oeste de la ciudad de Serrezuela, Pedanía Pichanas, Departamento Cruz del Eje, Provincia de Córdoba, Argentina. Se ubica entre los 29° 30' y los 31° 50' de Latitud Sur y entre los 64° 15' a los 65° 45' de Longitud Oeste. Caracteriza el paisaje de la región la presencia de un amplio bolsón sobre el cual se extienden bosques xerofíticos de 9 a 12 metros de altura compuesto por varios estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo. Los caprinos se alimentan de uno o varios de ellos de acuerdo a la oferta estacional de los mismos. Entre las especies arbustivas más importantes de la región podemos mencionar, tala (*Celtis spinosa*), espinillo (*Acacia caven*), chañar (*Geoffroea decorticans*), piquillín (*Candelia micropophylla*), garabato (*Acacia praecox*) y brea (*Cercidium australe*). La alimentación se completa con el estrato herbáceo y el arbóreo, este último está constituido mayoritariamente por quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*), algarrobo negro (*Prosopis nigra*), mistol (*Zizyphus mistol*) y algarrobo blanco (*Prosopis alba*) entre otros. En cuanto al estrato herbáceo se pueden mencionar gramineas de los géneros *Setaria*, *Trichloris*, *Pappohorum* y especies de latifoliadas, como *Acanthaceas* (ajicillo, alfalfillas). Esta vegetación constituyó la base de la alimentación de la majada experimental.

**Selección de animales:** Se utilizaron 120 (ciento veinte) hembras caprinas y 6 (seis) machos característicos de la región, las hembras se dividieron al azar en dos grupos: No suplementa-

das (TNS, n=60) cuya alimentación consistió en pastoreo de vegetación natural y Suplementadas (TS, n=60) con similar manejo más un suplemento, pre-servicio y servicio 0.17 Unidades Forrajeras Leche (UFL), 10grs Proteína Digestible en Intestino (PDI), último tercio de gestación 0.42 UFL, 34 grs. de PDI y lactancia 0.56 UFL, 50 grs. de PDI. La rutina diaria consistió en pastoreo durante 10 horas a cuyo regreso los animales se separaban en dos corrales uno para el grupo TS y otro para el TNS. Las hembras del grupo TS recibían la suplementación en comederos colectivos.

Se evaluaron dos estaciones de servicios: Estación 1: primavera (octubre-noviembre) y Estación 2: otoño (mayo-junio). Las crías fueron identificadas individualmente, con caravana en la oreja, siguiendo un orden cronológico de acuerdo al primer nacimiento. Para registrar los pesos se utilizó una báscula de reloj calibrada a 20 kg y con precisión de 25g. Además se registró peso de nacimiento, fecha, sexo y tipo de parto (TP). El primer peso se tomó a las 24 hs del nacimiento.

Para el análisis del peso al nacimiento se realizó un análisis de la varianza con los siguientes factores principales: Tratamiento, Estación, TP, sexo, Semana y las interacciones: Tratamiento\*Estación; Tratamiento\*Semana; Tratamiento\*TP.

La metodología empleada fue de modelos lineales mixtos por la falta de independencia entre los datos pertenecientes al mismo individuo y modelada a través de la matriz de covarianza no estructurada (UN).

El modelo empleado fue:

PN= Estación+ Tratamiento + TP + sexo + Tratamiento\*TP + Tratamiento\*Estación + Tratamiento\*sexo

## Resultados y Discusión

Los resultados demostraron diferencias por efecto: Estación ( $F=21.37$ ,  $p<.0001$ ), Tratamiento ( $F=4.84$ ,  $p=0.0288$ ), Tipo de Parto ( $F=35.46$ ,  $p<.0001$ ) Sexo ( $F=18.57$ ,  $p<.0001$ ). Pero no interacciones.

Se observaron pesos al nacimiento (PN) superiores ( $F=21.37$ ,  $p<.0001$ ) en la parición de otoño (E1), que corresponde al servicio de primavera, esto se debería fundamentalmente al efecto del ambiente sobre la condición corporal de las hem-

bras. En este período la disponibilidad de pasturas naturales comienza a declinar; pero las cabras conservan buenas reservas de la época primavera-estival lo que les permite afrontar en mejores condiciones la parición y lactancia, siempre que ésta última sea corta y que finalice antes del inicio de invierno donde la disponibilidad forrajera desciende en forma muy importante. En general en la región, las lactancias tienen una duración de 30 a 45 días, pudiendo llegar en algunos casos a 60 días, esto se debe a que el cabrito que se produce es “mamón”, es decir que solo se alimenta con leche materna.

En el servicio de otoño con parición en primavera (E2), las hembras gestan durante el invierno que se caracteriza por ser frío y seco; estas características ambientales condicionan fuertemente la cantidad y calidad de forraje. La parición ocurre a la salida del invierno cuando las pasturas naturales aún no han rebrotado, por lo que las hembras deben afrontar el último tercio de la gestación y comienzo de lactancia en estas condiciones de subalimentación, lo que explicaría los menores PN registrados en esta estación.

Independientemente de la estación donde se produjo el servicio, los resultados obtenidos demuestran un efecto positivo de la suplementación ( $F=4.84$ ,  $p=0.0288$ ). El peso al nacer de las crías de las cabras suplementadas fue de  $2.857 \pm 0.0496$  y de las no suplementadas  $2.683 \pm 0.0617$  kg.

Los pesos de la E1 son superiores a los reportados por Hernández et al. (2005) quienes informaron que la cabra Criolla de México, se caracteriza por su morfología variada y bajos índices de producción de carne y de leche, manifestando un potencial de adaptación importante para crecer, desarrollarse y reproducirse en sistemas de manejo extensivo de zonas áridas y semiáridas. En este contexto el peso promedio al nacimiento encontrado fue de  $2.562 \pm 0.583$  kg.

También son superiores a los informados por Sibanda, et al., (1999) quienes reportaron pesos al nacimiento de  $2.1 \pm 0.06$  kg para la raza Matebele en sistemas de pastoreo extensivo del suroeste de Zimbabwe.

El peso al nacimiento de las crías por lo general está relacionado con el ambiente intrauterino y la capacidad de producción de leche de las madres a su vez influenciadas por el estado nutricional y del pre-y post-parto (Ribeiro da Silva y Mello

de Araújo, 2000). El efecto observado de la suplementación energética y proteica en las hembras y la influencia sobre el peso al nacimiento verifica la gran adaptación de las cabras regionales al ambiente y el efecto positivo de la suplementación sobre el peso al nacimiento de las crías, lo cual coincide con los resultados de Alexandre y Mandonnet (2005).

En relación a los resultados obtenidos para tipo de parto, las medias ( $\pm$  EE) fueron las siguientes: parto simple  $3.246 \pm 0.71$  kg, dobles  $2.602 \pm 0.042$  kg y triples  $2.464 \pm 0.085$  kg,  $p < 0.0001$ .

Las crías nacidas de partos múltiples tienen menor peso al nacimiento que aquellas provenientes de un parto único. Estos menores pesos de las crías nacidas de partos dobles o triples también han sido reportados por diversos autores (Amoah et al., 1996; Mc Manus et al., 2008, Ahuya et al., 2009).

Las medias observadas según sexo de las crías fueron:  $2.624 \pm 0.0516$  kg en las hembras y  $2.917 \pm 0.0526$  kg en los machos. Los machos tienen un peso al nacimiento superior al de las hembras ( $p < 0.01$ ), coincidiendo con lo reportado por diversos autores (Hernández et al., 2005; Ribeiro da Silva y Mello de Araújo, 2000).

Los cabritos nacidos en las pariciones de otoño son de mayor peso que los de primavera. Además, las crías nacidas de hembras suplementadas presentaron pesos superiores en ambos sexos y estación de parición (agregar p valores).

Los pesos al nacimiento registrados durante E2 fueron menores que los de la estación anterior en ambos grupos (TS Y TNS), debido a la influencia de la estación sobre los forrajes y las reservas de agua que afectaron la condición corporal de las hembras. Si bien las cabras gestantes estuvieron sujetas a una subalimentación al final de la gestación, la suplementación en el grupo TS, tuvo una respuesta positiva sobre el peso al nacimiento de los cabritos y consecuentemente en su sobrevivencia; coincidiendo con lo expresado por diversos autores (Shelton y Graff, 1987; Havrevoll et al., 1995; AbiSaab, 2005; Hary y Schwartz, 2002).

El peso al nacimiento se considera como uno de los factores más importantes que contribuyen a la supervivencia de las crías, la tasa de mortalidad disminuye a medida que el peso al nacimiento es mayor (Miah et al., 2003).

## Conclusión

Se puede concluir que la suplementación energética y proteica de las hembras en el último período de gestación favorece el

incremento del peso de las crías al nacer y disminuye el efecto desfavorable de la estación.

## Bibliografía

- Abi Saab, S., 2005. Amélioration des performances productives et reproductives des petits ruminants au Liban. Improvement of productive and reproductive performances of small ruminants in Lebanon. HDR Thesis, Institut National Polytechnique de Lorraine, 50 pp.
- Ahuya, C.O., Ojango, J.M.K.; Mosi R.O., Peacock C.P., Okeyo, A.M., 2009. Performance of Toggenburg dairy goats in small-holder production systems of the eastern highlands of Kenya. *Small Ruminant Research* 83, 7–13
- Alexandre, G., Mandonnet, N., 2005. Goat meat production in harsh environments. *Small Ruminant Research* 60, 53–66
- Amoah, E.A., Gelaye, S., Guthrie, P., Rexroad, J.C.E., 1996. Breeding season and aspects of reproduction of female goats. *J. Anim. Sci.* 74, 723–728.
- Ben Salem, H., Smith, T., 2008. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. *Small Ruminant Research* 77, 174–194.
- Bosman, H.G., Moll, H.A.J., 1997. Measuring and interpreting the benefits of goat keeping in tropical farm systems. *Agric. Syst.* 53, 349–372
- Hary, I., and Schwartz, H.J., 2002. Effects of seasonal breeding on productive performance of pastoral goat herds in northern Kenya: a longitudinal analysis of growth in kids and body weight development of does *Journal of Arid Environments* 50: 641–664.
- Hernández, Z., Herrera, M., Rodero, E., Vargas L., Villarreal E., Reséndiz M., Carreón, L., Sierra, A.C., 2005. Tendencia en el crecimiento de cabritos criollos en sistemas extensivos. *Archivos de Zootecnia* vol. 54, 429–436.
- McManus, C., Filho, G.S., Louvandini, H., Dias, L.T., Teixeira, R.A., Murata, L.S., 2008. Growth of Saanen, Alpine and Toggenburg goats in the federal district, Brazil: genetic and environmental factors. *Ciência Anim. Bras.* 9, 68–75.
- Miah, G., Uddin, M.J., Akhter, S., Kabir, F., 2003. Effect of birth weight and milk yield of dam on kid mortality in Black Bengal Goat. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 6(2), 112–114
- Ribeiro da Silva, F., Mello de Araújo, A., 2000. Desempenho Produtivo em Caprinos Mestiços no Semi-árido do Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Zootec.* v.29 n.4 Viçosa jul./ago. 2000.
- Shelton, M., Graff, J., 1987. Improving reproductive efficiency in Angora goats. *Proc. 2nd annual field day AIGR*. Langston University pp. 17–56.
- Sibanda, L.M., Ndlovu, L.R. & Bryant, M.J., 1997. Effects of feeding varying amounts of a grain/forage diet during late gestation and lactation on the performance of Matebele goats. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, 128: 469–477.
- Sibanda, L.M., Ndlovu, L.R. & Bryant, M.J., 1999. Effects of a low plane of nutrition during pregnancy and lactation on the performance of Matebele does and their kids *Small Ruminant Research* 32: 243–250.
- Walkden-Brown, S.W., Bocquier, F., 2000. Nutrition-reproduction in goats. In: *Proceedings of the seventh ICG*, vol.1, 389–395.

# New directions for sustainable animal production systems and the role of animal welfare.

*D.M.Broom*

## Summary

Truly sustainable animal production systems are urgently needed. A system or procedure is sustainable if it is acceptable now and if its effects will be acceptable in future, in particular in relation to resource availability, consequences of functioning and morality of action. What might make an animal usage system unsustainable? The system might involve so much depletion of resource that it will become unavailable. Alternatively, a product of the system might accumulate to a degree that prevents the functioning of the system. However, any effect which the general public find unacceptable makes a system unsustainable. A production system might be unsustainable because of: inefficient usage of world food resources; adverse effects on human health; poor welfare of animals; harmful environmental effects such as low biodiversity or insufficient conservation; unacceptable genetic modification; not being “fair trade” in that producers in poor countries are not properly rewarded; or damage to rural communities. Any of these inadequacies could result in the quality of the product being judged as poor.

Animal welfare and other aspects of sustainability are better than the average in animal production when pigs exploit woodland. Agropastoral combinations of soya or other crops and cattle can also have various benefits. Three layer plant production, including pasture, shrubs with edible leaves and trees that may also have edible leaves are an example of a silvopastoral system. The production of leaves and other material that can be eaten by the animals is much greater than can be achieved by pasture-only systems. Results presented from tropical and sub-tropical studies show that cattle production can be better, biodiversity much increased, animal disease reduced, and animal welfare also improved by better availability of shade and other conditions selected by the animals. There are also possibilities for feeding tree and shrub leaves to pigs, poultry or farmed fish.

**Key words** *sustainability, animal welfare, silvopastoral, livestock, disease control*

## Introduction

Whilst agroforestry has been studied scientifically for many years and some combinations of plant and animal production have continued for centuries, the development of new, truly sustainable systems is urgently needed. Systems were initially called unsustainable when a resource became depleted so much that it became unavailable to the system, or when a product of the system accumulated to a degree that prevented the functioning of the system. Now the meaning of the term is much wider, for example a system can be unsustainable because of negative impacts on human health, animal welfare, or the environment. A definition of sustainability is: a system or procedure is sustainable if it is acceptable now and if its effects will be acceptable in future, in particular in relation to resource availability, consequences of functioning and morality of action (Broom 2001, 2010).

What might make an animal usage system unsustainable? The system might involve so much depletion of resource that it will become unavailable. Alternatively, a product of the system might accumulate to a degree that prevents the functioning of the system. However, any effect which the general public find unacceptable makes a system unsustainable. Members of the public in all parts of the world, particularly in developed countries, are now insisting on transparency in commercial and governmental activities and on changes in methods of producing of various products. A production system might be unsustainable because of: inefficient usage of world food resources; adverse effects on human health; poor welfare of animals; harmful environmental effects such as low biodiversity or insufficient conservation; unacceptable genetic modification; not being "fair trade" in that producers in poor countries are not properly rewarded; or damage to rural communities. Any of these inadequacies could result in the quality of the product being judged as poor. In future, consumers are likely to demand that sustainable systems are used. If they are not, retail companies, production companies and countries that do not produce good quality, sustainable products are likely to be boycotted and hence forced to change (Bennett et al 2002, Broom 2014).

Welfare is the state of the individual as regards its attempts to cope with its environment (Broom 1986) so can be measured scientifically. Measures of animal disease are often important because health is a key part of welfare. Other measures, for example of behaviour, physiology, immune system function, body damage, etc. are described by Broom (2014) and Broom and Fraser (2015). The welfare of animals kept on pasture-only systems can be poor because of heat-stress, parasitic and other infectious disease and low nutrient availability with associated competition (Petherick 2005). The welfare of animals in feed-lots is often worse than that of animals on pasture.

### Sustainable systems and welfare 1: livestock in woodland

Agroforestry allows the use of spaces or clearings in woodland for livestock. The animal production is additional to woodland production and may have benefits when dung components are utilised by the plants. Animal welfare and other aspects of sustainability are better than the average in animal production, for

example when Andalusian or Portuguese pigs exploit woodland. The trees may be chestnut, oak, etc. and the pigs eat the fruits of the trees, either when these are produced or later. Agroforestry produces wood, as well as meat or other animal products (Tirapicos Nunes 2007, Santos Silva and Tirapicos Nunes 2013), and often provides an environment that results in good welfare for the animals.

The woodland may itself be made up of trees planted for production of a human resource. For example, in Malaysia cattle can utilise areas between trees in oil-palm plantations.

### Sustainable systems and welfare 2: livestock and field crops

Agropastoral combinations of soya or other crops and cattle can have various benefits. However, we have little knowledge of the effects on animal welfare.

### Sustainable systems and welfare 3: silvopastoral three layer systems

Three layer plant production, including pasture, shrubs with edible leaves and trees that may also have edible leaves are an example of a silvopastoral system. A cattle production system whose characteristics and aims include: using three-level or other multi-level production of edible plants, managing the soil taking account of worms and water retention, encouraging predators of harmful animals, minimising greenhouse gas emissions improving job-satisfaction for stock-people, reducing injury and stress in animals and maximising good welfare, considering how to encourage biodiversity using native shrubs and trees, and utilising the potential for obtaining wood from trees is explained by Murgueitio et al (2008, 2011), Giraldo et al (2011), Naranjo et al (2012), Broom et al (2014).

The production of leaves and other material that can be eaten by the animals is much greater in silvopastoral systems than can be achieved by pasture-only systems. Results presented from tropical and sub-tropical studies show that cattle production can be better, biodiversity much increased, animal disease reduced, and animal welfare also improved by better availability of shade and other conditions selected by the animals. There are also possibilities for feeding tree and shrub leaves to pigs, poultry or farmed fish. Worker satisfaction is generally high in such systems. The biodiversity may be greater than that in natural forest but some wild species can only be conserved by the use of nature reserves.

The welfare of animals in silvopastoral systems has been demonstrated to be better in various ways than that on pasture-only systems (Table 1 where references are quoted). The beneficial effects of shade are substantial in hot weather with cattle skin temperatures up to 4°C lower than in pasture-only systems. High temperature reduces foraging times in paddocks fully exposed to the sun. Anxiety and fear, including fear of humans, can be reduced when partial concealment is possible. The increases in predators lowers the populations of ticks and injurious insects, such as horn flies, and hence reduces the incidence of diseases such as anaplasmosis, which has been

shown to drop from 25% to <5%. The presence of nitrogen-fixing shrubs such as *Leucaena* improves animal nutrition and this, together with the better water-retention by the soil, reduces the likelihood of thirst and starvation. Feeding behaviour is improved at high temperature and humidity if the animals are in a silvopastoral system (Ceballos et al 2011). It may be that the improvement in dietary choice contributes to this beneficial effect (Manteca et al 2008).

**Table 1. Summary of benefits of silvopastoral systems for animal welfare.**

data from Broom et al (2013)

Nutritional improvement because of shrub and tree intake (Murgueitio et al 2011)

Thermal comfort resulting from more shade (Galindo et al 2013)

Less fear because of concealment (Ocampo et al 2011)

Health better because more predators of ticks and flies (Murgueitio and Giraldo 2009)

Body condition better because of nutrients, shade and less disease (Ocampo et al 2011, Tarazona et al in prep)

Food intake and social behaviour improved (Améndola 2013)

Better human-animal interactions (Mancera and Galindo 2011)

A study of welfare in three intensive silvopastoral systems

was carried out in Colombia with *Leucaena leucocephala* and *Guazuma ulmifolia* as shrubs for browsing at more than 8,000 shrubs/ha and several tree species (Tarazona et al in prep). The needs of the cattle were met, there being good food and water availability, effective body temperature control and physical comfort, good social behaviour and low parasite levels. Some respiratory infection occurred on one farm, but this might be expected by chance.

When the social behaviour of cattle was compared in a silvopastoral system and a pasture-only monoculture system in the region of Merida, Yucatán, Mexico there was more social behaviour in total, more affiliative behaviour and less aggressive behaviour in the silvopastoral system (Améndola et al in prep). Social licking was the main affiliative behaviour and head-butting the main aggressive behaviour. The heifers studied showed 46% more social licking but 37% fewer fights in the silvopastoral than in the monoculture system. In the silvopastoral system, 57% of interactions occurred in the shade. Head-butting and chasing occurred in the silvopastoral system but often did not develop into a fight. Social licking is known to occur after the animals have obtained food and shelter (Sato 1991) but it does reduce the heart rate of the participants (Laister et al 2011) and contributes to the stability of social relationships in cattle (Sato et al 1993).

## References

- Améndola L 2013. Conducta social y de mantenimiento de bovinos (*Bos indicus*) en sistemas silvopastoriles. Master's thesis. National Autonomous University of Mexico (Mexico City, Mexico).
- Améndola, L., Solorio F.J., Ku-Vera J., Améndola-Massioti, R.D., Galindo F.A. (in prep). Social behaviour of cattle in tropical silvopastoral and monoculture systems.
- Améndola, L., Solorio, F.J., González-Rebeles, C., Galindo, F. 2013 Behavioural indicators of cattle welfare in silvopastoral systems in the tropics of México. *Proceedings of 47<sup>th</sup> Congress of International Society for Applied Ethology, Florianópolis*, p.150. Wageningen Academic Publishers, Wageningen.
- Bennett, R.M., Anderson, J. and Blaney, R.J.P. 2002. Moral intensity and willingness to pay concerning farm animal welfare issues and the implications for agricultural policy. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 15, 187–202.
- Broom, D.M. 1986. Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal* 142, 524–526.
- Broom, D.M. 2001. The use of the concept animal welfare in European conventions, regulations and directives. In *Food Chain* pp.148–151, SLU Services, Uppsala.
- Broom, D.M. 2010. Animal welfare: an aspect of care, sustainability, and food quality required by the public. *Journal of Veterinary Medical Education* 37, 83–88. doi : 10.3138/jvme.37.1.83
- Broom, D.M. 2014. *Sentience and Animal Welfare*. pp. 200, CABI, Wallingford.
- Broom, D.M., Fraser A.F. 2015 *Domestic Animal Behaviour and Welfare*, 5<sup>th</sup> edn. CABI, Wallingford.
- Broom, D.M., Galindo, F.A. Murgueitio, E. 2013. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proceedings of the Royal Society B* 280, 20132025. doi.org/10.1098/rspb.2013.2025
- Ceballos MC, Cuartas CA, Naranjo JF, Rivera JE, Arenas F, Murgueitio E, Tarazona AM 2011. Efecto de la temperatura y la humedad ambiental sobre el comportamiento de consumo en sistemas silvopastoriles intensivos y posibles implicaciones en el confort térmico. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 24, 368.
- Galindo, F., Olea, R., Suzán, G. 2013 Animal welfare and sustainability. *International Workshop on Farm Animal Welfare*, São Pedro, SP, Brazil. <http://www.workshopdebemestaranimal.com.br/indexen.html>
- Giraldo, C., Escobar, F., Chará, J.A., Calle, Z. 2011. The adoption of silvopastoral systems promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. *Insect Conservation and Diversity* 4, 115–122. doi: 10.1111/j.1752-4598.2010.00112.x
- Laister, S., Stockinger, B., Regner, A.M., Zenger, K., Knierim, U., Winckler, C. 2011. Social licking in dairy cattle: Effects on heart rate in performers and receivers. *Applied Animal Behaviour Science* 130, 81–90.
- Mancera, A.K., Galindo, F. 2011. Evaluation of some sustainability indicators in extensive bovine stockbreeding systems in the state of Veracruz. VI Reunión Nacional de Innovación Forestal p. 31, León Guanajuato, México.



- Manteca X., Villalba J.J., Atwood, S.B., Dziba, L., Provenza, F.D. 2008. Is dietary choice important to animal welfare? *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research* 3, 229–239.
- Murgueitio, E., Cuartas, C.A. & Naranjo, J.F. 2008. Ganadería del Futuro, Fundación CIPAV, Cali Colombia.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of cattle ranching lands. *Forest Ecology Management* 261, 1654-1663. doi: 10.1016/j.foreco.2010.09.027.
- Murgueitio, E., Giraldo, C. 2009. Sistemas silvopastoriles y control de parásitos. *Revista Carta Fedegán* 115, 60-63.
- Naranjo, J. F., Cuartas C. A., Murgueitio, E., Chará J., Barahona, R. 2012. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. *Livestock Research and Rural Development*. 24, Article #150.
- Ocampo, A., Cardozo, A., Tarazona, A., Ceballos, M. & Murgueitio, E. 2011 La investigación participativa en bienestar y comportamiento animal en el trópico de América: oportunidades para nuevo conocimiento aplicada. *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias* 24, 332-346.
- Petherick, J.C. 2005 Animal welfare issues associated with extensive livestock production: the northern Australian beef cattle industry. *Applied Animal Behaviour Science* 92, 211-234. doi: 10.1016/j.applanim.2005.05.009
- Santos Silva, J., Tirapicos Nunes, J.L. 2013. Industry and characterization of traditional Mediterranean pig production systems, advantages and constraints towards its development. 8<sup>th</sup> International Symposium on Mediterranean Pig. Ljubljana, Slovenia.
- Sato, S., Sako, S., Maeda, A. 1991. Social Licking patterns in cattle (*Bos taurus*): influence of environmental and social factors. *Applied Animal Behaviour Science* 32, 3-12.
- Sato, S., Tarumizu, K., Hatae, K. 1993. The influence of social factors on allogrooming in cows. *Applied Animal Behaviour Science* 38, 235-244.
- Tarazona A.M., Ceballos M.C., Naranjo, J.F., Cuartas C.A., Correa G.A., Paranhos da Costa, M.J. (in prep). Welfare of cattle kept in intensive silvopastoral systems.
- Tirapicos Nunes, J. 2007. Livestock management to optimise carcass and meat characteristics in farming systems using natural resources. In: Audiot A., Casabianca F., Monin G. (eds). 5. International Symposium on the Mediterranean Pig, Zaragoza : CIHEAM, pp. 73-82.

# AREA

---

## 2

## **Aspectos económicos y sociales de los sistemas silvopastoriles y agroforestales**



# Política forestal en apoyo a la implementación de sistemas silvopastoriles en Argentina

Peri, P.L.<sup>1,2</sup>, Paez, J.A.<sup>3</sup>, Marcovecchio, J.<sup>4</sup>, Carranza C.<sup>5</sup>, Laclau P.<sup>6</sup>, Schlichter T.<sup>7</sup>

## Resumen

El objetivo del presente trabajo fue presentar los principales resultados de la aplicación de la Ley N° 25.080 de Inversiones para Bosques Cultivados y la Ley N° 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos en Argentina para la implementación de los sistemas silvopastoriles (SSP), como así también las políticas para el desarrollo de las Pequeñas y medianas empresas (PyMEs). La superficie de bosque nativo afectada a planes de manejo bajo uso silvopastoril es de 1.423.194 ha, lo cual representa el 70% del total de planes de manejo financiados por la Ley. La política de fomento a plantaciones forestales representó en el periodo 2000-2014 una superficie de 380.354 ha, donde el 80% de las plantaciones beneficiadas se concentra en las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos. Además, se detecta que las PyMEs podrían ser parte esencial en el desarrollo de los SSP en Argentina. Del análisis de situación de la política forestal en apoyo a los SSP, se considera importante unir las capacidades del Estado a las del sector privado, propender a un Ordenamiento Territorial con el enfoque de Desarrollo Territorial Rural, la incorporación de valor agregado a los productos forestales y ganaderos, y el mantenimiento de la biodiversidad y las funciones proveedoras de servicios ambientales en los ecosistemas forestales.

**Palabras claves:** *bosque nativo, plantaciones forestales, Estado, sector productivo.*

## Forest policy in support of the implementation of silvopastoral systems in Argentina

## Abstract

The aim of this study was to present the main results of the application of Law N° 25,080 Investments in Forestry and Law N° 26,331 for the Environmental Protection of Native Forests in Argentina for the implementation of silvopastoral systems (SSP), as well as policies for the development of small and medium enterprises (SMEs). The affected area of native forest management plans under silvopastoral use is 1,423,194 ha, which represents 70% of total management plans financed by the Law. In the period 2000-2014, the policy of promoting forest plantations accounted for an area of 380,354 ha, where 80% of plantations are concentrated in the provinces of Misiones, Corrientes and Entre Rios. Furthermore, it was detected that SMEs could be essential in the development of SSP in Argentina. Analyzing the forest policy in support of the SSP, it is considered important to combine the capabilities of the State and private sectors, moving towards a Land Management according to a Rural Territorial Development approach, incorporating value-added for forest and livestock products, and maintaining biodiversity and environmental services provided by forest ecosystems.

**Key words:** *native forest, forest plantations.*

<sup>1</sup> EEA INTA Santa Cruz, peri.pablo@correo.inta.gov.ar; <sup>2</sup> Universidad Nacional de la Patagonia Austral-CONICET, <sup>3</sup> Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAYDS), <sup>4</sup> Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP), <sup>5</sup> Estación Forestal INTA Villa Dolores, <sup>6</sup> AER Tandil, INTA EEA Balcarce, <sup>7</sup> Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (UBA).

## Introducción

Argentina está enfrentando en las últimas décadas uno de los procesos de deforestación más importantes de su historia como consecuencia del avance de la frontera agropecuaria favorecido por cambios tecnológicos en los procesos productivos y un contexto benigno en el mercado mundial. Actualmente el país cuenta con casi 32 millones de hectáreas donde el Parque Chaqueño representa el 69% del total de bosque nativo del país (Fuente: Dirección de Bosques – Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2012). Por otro lado, 1,2 millones de hectáreas corresponden a bosques cultivados, concentrado principalmente en cuatro provincias (Misiones, Corrientes, Entre Ríos y Buenos Aires) que aglomeran el 86,3% de la superficie total plantada en el país (Fuente: Dirección de Producción Forestal, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2013). La tasa actual de forestación es de aproximadamente 40.000 ha/año, siendo las especies más plantadas las correspondiente a coníferas (59%) principalmente *Pinus elliotii* y *Pinus taeda*, eucaliptos (25%) siendo *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus saligna* los más plantados y salicáceas (10%) con *Populus deltoides* y *Populus x euroamericana* como los cultivares más representativos.

En los últimos 18 años, la implementación de los sistemas silvopastoriles ha cobrado relevancia en diferentes regiones de Argentina. Mientras que el principal desarrollo de los sistemas silvopastoriles (SSP) en Argentina con bosques cultivados ocurrió en las provincias de Misiones, Corrientes, Neuquén y la zona del Delta Bonaerense del Río Paraná, la implementación y generación de conocimientos con bases científicas de los SSP en bosque nativo se concentró en las regiones Patagónica y Chaqueña (Peri, 2012). Varios acontecimientos han influido en la forma en que se gestionan los bosques, desde la globalización, la descentralización y la privatización hasta una demanda cambiante de

productos y servicios forestales de una población creciente y a menudo más urbanizada. Ante las amenazas hacia la biodiversidad percibidas por la sociedad, las demandas hacia la conservación de los bosques y otros ecosistemas naturales se han multiplicado desde los años '80, y constituyen un factor relevante del manejo sustentable de los bosques. Otros factores son la mayor toma de conciencia de la función de los bosques en la regulación del clima y en la provisión de otros servicios ecosistémicos (un reconocimiento del carácter multifuncional de los bosques y plantaciones forestales). La Ley 13.273, conforma un instrumento normativo esencial en la dinámica de distribución de competencias en materia forestal entre Nación y provincias (sistema de ley-adhesión), que fue disparador de una mecánica legislativa orientada a la reducción de asimetrías ambientales provinciales y al fortalecimiento del federalismo ambiental. La Ley de Inversiones para Bosques Cultivados y la Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, presentan las bases implícitas de su posición en esta materia. Estas bases políticas apuntan a promover las plantaciones foresto-industriales, principalmente utilizando incentivos económicos y una importante red nacional de extensionistas forestales por una parte, y por otra parte, a generar proyectos de manejo forestal alternativos al desmonte de los bosques nativos. Recientemente se delinearon aportes para una política forestal en Argentina, los cuales plantean aspectos relacionados al desarrollo económico del sector forestal, ambiental y social del país (Schlichter et al., 2012). El objetivo del presente trabajo fue presentar los principales resultados de la aplicación de las leyes nacionales de fomento forestal en el país para la implementación de los sistemas silvopastoriles, como así también las políticas para el desarrollo de las Pequeñas y medianas empresas (PyMEs).

## Política de apoyo a los SSP en bosque nativo

En este contexto, el Gobierno Argentino ha demostrado su preocupación por el deterioro del medioambiente a través de la implementación de la Ley N° 26.331 de “Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos” sancionada en Noviembre de 2007, y cuya Autoridad Nacional de Aplicación es la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS). Esta herramienta de política forestal es considerada un hito en la gestión de los recursos forestales al establecer los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación y manejo sostenible de los bosques nativos y de los servicios ambientales que estos brindan a la sociedad, como así también la realización de un Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos (OTBN) por parte de los estados provinciales que, de acuerdo a la Constitución Nacional, tienen el dominio originario de los recursos naturales existentes en sus territorios. Este OTBN

debe realizarse de acuerdo a 10 criterios de sustentabilidad y establece las diferentes categorías de conservación en función del valor ambiental de las distintas unidades de bosque nativo y de los servicios ambientales que estos presten. La Categoría I (rojo) corresponde a sectores de muy alto valor de conservación que no deben transformarse; la Categoría II (amarillo) representados por sectores de mediano valor de conservación, que podrán ser sometidos a diversos usos (aprovechamiento sostenible, turismo, recolección e investigación científica), y la Categoría III (verde) representando sectores de bajo valor de conservación que pueden transformarse parcialmente o en su totalidad. Esta ley establece un régimen de compensación económica a los propietarios de bosques nativos por los servicios ambientales que éstos brindan a la sociedad. Esta compensación económica proviene del Fondo Nacional para el Enriquecimiento y la Conservación de los Bosques Nativos,

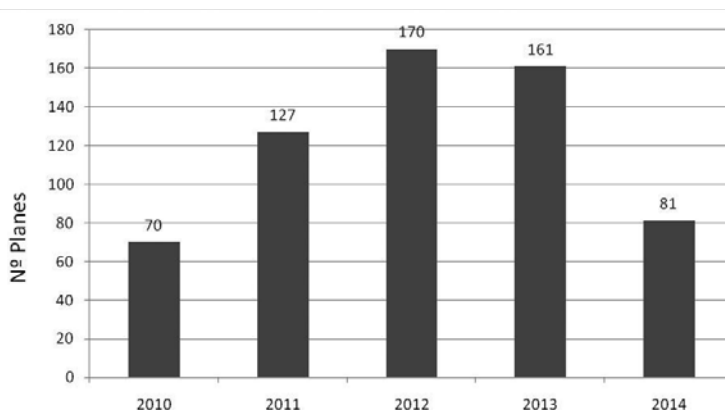
creado por dicha ley y distribuido anualmente a las provincias que tienen aprobado por Ley su OTBN y acreditado por la Autoridad Nacional de Aplicación. Esta ley contempla acciones tales como la mitigación en el proceso de pérdida de cobertura forestal por desmontes estableciendo una regulación de la deforestación, establece también que toda intervención sobre bosques nativos debe realizarse bajo un plan de manejo, un plan de conservación o un plan de cambio de uso del suelo. Mediante un proceso participativo de ordenamiento, las diferentes provincias definieron territorialmente las tres categorías de conservación.

Analizando la ejecución de la Ley N° 26.331 con datos oficiales de la SAyDS, en el período 2010-2014, se observó a nivel país la presentación de 3.217 planes de los cuales 1.129 son Planes de Formulación (PF) y 1.070 son Planes de Manejo (PM) (Tabla 1). Los PF tienen una duración de un año, y su finalización implica la obligatoriedad de la posterior presentación de un PM o un Plan de Conservación (PC). La superficie de bosque nativo afectada a PM bajo uso silvopastoril es de 1.423.194 ha, lo cual representa el 70% del total de planes de manejo financiados por la Ley. Por lo tanto, es de esperarse que un gran porcentaje de todos los PF tengan continuidad como Planes de Manejo con modalidad silvopastoril. Esto realza la importancia de estos sistemas productivos en el manejo de los bosques nativos de Argentina, siendo muy evidente en provincias

como La Pampa y Mendoza donde el 100% de los planes de manejo aprobados fueron silvopastoriles, o Chaco, Tierra del Fuego y San Luis con porcentajes superiores al 80% (Tabla 1). La mayoría de los PM de uso silvopastoril corresponde a las Ecoregiones del Parque Chaqueño (62%) y Monte (23%), seguidos por que el Bosque Andino Patagónico (7%) y Espinal (5%).

La cantidad de PM con modalidad silvopastoril que fueron aprobados desde el año 2010 hasta el 2014 se pueden ver reflejados en la Figura 1. En el año 2010 se aprobaron 70 planes con esta modalidad, en 2011 la cantidad de planes nuevos financiados se incrementó en un 81% alcanzando una cantidad de 127. En el 2012 se alcanzó la cantidad máxima llegando a 170. Durante los años 2013 y 2014, la cantidad de PM con esta modalidad se ha reducido debido en parte a que las provincias han orientado gran parte de los fondos a financiar la continuidad de planes aprobados en años anteriores y no a financiar planes nuevos. Esta tendencia no es exclusiva de planes con modalidad silvopastoril sino que ocurre también en el resto de los planes.

Es importante aclarar que los datos que figuran en la Tabla 1 corresponden a planes financiados con fondos de la Ley, por lo que los valores en superficie de bosque nativo que se convierten a uso silvopastoril en algunas provincias son superiores.



**Figura 1.** Cantidad de Planes de Manejo con modalidad silvopastoril en el marco de la Ley N° 26.331 de “Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos” en Argentina durante el período 2010-2014. Fuente: SAyDS.

### ***Política de apoyo a los SSP con plantaciones forestales***

El Gobierno Nacional, a su vez, fomenta las plantaciones forestales mediante aportes económicos no reintegrables y beneficios fiscales, a través de la Ley N° 26.432, que prorroga hasta el 2019 los beneficios de la promoción establecidos en la Ley N° 25.080 de “Inversiones para Bosques Cultivados” siendo la autoridad de aplicación el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP). Las actividades forestales que

comprenden van desde la obtención de las semillas, la implantación y manejo de las forestaciones, la industrialización de la madera y hasta la actividad de enriquecimiento de bosque nativo. En este sentido, se beneficia la instalación de nuevos proyectos foresto-industriales (integración entre plantaciones e industrias forestales) y las ampliaciones de los existentes, siempre y cuando se aumente la oferta maderera a través de

**Tabla 1.** Distribución y característica de planes de formulación (PF) y manejo (PM) con uso silvopastoril en las diferentes provincias de Argentina en el marco de la Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos en el periodo 2010-2014. Fuente: SAyDS.

Provincia	Cantidad de PF	Cantidad de PM	Cantidad de PM con modalidad silvopastoril	% de PM silvopastoril respecto al total de PM	Sup. de bosque bajo PM (ha)	Sup. afectada a PM silvopastoril (ha)	% de la sup. de PM bajo uso silvopastoril
Catamarca	0	4	1	25,0	1.563	170	10,9
Chaco	11	339	161	47,5	273.047	234.563	85,9
Chubut	137	32	8	25,0	84.682	48.773	57,6
Córdoba	1	38	1	2,6	2.283	120	5,3
Corrientes	28	0	0	0,0	0	0	0,0
Formosa	0	45	8	17,8	28.198	16.290	57,8
Jujuy	170	26	5	19,2	67.988	6.806	10,0
La Pampa	115	2	2	100,0	2.199	2.199	100,0
Mendoza	0	147	147	100,0	749.348	749.348	100,0
Misiones	28	66	1	1,5	142.637	6.035	4,2
Neuquén	49	0	0	0,0	0	0	0,0
Río Negro	107	57	38	66,7	149.839	20.434	13,6
Salta	264	8	2	25,0	40.648	8.700	21,4
San Juan	37	23	13	56,5	106.560	58.769	55,2
San Luis	16	41	38	92,7	101.009	97.960	97,0
Santa Cruz	13	0	0	0,0	0	0	0,0
Santa Fe	24	0	0	0,0	0	0	0,0
Santiago del Estero	81	233	182	78,1	268.459	167.843	62,5
Tierra del Fuego	12	6	1	16,7	5.867	4.734	80,7
Tucumán	36	3	1	33,3	713	450	63,1
<b>TOTAL</b>	<b>1129</b>	<b>1070</b>	<b>609</b>		<b>2.025.040</b>	<b>1.423.194</b>	

la implantación de nuevos bosques, contemplando un estudio de impacto ambiental y adoptando las medidas adecuadas que aseguren la máxima protección forestal. El sector se ha visto beneficiado por la aplicación de esta Ley con un aporte directo a los productores forestales, por parte del Gobierno Nacional desde el año 2000 y hasta el presente por más de 500 millones de pesos, solamente por el apoyo económico no reintegrable. Según información otorgada por el MAGyP, este beneficio alcanzó hasta hoy a 20.274 productores que realizaron plantaciones, principalmente a pequeños como medianos de todo el país que representaron el 95% de las resoluciones de pago (Tabla 2). Esta política de fomento representó en el periodo 2000-2014 una superficie de 380.354 ha forestadas. El 80% de las plantaciones beneficiadas se concentra en las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos, quedando un 20% que se reparte en diversas regiones del país. Las plantaciones a bajas densidades (6x6 m) representaron aproximadamente el 10% de la superficie forestada bajo la Ley. Si bien, en las presentaciones no fue explícito su uso, dicha densidad es afín

a los objetivos de los sistemas silvopastoriles. A estos valores hay que sumarle el pago por planes de poda, raleo y manejo de rebrote a 3.098 productores. También muchos planes de plantación a mayores densidades tendrían esta finalidad, pues una estrategia común en la práctica silvícola es promover la ocupación temprana del terreno y ralear más tarde, para asegurar el logro de la plantación, mantener una base amplia de selección y favorecer la conformación de los fustes.

En lo referente a la adecuación de la normativa, al avance y variación de las prácticas silvícolas en las diferentes regiones, las resoluciones reglamentarias han sufrido progresivas modificaciones que llevaron a que la información presentada en cada proyecto fuera modificándose con el paso de los años. De esta situación se desprende la falta de una información homogénea que permita realizar estudios más detallados y concretos sobre el sector primario forestal en el marco de la Ley. Sin embargo, actualmente se trabaja en la mejora del sistema de información forestal, tanto para sus prestaciones como facilitador de los trámites de la Ley como en su calidad como fuente de información sectorial.

**Tabla 2.** Distribución de las resoluciones de pago según tipo de productor en el marco de la Ley 26.432 de promoción de plantaciones forestales en el periodo 2000-2014. Fuente: MAGyP.

	Grandes productores	Productores medianos	Pequeños productores	Total
Nº de productores beneficiados	854	4.636	14.784	20.274
Superficie forestada (ha)	170.159	154.147	56.047	380.354

Se consideraron grandes productores aquellos con superficies mayores a las 100 ha, medianos entre 100 y 10 ha y pequeños aquellos de 10 ha o menos.

### ***Políticas para el desarrollo de las Pequeñas y medianas empresas (PyMEs)***

Las PyMEs podrían ser parte esencial en el desarrollo de los sistemas silvopastoriles en Argentina. El sistema de incentivos a la forestación ha tenido una clara orientación hacia la forestación de pequeños y medianos productores, creando oportunidades para el desarrollo de PyMEs en actividades conexas como viveros, proveedores de insumos y equipos, así como servicios relacionados de ingeniería y consultoría. Bajo la alternativa de forestación de pequeños productores agrupados, se establece un adelanto del 30% de los aportes no reintegrables para la entidad agrupadora, que administra los fondos y asesora al grupo de beneficiarios, luego de aprobado el plan para compra de insumos, plantas y preparación de suelo. Asimismo, los gobiernos provinciales han establecido créditos de enlace respecto a los recursos del sistema de incentivo nacional (i.e. Decreto N°563/05 del Gobierno de la Provincia de Misiones, Leyes N°2.482 y 2.606 de Régimen de Incentivos a la Forestación de la Provincia de Neuquén, etc) para el financiamiento de plantas, agroquímicos para el control de plagas y malezas, herramientas, logística de asistencia al productor y capacitación de técnicos y productores. También varias organizaciones de pequeños propietarios han fomentado la inversión forestal con financiamiento, provisión de insumos y acompañamiento técnico. En el marco de implementación de los sistemas silvopastoriles, la importante presencia de PyMEs en la industrialización de la madera, presenta problemas específicos relacionados a la escala de producción, el bajo nivel tecnológico, el acceso a financiamiento para su reconversión y la coordinación con la producción primaria e industrias relacionadas para optimizar el aprovechamiento del recurso. Asimismo, el aprovechamiento de las ventajas compe-

titivas de la PyMEs en la producción de productos diferenciados, tanto del componente maderero como del ganadero, requiere información detallada de mercados y calidad de la materia prima, junto a una efectiva gestión tecnológica y comercial. Por ejemplo, la Red de Instituciones de Desarrollo Tecnológico de la Industria Maderera (RITIM) es una organización sin fines de lucro integrada por universidades, centros tecnológicos, cámaras empresariales, empresas y profesionales vinculados al sector forestal nacional, cuyas actividades se orientan a promover el uso de la madera y ofrecer servicios de formación, capacitación, investigación y desarrollo, y difundir información tecnológica entre las PyMEs de primera y segunda transformación y muebles. Además, otra importante fuente de financiamiento de las MiPyMEs a nivel nacional es el Consejo Federal de Inversiones (CFI). EL CFI, a través de sus Unidades de Enlace en las cabeceras provinciales (UEPs), mantiene dos programas de crédito para las MiPyMEs a nivel nacional: Créditos para la reactivación productiva y Créditos para la producción regional exportable. La capacidad de apoyo descripta constituye una base relevante sobre la cual se pueden fortalecer líneas de acción en la implementación de sistemas silvopastoriles que permitan una mejor coordinación de las decisiones comerciales, tecnológicas y productivas entre las empresas, minimizar sus problemas de escala y aprovechar las oportunidades de diversificación y agregación de valor en base a productos de calidad. A pesar de la diversidad de fuentes de financiamiento, las MiPyMES foresto-industriales raramente pueden cumplir con los requisitos del sistema bancario, a través del cual se canalizan los fondos.

### ***Aspectos a mejorar en las políticas aplicadas a los SSP***

Las metas de las líneas de acción a partir de políticas deberían apuntar a colaborar al crecimiento sustentable del sector forestal. Para lograr esos objetivos, se considera importante unir las capacidades del Estado (trabajo mancomunado y articulado con los estados provinciales, regionales y otros organismos nacionales) a las del sector privado (empresas y producción de los pequeños y medianos productores forestales). En este sentido, se ha iniciado entre el MAGyP y la SAyDS un proceso de articulado de acciones con el fin de establecer el marco

general y los principales lineamientos para que las actividades ganaderas en zonas de bosques nativos ("Manejo de Bosques con Ganadería Integrada"), cumplan los criterios de sustentabilidad ambiental, económica y social, pilares básicos del desarrollo sostenible y presupuesto mínimo según la Ley N° 26.331. Se pretende que esta propuesta brinde el marco para constituir al uso sustentable de los bosques nativos como una alternativa de desarrollo frente al cambio de uso del suelo. La coordinación con otros regímenes de nacionales de incentivos



a la producción ganadera, como por ejemplo la Ley N°25.422 para la Recuperación de la Ganadería Ovina (prorrogada hasta 2021 por la Ley N°26.680) gestionada por el MAGyP y con objetivos y estrategias totalmente compatibles con la implementación de sistemas silvopastoriles permitiría sinergizar la producción forestal y ganadera con efectos sociales y ambientales positivos. Las metas, a su vez, deberían responder a las necesidades de desarrollo regional con dinamismo, eficacia y flexibilidad suficientes para su aplicación en un contexto complejo de asimetrías entre regiones, con factores de incidencia como la competencia por usos alternativos del suelo y por los recursos financieros, las demandas sociales de diferentes tipos y a la integración con otras actividades agropecuarias (INTA, 2007). En este sentido, la implementación de los sistemas silvopastoriles no sólo es un proceso de gestión de conocimiento sino principalmente, consiste en la gestión colectiva a partir del diálogo, el aprendizaje, la negociación y la construcción de redes multi-actorales que posibiliten generar soluciones adecuadas a los múltiples problemas y demandas que expresan los territorios. Por lo tanto el desarrollo territorial rural debe impulsar procesos de planificación y ordenamiento territorial de tal manera que se puedan equilibrar e integrar el uso del suelo, los recursos naturales en un marco de sustentabilidad en el tiempo. Por ejemplo, el Ordenamiento Territorial de los bosques nativos en sus 3 diferentes categorías de conservación en el marco de la Ley 26.331 no fue establecido con el enfoque de Desarrollo Territorial Rural. Las provincias podrían establecer donde desarrollar los sistemas silvopastoriles, tanto en bosque nativo con plantaciones forestales, articulando las políticas nacionales con los objetivos de desarrollo territorial provincial. De esta manera se puede optimizar el acceso a los recursos, las inversiones públicas y mejorar el uso de los recursos naturales.

Por otro lado, el sector forestal reconoce el gran avance tecnológico vinculado con la producción primaria en lo que respecta a la existencia de material genéticamente mejorado y también a la disponibilidad de paquetes tecnológicos tendientes a aumentar la productividad y la calidad de la madera. Los instrumentos de promoción de los sistemas silvopastoriles y la actividad forestal en general como los aportes no reintegrables deben propender no sólo a incrementar la superficie plantada sino también a aplicar las mejores prácticas forestales en bosques nativos. En este contexto es central la articulación con entidades de políticas forestales y de desarrollo del país. Para tender a las inversiones y la innovación tecnológica de los sistemas silvopastoriles, el sector forestal deberá contar con un sistema amplio de oferta de servicios, mecanismos de vinculación empresarial y la creación de polos tecnológicos consustanciados con los procesos de manejo forestal sustentable. La cadena productiva forestal incluye la etapa de producción de materia prima y una etapa industrial, que abarca desde la elaboración primaria hasta la secundaria. En este sentido, una condición importante para el crecimiento económico, tanto privado como público, es la incorporación de valor agregado a los productos forestales y ganaderos derivados de los sistemas silvopastoriles. Principalmente en los sistemas silvopastoriles con plantaciones, la especialización puede conducir mucho más rápidamente a la obtención de productos competitivos a partir de la transformación de la producción primaria, si se incluyen instrumentos de políticas que tiendan a la complementariedad de las pequeñas industrias. El mantenimiento de la biodiversidad y las funciones proveedoras de servicios ambientales en los ecosistemas forestales es un aspecto central del desarrollo de los sistemas silvopastoriles del país. La conservación y las buenas prácticas de manejo deben ser complementarias espacial y temporalmente.

## Bibliografía

- INTA, 2007. Enfoque de Desarrollo Territorial, Documento de Trabajo N°1, Programa Nacional de Apoyo al Desarrollo de los Territorios
- Peri P.L. 2012. Implementación, manejo y producción en SSP: enfoque de escalas en la aplicación del conocimiento aplicado. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 8-21, Ediciones INTA. Santiago del Estero, 9 al 11 de Mayo 2012.
- Schlichter T., Díaz D., Fahler J., Laclau P., 2012. Aportes a una política forestal en Argentina: el sector forestal y el desarrollo económico, ambiental y social del país, 92 pp. Buenos Aires, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. MAGyP. Unidad para el Cambio Rural, UCAR.

## **Programa piloto de transferencia y fomento agroforestal, provincia de Palena, Chile. Estudio de caso, manejo silvopastoral en bosques de *Lomatia hirsuta* (radal)**

### **Pilot program transfer and promotion agroforestal, province Palena, Chile. Case study, in forest management silvopastoral *Lomatia hirsuta* (radal).**

Salinas J.<sup>1,\*</sup>, Sotomayor A.<sup>1</sup>, Acuña B.<sup>1</sup>

#### **Resumen**

Uno de los principales problemas que existen en la actualidad, asociado al desarrollo campesino, es la escasez de alimentos para poder suplir la creciente demanda agroalimentaria mundial. Esta presión por la obtención de alimentos se ha visto agravada por una pobre distribución global de fuentes de alimentos, procesos de desertificación acelerados por la pérdida de cubiertas arbóreas protectoras, erosión y pérdida de suelos por uso de sistemas productivos agrícolas inadecuados a la condición del suelo y disminución de la superficie boscosa por quemas, sobrepastoreo y roces, y pérdida de suelos fértiles por expansión de las ciudades, construcción de caminos y otros tipos de urbanización. El uso armónico de árboles en sistemas agropecuarios es una opción integral de usos de la tierra, que trae múltiples beneficios para abordar estas problemáticas que experimentan los campesinos en la actualidad.

El objetivo del presente trabajo fue implementar un programa piloto de actividades que se oriente al desarrollo sustentable de los productores de la Provincia de Palena, Patagonia Norte de Chile, a través de la implementación y transferencias de sistemas integrados de producción agroforestal. El programa entregó capacidades a los productores para instalar en conjunto 6 unidades demostrativas de sistemas agroforestales (cortinas cortaviento y manejo silvopastoral). Entre ellas, se estableció una unidad de manejo silvopastoral en un bosque de *Lomatia hirsuta* (radal), especie nativa que se comporta como invasiva y pionera en sitios afectados por disturbios.

Se presenta el estudio de caso de un ensayo realizado el año 2012 en un renoval de radial, en el sector El Malito, comuna Palena. En esta sitio se establecieron dos tipos de raleos bajo un enfoque silvopastoral; (i) raleo tradicional (0,5 ha), (ii) raleo en fajas (0,4 ha), en ambos tratamientos se redujo la densidad en un 60%. Además, se realizaron labores de control de rebrote de tocón, a través de la aplicación de "TORDON". Como resultado se espera mejorar la calidad de vida de los productores rurales, aumentar la productividad predial e incorporar conocimientos técnicos, a través de la transferencia y establecimiento de sistemas agroforestales.

**Palabras claves:** Radal, rebrote de tocón, bosque nativo.

<sup>1</sup> Instituto Forestal (INFOR), Chile. \* jsalinas@infor.cl

# Programa educativo ambiental para la promoción de agroforestería, Quebrada negra, Barinas, Venezuela

## Environmental education program for the promotion of agroforestry, Quebrada negra, Barinas, Venezuela

E. Delgado.<sup>1,2,\*</sup>; K. Kañas<sup>2</sup>

### Resumen

Una de las funciones de la educación ambiental es promover y apoyar un dialogo universal, poniendo de relieve los principios ecológicos por encima de las fronteras ideológicas. Los sistemas agroforestales son interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes. El propósito es lograr un sinergismo entre ellos el cual conduce a mejoras de las características, tales como productividad y sostenibilidad, así como también diversos beneficios ambientales que van a servir de influencia para el nivel de vida de la población. La presente investigación tuvo como objetivo proponer un Programa Educativo Ambiental (PREA) para promover el uso de la Agroforestía en los miembros de la comunidad Quebrada Negra, ubicada en el área de influencia de la Represa “Manuel Palacio Fajardo”, Municipio Alberto Arvelo Torrealba, Estado Barinas. La metodología aplicada corresponde a una investigación del tipo proyecto factible, la recolección de datos fue mediante una encuesta, y se aplicó a manera de censo a la población de 59 familias. El cuestionario se estructuró en tres dimensiones: Espacial-ambiental (Ubicación de la comunidad, problemas ambientales, actividad productiva, plantaje de árboles, siembra de pastos y fuentes de agua); Cognitiva (Conciencia del entorno, importancia y necesidad de programas agroforestales) y Educativa (disposición a participar en actividades de protección al ambiente, asumir cambios, apoyar la aplicación de programas). Basados en la disposición manifestada por los miembros de la comunidad se formulo El PREA basado en la formación de los miembros de la comunidad en Sistemas Agroforestales, lo cual es factible desde el punto de vista social, financiero e institucional. Se concluye por estar los miembros de la comunidad Quebrada Negra en un área de fragilidad y dedicados a la ganadería extensiva, adoptar los criterios de una ganadería ecológica como es los sistemas agroforestales, contribuirá no solo a la protección de la biodiversidad, sino a la sostenibilidad de la áreas de influencia de la represa y la seguridad agroalimentaria de la comunidad.

**Palabras claves:** ganadería sustentable, manejo de cuenca, socioambiental

**Key words:** sustainable livestock, watershed management, socioenvironmental

<sup>1</sup>Academia de Ciencias Agrícolas de Venezuela, <sup>2</sup>Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora “UNELLEZ”, \* delgadohej@gmail.com

# Sistemas agroflorestais e a recomposição da Reserva Legal de imóveis rurais no Brasil

Sergio Ahrens<sup>1</sup>; Caroline Ahrens<sup>2</sup>

## Resumo

Documenta-se uma análise acerca da previsão legal sobre o uso de sistemas agroflorestais (SAFs) para a recomposição da vegetação que deve(ria) integrar a Reserva Legal (RL) de imóveis rurais no Brasil. Para atender àquele objetivo, alguns dispositivos da Lei nº 12.651/2012 foram examinados, destacando-se o art. 3º, V (que define RL e propriedade rural familiar) e o art. 54 (que dispõe sobre a manutenção da RL na propriedade rural familiar). Após aquela análise, verificou-se que SAFs podem ser considerados para o cálculo e manutenção da RL na propriedade rural familiar. Adicionalmente, SAFs também podem ser utilizados para a recomposição da RL em todos os casos em que seja legalmente imposta (art. 66, § 3º). Todavia, a modalidade de SAF legalmente considerada restringe-se apenas ao plantio intercalado de espécies nativas e exóticas (estas últimas, inclusive frutíferas, em no máximo 50% da área a ser recomposta). De outro lado, o art. 67 determina que, nos imóveis rurais com área total de até quatro módulos fiscais, com percentual de vegetação inferior aos valores estabelecidos no art. 12, a RL será constituída com a área coberta com a vegetação existente em 22/07/2008, dispensando, portanto, os titulares do seu domínio, da obrigatoriedade de sua recomposição. Conclui-se que, na realidade fática, a obrigação de recompor da RL, mesmo que apenas parcialmente, inclusive com o eventual uso de SAFs, incide somente sobre imóveis rurais com área superior a quatro módulos fiscais. Tal recomposição independe da adesão do proprietário ou possuidor do imóvel aos Programas de Regularização Ambiental dos Estados e do Distrito Federal (PRAs) e deve ser concluída em até vinte anos (art. 66, § 2º), ocasião em que, presume-se, a RL terá sido recomposta para todos os efeitos legais.

**Palavras chave:** Código Florestal brasileiro; Lei nº 12.651/2012; módulo fiscal.

## Agroforestry systems and the recomposition of the “legal reserve” of agricultural holdings in Brazil

### Abstract

An analysis is reported on the legal provision given to the use of agroforestry systems (AFS) for the recomposition of the Legal Reserve (LR), a mandatory set-aside for agricultural holdings in Brazil, as enacted with the publication of Law No. 12,651/2012. In order to achieve that objective, several articles of the mentioned law were examined. Special attention was given to art. 3 (which contains the legal definitions for LR and family agricultural holdings) and art. 54 (allows AFS for the maintenance of LR in family holdings). As a result of that analysis it was verified that AFS can be considered for the computation and maintenance of the RL in family holdings. In all other cases, when legally imposed, SAFs may also be used for the recomposition of the LR (art. 66). However, only mixed plantations of native and introduced species (also fruit producing species) are admitted up to 50% of the area to be recomposed. On the other hand, however, art. 67 determines an exception for that obligation, for small agricultural holdings, with total area up to four “fiscal modules” (a relative unit for area measurement, which varies from five to 110 hectares, in 28 categories, according to given counties or municipalities). It is concluded that the obligation to reconstitute the LR applies only to agricultural holdings larger than four “fiscal modules”. Such recomposition does not depend upon the adherence of the land owner to the Programs for States and Federal District Environmental Compliance (PRAs) but must be accomplished in twenty years (art. 66, § 2º) when, presumably, the LR should be reconstituted for all legal effects.

**Key Words:** Brazilian Forest Code, Law No. 12,651/2012; “fiscal module”.

<sup>1</sup> Eng. Florestal, Dr., Bel. em Direito, Pesquisador em Planejamento da Produção e Manejo Florestal, Embrapa Florestas, Caixa Postal 319, 83411-000 Colombo, PR, Brasil. sergio.ahrens@embrapa.br <sup>2</sup> Bióloga, Professora Assistente do Curso e Colégio Acesso, Curitiba, PR, Brasil.

## Introdução: o Código Florestal reformado em 2012

O Código Florestal brasileiro vigente foi instituído com a publicação da Lei nº 12.651, em 28-05-2012 (BRASIL, 2012). Apesar de que diversos dispositivos da Lei nº 4.771/1965, revogada, tenham sido mantidos na nova lei, como, por exemplo, os que tratam das Áreas de Preservação Permanente (APPs), da Reserva Legal (RL) e dos Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), novas figuras jurídicas foram criadas pelo legislador, mencionando-se, de forma exemplificativa, a Área Rural Consolidada (ARC), o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e os Programas de Regularização Ambiental dos Estados e do Distrito Federal (PRAs).

Manteve-se, também, no texto da nova lei, muito embora com substanciais alterações, dispositivos que objetivam promover a recomposição da vegetação de deve(ria) integrar a RL de cada imóvel rural.<sup>1</sup> Uma das mencionadas alterações foi a adoção do módulo fiscal como critério relativo de área para a classificação de imóveis rurais em diferentes categorias: tal providência trouxe dificuldades para que proprietários rurais obtivessem um claro entendimento de seus direitos e obrigações em relação à RL. Em função do exposto, estas notas introdutórias examinam a forma como SAFs encontram-se contemplados nos dispositivos da Lei nº 12.651/2012 que tratam da recomposição da RL e têm o propósito de possibilitar uma melhor compreensão da matéria assim como contribuir para a efetiva regularização ambiental de imóveis rurais.

### 2. A Lei nº 12.651/2012 e suas definições

A reflexão sobre o tema requer, inicialmente, o exame das definições adotadas pelo legislador tanto para RL como para propriedade (ou posse) rural familiar, como apresentado na sequência.

...

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

...

III - Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa;

...

V - pequena propriedade ou posse rural familiar: aquela ex-

plorada mediante o trabalho pessoal do agricultor familiar e empreendedor familiar rural, incluindo os assentamentos e projetos de reforma agrária, e que atenda ao disposto no art. 3º da Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006;

...

Parágrafo único. Para os fins desta Lei, estende-se o tratamento dispensado aos imóveis a que se refere o inciso V deste artigo às propriedades e posses rurais com até 4 (quatro) módulos fiscais que desenvolvam atividades agrossilvipastoris, bem como às terras indígenas demarcadas e às demais áreas tituladas de povos e comunidades tradicionais que façam uso coletivo do seu território.

A definição para RL, acima transcrita, não é exatamente a mesma que aquela anteriormente adotada na Lei nº 4.771/1965.<sup>2</sup> Há pelo menos duas importantes diferenças: a) obviamente, não há como assegurar o uso econômico dos recursos naturais (em toda a extensão) de um imóvel rural, pois tal uso, na RL, seria restrito apenas à sua respectiva área; e b) determina-se, na nova redação, que a RL auxilie a conservação, enquanto que na definição anterior, a RL não representava um “auxílio” mas prestava-se à sua própria conservação, constituindo, simultaneamente, instrumento e objeto.

Quanto à pequena propriedade rural familiar, registre-se que, em seu art. 3º, a Lei nº 11.326/2006 define agricultor familiar como sendo aquele que, dentre outras condicionantes, não detenha, a qualquer título, área superior a quatro módulos fiscais (MF). O MF, por sua vez, é uma medida de área, expressa em hectares, fixada para cada município e que considera os seguintes fatores: a) tipo de exploração predominante no município; b) renda obtida com a exploração predominante; c) outras explorações existentes no município que, embora não predominantes, sejam significativas em função da renda ou da área utilizada; e d) o conceito de propriedade familiar.<sup>3</sup> A área de um MF pode variar de 5 a 110 ha. Tal fato implica que imóveis rurais com até quatro MFs poderão ter área total com até 20 a 440 ha e que poderá variar conforme seja o município considerado, ao longo de todo o território nacional. Assim, com o propósito de organizar o espaço rural brasileiro, tendo em vista as atividades agrárias, municípios são classificados em 28 grupos tendo como referência a área para o seu respectivo MF.

O Censo Agropecuário de 2006 indicou que, àquela época, existiriam cerca de 5,2 milhões de estabelecimentos agropecuários no Brasil.<sup>4</sup> Todavia, segundo informado pelo Ins-

<sup>1</sup> Este estudo objetiva o exame do Código Florestal brasileiro vigente, no que seja pertinente à análise. Registre-se, por outro lado, que a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, ILPF, instituída com a Lei nº 12.805/2013, trata de sistemas integrados de produção em áreas já antropizadas ou nas quais seja possível o uso alternativo do solo após a supressão autorizada da vegetação. Assim, a mencionada lei não trata de ILPFs na RL e, por esse motivo, não será comentada.

<sup>2</sup> As origens históricas da Reserva Legal (conforme as propostas de José Bonifácio de Andrada e Silva, documentadas em 1821), assim como os seus fundamentos técnico-conceituais, podem ser examinadas em Ahrens (2007).

<sup>3</sup> Mais detalhes e esclarecimentos acerca do módulo fiscal podem ser obtidas acessando-se: <http://www.incra.gov.br/perguntas> acesso em 10 fev. 2015. Recomenda-se também o exame do Decreto nº 84.685/1980 que regulamenta a Lei nº 6.746/1979, que trata do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR e dá outras providências.

tituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas, IPEA (CÓDIGO ..., 2011, p.7) assim como pelo Senado Federal (EM DISCUSSÃO, 2011, p. 31), cerca de 90% daquele universo seria composto por propriedades com até quatro MFs e que ocupariam aproximadamente 135 milhões de hectares ou cerca de 24% da área total ocupada com propriedades rurais no país. Adicionalmente, no parágrafo único do art. 3, o legislador determinou que fossem equiparadas à propriedade rural familiar todos os demais imóveis rurais com área de até quatro MFs, possibilitando que estes últimos usufruam dos mesmos benefícios que aqueles, muito embora não sejam familiares, nem tenham, necessariamente, a mesma vulnerabilidade socioeconômica.

### 3. Sobre a manutenção da Reserva Legal

A Reserva Legal (RL) constitui um dos mais importantes institutos jurídicos da legislação florestal brasileira tanto que sua instituição foi mantida na Lei nº 12.651/2012: manteve-se também os percentuais da área dos imóveis rurais em que a vegetação existente deve ser mantida e conservada, a título de RL, segundo os seguintes termos:

...

Art. 12. Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as Áreas de Preservação Permanente, observados os seguintes percentuais mínimos em relação à área do imóvel, excetuados os casos previstos no art. 68 desta Lei: (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012). I - localizado na Amazônia Legal:

- a) 80% (oitenta por cento), no imóvel situado em área de florestas;
  - b) 35% (trinta e cinco por cento), no imóvel situado em área de cerrado;
  - c) 20% (vinte por cento), no imóvel situado em área de campos gerais;
- II - localizado nas demais regiões do País: 20% (vinte por cento).

...

No Capítulo XII, que trata da Agricultura Familiar, todavia, verifica-se dispositivo que tem o propósito de contemplar a vulnerabilidade socioeconômica dos titulares do domínio sobre imóveis que pertencem àquela categoria, conforme a seguinte redação:

...

Art. 54. Para cumprimento da manutenção da área de reserva legal nos imóveis a que se refere o inciso V do art. 3º, poderão ser computados os plantios de árvores frutíferas, ornamentais ou industriais, compostos por espécies exóticas, cultivadas em sistema intercalar ou em consórcio com espécies nativas da região em sistemas agroflorestais.

Parágrafo único. O poder público estadual deverá prestar apoio técnico para a recomposição da vegetação da Reserva Legal nos imóveis a que se refere o inciso V do art. 3º.

...

### 4. Sobre a recomposição da Reserva Legal

O Capítulo XIII contém o que se denominou Disposições Transitórias e que tratam de diversas questões pertinentes à recomposição da vegetação que deveria compor as Áreas de Preservação Permanente e as de Reserva Legal. Para este estudo, somente os artigos que tratam da recomposição da RL serão analisados, no que seja pertinente. Nesse sentido, faz-se necessário examinar o conteúdo normativo dos arts. 66 e 67 que assim determinam:

...

Art. 66. O proprietário ou possuidor de imóvel rural que detinha, em 22 de julho de 2008, área de Reserva Legal em extensão inferior ao estabelecido no art. 12, poderá regularizar sua situação, independentemente da adesão ao PRA, adotando as seguintes alternativas, isolada ou conjuntamente:

- I - recompor a Reserva Legal;
- II - permitir a regeneração natural da vegetação na área de Reserva Legal;
- III - compensar a Reserva Legal.

...

§ 2º A recomposição de que trata o inciso I do caput deverá atender os critérios estipulados pelo órgão competente do Sistema e ser concluída em até 20 (vinte) anos, abrangendo, a cada 2 (dois) anos, no mínimo 1/10 (um décimo) da área total necessária à sua complementação.

§ 3º A recomposição de que trata o inciso I do caput poderá ser realizada mediante o plantio intercalado de espécies nativas com exóticas ou frutíferas, em sistema agroflorestal, observados os seguintes parâmetros: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

- I - o plantio de espécies exóticas deverá ser combinado com as espécies nativas de ocorrência regional;
- II - a área recomposta com espécies exóticas não poderá exceder a 50% (cinquenta por cento) da área total a ser recuperada.

...

Art. 67. Nos imóveis rurais que detinham, em 22 de julho de 2008, área de até 4 (quatro) módulos fiscais e que possuam remanescente de vegetação nativa em percentuais inferiores ao previsto no art. 12, a Reserva Legal será constituída com a área ocupada com a vegetação nativa existente em 22 de julho de 2008, vedadas novas conversões para uso alternativo do solo.<sup>5</sup>

...

Como regra geral, o art. 66 possibilita que a recomposição da RL seja adotada com uma das alternativas para regulari-

<sup>4</sup> Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/agropecuario.pdf> Acesso em 30 agosto 2014.

zar a situação do imóvel frente aos percentuais de área estabelecidos no art. 12.<sup>6</sup> O §3º, do mesmo artigo, informa que a recomposição poderá ser realizada por meio do plantio intercalado de espécies nativas com exóticas ou frutíferas, indicando ser este um sistema agroflorestal. Em verdade, o arranjo mencionado constitui um plantio misto, na forma de um povoamento florestal heteróclito coetâneo (ou equiâneo). Adicionalmente, nas regiões em que a fitofisionomia dominante seja campo certamente não caberia recompor

uma RL com SAFs, mas com gramíneas. Argumenta-se que a redação daqueles dispositivos merece ser oportunamente aprimorada pois não é suficientemente clara e induz a sociedade à insegurança jurídica.

Apesar do conteúdo normativo do art. 66, de caráter geral, o art. 67 informa que nos imóveis rurais com área de até quatro MFs, com percentuais de vegetação nativa remanescente inferiores ao estabelecido no art. 12, a RL será constituída pela vegetação nativa existente em 22/07/2008.

## Discussão

O art. 54 informa que na manutenção da RL nos imóveis com até quatro MFs “poderão ser computados os plantios de árvores frutíferas, ornamentais ou industriais”: o parágrafo único, daquele artigo, determina que o poder público estadual deverá prestar apoio técnico para a “recomposição” da RL na propriedade rural familiar. Registre-se, todavia, que aquela determinação encontra-se em conflito com o conteúdo normativo do art. 67 pois este determina que, para os imóveis com até

quatro MFs, a RL “será constituída” pela vegetação existente em 22/07/2008. Argumenta-se que mesmo na hipótese em que o proprietário ou possuidor porventura desejasse recompor a RL, estaria legalmente impedido pois a norma é taxativa ao determinar que a RL será constituída pela vegetação existente em 22/07/2008. Em outras palavras, o proprietário poderá até recompor a vegetação na extensão que desejar mas, no caso em tela, esta não poderá integrar a RL.

## Conclusões

Após a análise do conteúdo normativo dos dispositivos da Lei nº 12.651/2012 pertinentes à recomposição da vegetação na RL depreende-se que o uso de SAFs constitui uma possibilidade factível utilizando-se mudas de espécies frutíferas e de espécies florestais lenhosas. Todavia, a mencionada alternativa poderá ser utilizada somente em imóveis

rurais com área superior a quatro MFs. Tal recomposição independe da adesão do proprietário ou possuidor do imóvel aos Programas de Regularização Ambiental dos Estados e do Distrito Federal (PRAs) e deve ser concluída em até vinte anos (art. 66, § 2º), ocasião em que, presume-se, a RL terá sido recomposta para todos os efeitos legais.

## Bibliografia

- AHRENS, S., 2007. Sobre a Reserva Legal: origens históricas e fundamentos técnico-conceituais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO AMBIENTAL, 11., 2007. São Paulo. **Meio ambiente e acesso à justiça: flora, reserva legal e APP**. [São Paulo]: Instituto O Direito por um Planeta Verde, [2007]. v. 1, p. 691-707.
- BRASIL, 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 102, 28 maio, 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm)>. Acesso em: 10 fev. 2015.
- CÓDIGO Florestal, 2011: implicações do PL 1.876/99 nas áreas de reserva legal. [S. l.]: IPEA, 22 p. (Comunicado do IPEA, n. 96).
- EM DISCUSSÃO, 2011: revista de audiências públicas do Senado Federal. Brasília, DF: ano 2, n. 9, dez. 2011. 82 p. Título do fascículo: Código Florestal: nova lei busca produção com preservação.

<sup>5</sup> Como data de corte, o legislador utilizou o dia 22 de julho de 2008, data da edição do Decreto nº 6.514, que regulamenta a Lei nº 9.605/1998 (também conhecida como Lei de Crimes Ambientais).

<sup>6</sup> Uma versão preliminar do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG), lançado pelo Ministério do Meio Ambiente ao final de 2014, encontra-se em consulta pública aberta para o recebimento de comentários e contribuições: Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/proposta-para-recuperacao-da-vegetacao-em-larga-escala> Acesso em: 10 fev. 2015. Naquele documento, a Lei nº 12.651/2012 é denominada “Lei de Proteção da Vegetação Nativa”.

# Contribución al conocimiento del ingreso bruto de un sistema silvopastoril en la provincia del Chaco

S. M. Kees; J. L. Chiossone J.F. Michela; R. Viccini; J. J. Skoko

## Resumen

Se determinó la producción de madera y de forraje durante un período que transcurre entre los 10 y 14 años de un sistema silvopastoril integrado por una plantación de algarrobo (*Prosopis alba*) con *Panicum máximum* cv *Gatton panic* en el centro oeste de la provincia del Chaco, Argentina y el ingreso bruto brindado por el sistema durante el mismo período. Los resultados muestran que el ingreso bruto brindados por el componente ganadero tiende a ser constante mientras que el componente arbóreo acumula madera dado que en el período de tiempo considerado aún no es posible aplicar ningún criterio de turno de corta. Se arriba a la conclusión que en tierras en que la cobertura boscosa es una condición necesaria el sistema silvopastoril ofrece mejores perspectivas económicas que la plantación forestal pura y que la combinación de los componentes pastoril y forestal genera una mejora en los ingresos y permite absorber variaciones económicas y climáticas.

**Palabras clave:** *Prosopis alba*, *Gatton panic*, economía de sistemas, Chaco.

## A contribution to the knowledge of gross income in a silvopastoral system in the province of Chaco

## Abstract

Timber production and fodder were assessed over 10-14 years after forest plantation combining *Prosopis alba* and *Gatton panic* in the central west area of the province of Chaco, Argentina. Also gross income of the silvopastoral system along the same period was estimated. Results show that the income provided by the livestock keeps constant while the tree component accumulates wood alongtime, since it is not possible yet to exploit existences. We arrive at the conclusion that in lands where forest cover is a due condition, silvopastoral system should provide better economic perspectives than pure plantation forestry, and the pastoral and forestry combination improve incomes, offsetting the economic and climatic variations.

**Keywords:** *Prosopis alba*, *Gatton panic*, economy systems, Chaco.

\* Campo Anexo Estación Forestal Plaza. E.E.A. Sáenz Peña. Lote IV. Colonia Santa Elena. kees.sebastian@inta.gob.ar -



## Introducción

Si a un bosque para producción de madera originalmente planificado a largo plazo se suman otros componentes productivos factibles de consolidación a plazos menores como las pasturas implantadas en una primera instancia y el ganado bovino en otra ulterior se accede a una producción mixta con renta diversificada y periódica que se identifica como un sistema silvopastoril (SSP).

La provincia del Chaco posee alrededor de 4 mil ha con plantaciones forestales (Gobierno del Chaco, 2013) y la especie elegida oportunamente fue el algarrobo blanco (*Prosopis alba*); especie característica por las posibilidades técnicas de su madera al extremo de alimentar dos grandes complejos industriales de aserrío instalados en las localidades de Quitilipi y Machagai.

En la provincia se llevaron adelante dos programas de incentivos de forestación, el Plan Provincial de Expansión Forestal a partir del año 1991, y a partir del año 2000 y hasta la fecha, los créditos no reintegrables previstos por la ley 25.080 (de Inversiones para Bosques Cultivados) y su modificatoria la ley 26.432, (Dirección de Producción Forestal. MAGyP). En el marco de ambos programas se citan plantaciones con algarrobo a partir del año 1993 (Cones, 2007) y realizadas en prácticamente toda la provincia lo que brinda una idea acerca de la plasticidad de la especie, y si bien cada una de estas forestaciones se planificaron con el único propósito de proporcionar madera, todas pueden asimilarse a variaciones de los sistemas silvopastoriles existentes.

El turno de la especie es un elemento válido para proyectar un sistema silvopastoril. Si bien no se encuentran datos bibliográficos concretos a este respecto, algunos autores como Juárez de Galíndez *et al.* (2005) afirman que la disminución en la tasa de crecimiento se produce después de los 30 años en ejemplares que crecen naturalmente como especie secundaria en bosques nativos del semiárido chaqueño. Esta información sería de utilidad para programar extensión temporal del sistema y el aprovechamiento.

El Gatton Panic, es un cultivar de la especie *Panicum maximum*, originario de Zimbabwe (Africa), seleccionado en Queensland, Australia. Se adapta muy bien al oeste chaqueño, crece en suelos bien drenados, profundos y fértiles (FAO 1990) lo que la ha convertido en la principal forrajera de la región. La producción de forraje a cielo abierto supera las 8 tn (MS/ha.año) con precipitaciones de 800 mm (Chiossone *et al.*, 2014). Por otro lado está clasificada como de *mediana tolerancia a sombreado* (Wong 1991), adaptándose bien a la sombra en los SSP. Sin embargo la presencia de los árboles modifica no solo la cantidad sino también calidad de la luz que llega a la pastura, lo cual modifica su respuesta (Wong, 1991) en cuanto a volumen y calidad de producción, respecto a los tradicionales sistemas a cielo abierto. Esto, además, influye en la producción de carne. En aquellos esquemas en que la cobertura de leñosas es una condición necesaria, sea por razones de producción de madera o por objetivos relacionados a la conservación, la conjunción del árbol y la pastura es una de las soluciones posibles de implementar, aunque la combinación genere una menor producción de pasto.

El análisis económico de los SSP con algarrobo aún es escaso en la bibliografía. Según Alvarez Oyarzo (2013) en la actividad agropecuaria un parámetro útil para comparar el retorno económico de dos actividades es el margen bruto, que es la diferencia entre el ingreso por ventas y el costo de la actividad. Una variación de este criterio para determinar el ingreso bruto (IB) de un sistema productivo es acumular IB por la producción de cada componente. Estos criterios de evaluación requieren de información disponible y confiable, que para los SSP es deficiente, particularmente en el valor del monte en pie aplicable a plantaciones de algarrobo.

El presente trabajo tiene por objetivos valorar la producción de madera y carne estimado a partir de la producción forrajera, y determinar el ingreso bruto en un período de 5 años del transcurso del desarrollo de un sistema silvopastoril en el centro oeste de la provincia del Chaco.

## Materiales y métodos

El área de aplicación del presente estudio está incluida en su mayor parte dentro de la zona XVI Centro Oeste del Chaco de la zonificación RIAN Chaco Formosa. Con una precipitación media anual de 1000 mm y suelos predominantemente de aptitud agrícola, aunque encharcables, constituye el área de mayor densidad de población rural de la provincia (Figura 1).

Los suelos de texturas medias a pesadas, degradados por la agricultura convencional y los periódicos fenómenos de encharcamiento e inundación que vuelven insostenibles a los sistemas productivos. Hacia el límite con Santiago del Estero, las limitaciones más importantes son la baja retención de humedad, susceptibilidad a la erosión eólica e hídrica, bajo nivel de materia orgánica, condicionando un sistema natural frágil y antropizado en los últimos años por productores agrícolas (INTA, 2010).

El análisis del sistema se realizó para un período de cinco años que transcurre entre los 10 y 14 años de edad inclusive de una plantación de algarrobo. En dicho período se realizaron mediciones de producción de materia seca de *Gatton panic* en el interior de la misma. Se determinaron incrementos diamétricos de los árboles de cada año utilizando un modelo logarítmico propuesto por Kees *et al.* (2014):

$dn = -7,83638 + 12,8879 * (\ln \text{edad})$ ; donde:

dn = diámetro normal en cm con corteza y edad = años de la plantación

En ese estudio, los modelos fueron construidos mediante el relevamiento de plantaciones de diferentes edades ubicadas en la misma misma área de estudio actual donde también se incluye la plantación en la cual se midió materia seca de forraje. Para la obtención de los incrementos volumétricos se utilizaron los

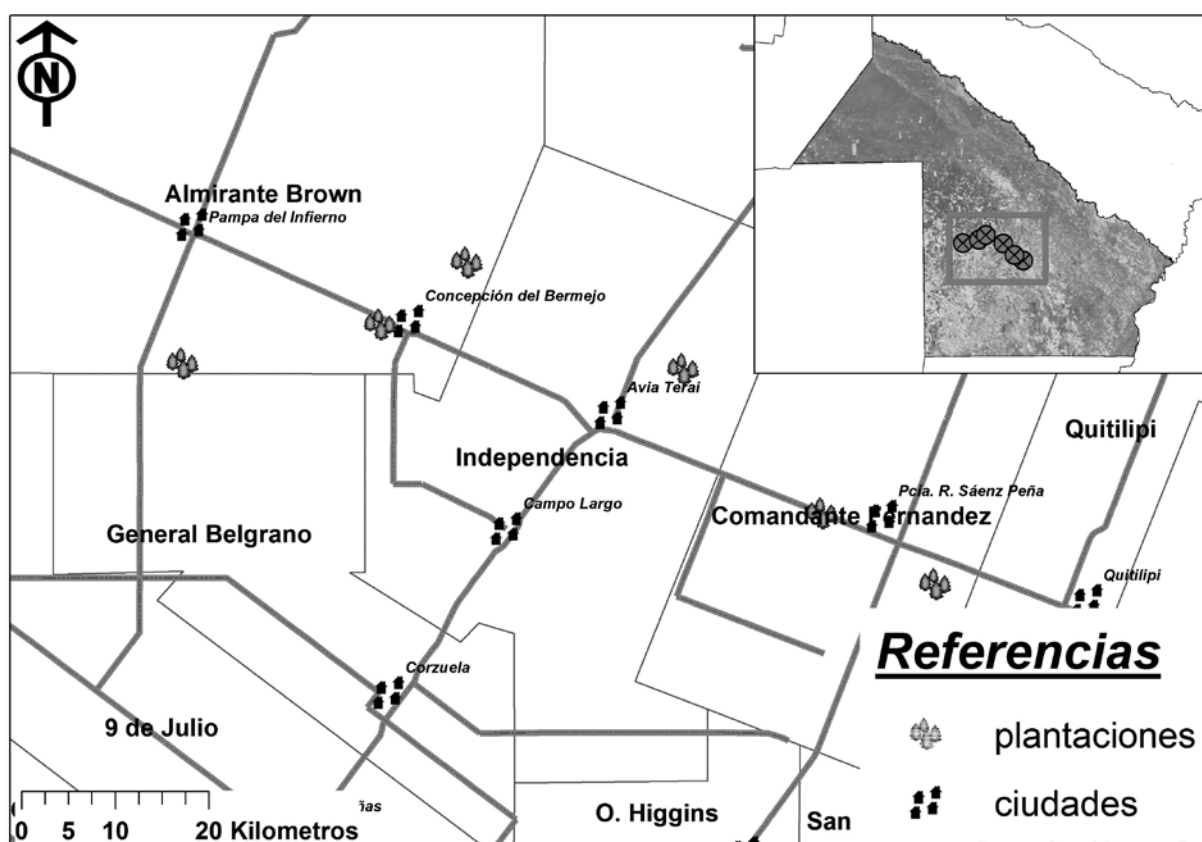


Figura 1. Ubicación relativa del área de estudio.

valores de crecimiento en altura citados por Senilliani y Navall (2006). Se calculó el área basal en metros cuadrados a partir del diámetro normal estimado y se multiplicó por el valor de incremento en altura en metros, se optó por utilizar un coeficiente de forma igual a 1 debido a que no se encontraron registros bibliográficos al respecto, calculando así el crecimiento en volumen del bosque en pie para cada año del periodo; para la valoración en términos de biomasa, se estableció una equivalencia de  $1 \text{ m}^3 = 1 \text{ ton}$  ya que no existen datos publicados para plantaciones forestales de esta especie; además dado que actualmente se desconoce el valor del monte en pie de plantaciones de algarrobo, se tomó como referencia el valor de \$400/tn, cifra que es razonable dentro del mercado local. Para el cálculo del volumen se empleó la tarifa basada en forma-altura sugerida por Jiménez Pérez et al. (1998). La determinación del volumen mediante esta relación se fundamenta en la función:

$$V = G \cdot FH$$

$V$  = Volumen del rodal en  $\text{m}^3/\text{ha}$

$G$  = Área basal del rodal en  $\text{m}^2/\text{ha}$

$FH$  = Coeficiente de forma-altura en  $\text{m}$

Para determinar la producción de la pastura se colocaron 3 jaulas de clausura de 1,5 m de altura y  $1 \text{ m}^2$  de superficie en el área de medición de los algarrobos, las cuales se ubicaron bajo las copas de los árboles. Los muestreos de producción se realizaron ubicando un marco de  $0,25 \text{ m}^2$  en el centro de la

clausura, cortando el material acumulado por encima de una altura de 15 cm que luego se pesó y secó en estufa a  $65^\circ\text{C}$  con ventilación forzada hasta peso. Los muestreos se repitieron en forma periódica con una frecuencia aproximadamente bimestral,  $60 \pm 9$  días, durante los 5 años de estudio. La sumatoria de los bimestres arroja la producción anual de forraje tomado de julio a junio. La producción de carne está determinada por numerosas variables que se modifican ante distintas variantes de manejo introducidas al sistema de producción (carga animal, categoría animal, sistema de pastoreo, suplementación, confección de reservas, entre otras) que a fin de simplificar el análisis se calculará la producción de carne con el siguiente modelo:

Producción de carne ( $\text{kgPV}/\text{ha}$ ) = Producción de forraje ( $\text{kgMS}/\text{ha}$ ) x Eficiencia de Cosecha ( $\text{kgMSconsumida}/\text{kgMS}$ ) x Eficiencia de Conversión ( $\text{kgPV}/\text{kgMSconsumida}$ ) (Melo, 1995). Se asumió una eficiencia de cosecha equivalente al 50 % de la oferta forrajera. La conversión forraje aprovechado a carne fue 15 kg de carne por kg de MS aprovechado (Cibilibi y Fernández, 2002) estipulado para un forraje de mediana calidad como el que en promedio puede obtenerse en un SSP de la zona con categorías de cría sin suplementación. El precio utilizado para el cálculo del ingreso bruto fue tomado del Informe de Mercados Agropecuarios de la provincia del Chaco (CONES, 2014).

Tabla 1. Valores de base para cálculo de ingresos brutos

Edad (años)	Diámetro estimado (cm)	Densidad (ind/ha)	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	Incremento en Altura (m)	Incremento en Volumen (m <sup>3</sup> /ha/año)	Producción de forraje (kgMS/ha.año)	Precipitaciones (mm/año)
10	21,8	150	5,62	0,42	2,4	7068	980
11	23,1	150	6,27	0,42	2,6	6925	785
12	24,2	150	6,89	0,42	2,9	3908	532
13	25,2	150	7,49	0,42	3,1	7061	640
14	26,2	150	8,07	0,42	3,4	8271	1056

## Resultados y discusión

En la tabla 1 se muestra los valores de base para el cálculo de los ingresos brutos del sistema.

Si bien los diámetros de rollos de algarrobo que se generan en el lapso de tiempo estudiado todavía no son atractivos para la industria, se puede observar que el ingreso bruto por producción de madera aumenta un 43% de los 10 a los 14 años de edad de la plantación.

En la Tabla 1, también se presentan los valores promedio de producción anual de materia seca (MS). Siendo la producción promedio  $6647 \pm 1625$  kgMS/ha.año con 800 mm de precipitación media anual. Este valor fue inferior a los 8276 kgMS/ha.año registrados en la misma región en sistemas a cielo abierto (Chiossone et al., 2014), lo cual concuerda con otros estudios que han demostrado que el rendimiento de las pasturas disminuye a medida que aumenta sombreado por los árboles (Eriksen y Whitney, 1981, De León, 2010) ya que disminuye la radiación incidente sobre la pastura. En contraposición se observa en los sistemas silvopastoriles una mejora en la cantidad de material verde y en el contenido de PB (Chiossone y Vicini 2014), menor temperatura ambiente, y mayor fertilidad (Burghi, 2010) lo que redundaría en una mejor performance animal.

La producción potencial de carne calculada a partir de la

producción de MS, eficiencia de cosecha y eficiencia de conversión (Melo, 1995) arrojó en promedio  $222 \pm 54$  kg/ha/año. Este valor encuentra dentro rango de 208 a 251 kg/ha registrado por Balbuena et al (1998) en la región este del Chaco, trabajando con varias pasturas megatérmicas con similar oferta de forraje que las registradas en este trabajo. En base a la producción de carne estimada de 222 kg/ha/año y con el precio 17,50 \$/kg promedio de la categoría novillito abasto tomado del Informe de mercados agropecuarios (CONES, 2014), el ingreso bruto anual promedio fue 3885 \$/ha.

En la Figura 2, se muestran los ingresos brutos producidos cada componente y la producción acumulada del sistema para el periodo de tiempo analizado.

Se puede observar que mientras que la renta brindada por el componente ganadero varió anualmente en proporción a la oferta de forraje que responde principalmente a condiciones ambientales (precipitaciones), es de esperar que a largo plazo tendiera a ser constante. En el período considerado el componente arbóreo presentó un ingreso bruto creciente, acorde al crecimiento acumulado dado que en una forestación a la edad de 14 años aún no es posible aplicar ningún criterio de turno de corta.

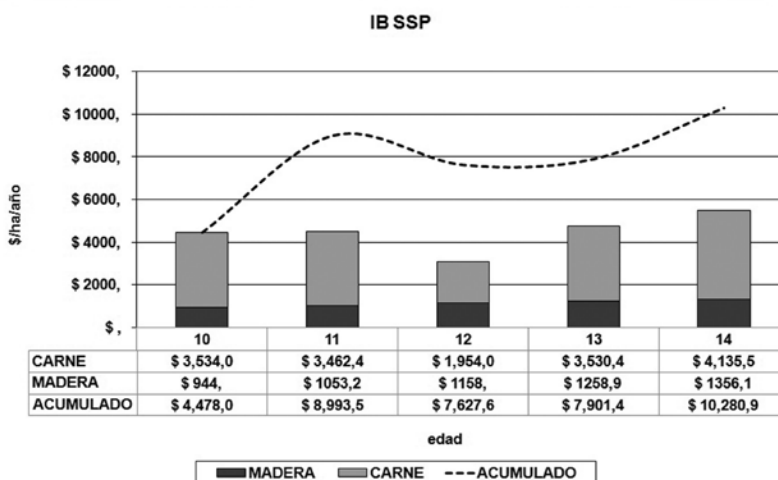


Figura 2. Ingresos brutos anuales del sistema.

## Conclusiones

En tierras en que la cobertura boscosa es una condición necesaria el sistema silvopastoril ofrece perspectivas económicas presumiblemente mejores que la plantación forestal pura. La combinación del componente pastoril y plantaciones fo-

restales generaría una mejora en los ingresos brutos eventualmente absorbiendo variaciones económicas y climáticas debido a la diversificación y al ciclo productivo diferenciado de sus componentes.

## Bibliografía

- Alvarez Oyarzo B.; Mayo, C.; Christiansen, J.P. 2013. PRODUCTIVIDAD Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE UNA PASTURA CONSOCIADA DE *TRIFOLIUM REPENS* L. Y *DACTYLIS GLOMERATA* L. ANTE DIFERENTES CONDICIONES DE TRANSMISIVIDAD LUMÍNICA. ICT-UNPA-68-2013. ISSN: 1852 – 4516. Aprobado por Resolución Nro. 0833/13-R-UNPA.
- Balbuena, O.; Gándara, F.; Duarte, R. 1998. Producción primaria y secundaria de cuatro pasturas subtropicales adaptadas al este del Chaco. Anales de la XIV Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical: Grupo Campos. Editado por Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay. Serie Técnica, 94, 177-186.
- Burghi, V., De León, M. y col. 2010. Efecto del componente arbóreo sobre una pastura de *Panicum maximum* máxima diferida. 2. Caracterización edáfica. Revista Argentina de Producción Animal. Vol 30 Supl. 1. Pp 384.
- Chiossone, J.L. y R.A. Vicini. 2014. Gatton Panic en el oeste chaqueño. Boletín Informativo N°7. EEA Sáenz Peña. Disponible en: [http://inta.gob.ar/documentos/gatton-panic-actualizacion-2014/at\\_multi\\_download/file/INTA%20Gatton%20Panic%207%20-%20Actualizaci%C3%B3n%202014.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/gatton-panic-actualizacion-2014/at_multi_download/file/INTA%20Gatton%20Panic%207%20-%20Actualizaci%C3%B3n%202014.pdf)
- Chiossone, J.L., R.A. Vicini, A. Jacquet, S.G. Ondo Misi. 2014. Comportamiento de Gatton Panic en Chaco (Argentina), mejoramiento en la utilización con suplementación y confinamiento en autoconsumo de silajes. XXII Congreso Internacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, Consorcios de Ganaderos para Experimentación Agropecuaria. 3 y 4 de noviembre de 2014. Asunción, Paraguay.
- Cibils, R. y E. Fernández. 2002. Utilización de pasturas. Cartillas UEDY, Planagro, Uruguay.
- Cones. 2014. Informe de Mercados Agropecuarios, Diciembre 2014. <http://www.coneschaco.org.ar/images/pdf/IMA/ima2014-12-09.pdf>. Acceso: 8-3-15
- De Leon, M., Burghi, V. y col. 2010. Efecto del componente arbóreo sobre una pastura de *Panicum maximum* diferida. 1. Caracterización forrajera. Revista Argentina de Producción Animal. Vol 30 Supl. 1. Pp 382.
- Eriksen, F. I., y Whitney, A. S. 1981. Effects of light intensity on growth of some tropical forage species. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. Agronomy Journal, 73(3), 427-433.
- FAO 1990. *Panicum maximum* Jacq. <http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/data/Pf000278.HTM> Acceso: 8-3-15
- Jiménez Pérez, J.; Aguirre, O.; Treviño Garza, C.; Domínguez Calleros, A. 1998. Desarrollo de un sistema matemático para la elaboración de tarifas Volumétricas en especies arbóreas. *Madera y Bosques* 4(2), 67-77
- Juárez de Galindez, M.; Giménez, A. M.; Ríos, N. y Balzarini, M. 2005. Modelación de crecimiento en *Prosopis alba* Griseb., empleando dos modelos biológicos. *Quebracho* N° 12 (34-42)
- Kees, Sebastian; J. Michela y J. Skoko. 2014. Ajuste de funciones de crecimiento para la gestión sostenible de forestaciones con *Prosopis alba* Griseb., en el centro oeste de la provincia del Chaco. Aceptado para su publicación, XXVIII Jornadas Forestales de Entre Ríos, Argentina. Octubre de 2014.
- Melo, O. 1995. PRODUCCIÓN DE BOVINOS PARA CARNE SOBRE BASE FORRAJERA DE PASTIZALES NATURALES. Conferencia. Segunda Jornada Regional de Manejo de Pastizales Naturales, San Cristóbal, provincia de Santa Fé.
- Senilliani, M.G. y Navall M. 2006. “Parámetros dasométricos de plantaciones de *Prosopis alba* Griseb (algarrobo blanco) del área de riego de la Provincia de Santiago del Estero “ publicado en la “ II Jornadas Forestales de Santiago del Estero” on CD ROM con registro ISSN 1669-5070, Santiago del Estero.
- Wong, C.C. 1991. Shade tolerance of tropical forages: a review. Forage in Plantation Crops. ACIAR Proc,(32).

# Razones que afectan la adopción de tecnología de la pequeña producción familiar silvopastoril en Itacaruaré, Misiones

*Ing. Agr. M. Sc. Giancola\*, S.; Ing. Agr. Babi, H.; Ing. Agr. Jaldo Álvaro, Lic. M.; Lacecini; M. V.*

## Resumen

Misiones registra bajos índices de producción de carne (tasa de marcación del 52%) y 68.000 ha de yerbales degradados. En este contexto, la incorporación de tierras al sistema silvopastoril (SSP), como alternativa sustentable a largo plazo, y la implementación de las tecnologías, redundan en un incremento productivo y, particularmente en la pequeña producción familiar, en una alternativa económica con fuertes implicancias ambientales y sociales. Este estudio, mediante enfoque cualitativo, tiene como objetivo identificar las razones que afectan la adopción innovaciones, a partir de la visión de los pequeños productores con actividad silvopastoril en Itacaruaré. En un taller participativo con técnicos referentes se seleccionan las prácticas relevantes por su mayor impacto productivo. Luego, mediante grupos focales con productores, se relevan la visión del contexto y las causas que afectan la adopción de tecnología. Algunos condicionantes son propios de la tipología de los productores estudiados por el fuerte aporte de mano de obra familiar y la competencia entre actividades dentro del sistema de producción. Surgen además, limitaciones económicas que denotan falta de apotreramiento y comerciales por subvaloración de la madera de calidad que desincentivan la poda y el raleo. Además, se detecta desconocimiento en varias de las prácticas analizadas. Estas y otras razones son analizadas en el presente trabajo, que va más allá de la mirada técnica, dado que se construye a partir de la visión de los productores, valorando sus palabras, experiencias, saberes, preocupaciones y problemas. En virtud de ello, se provee de información valiosa para propiciar una construcción colectiva de propuestas tecnológicas acorde a la complejidad de la problemática encontrada en la región.

**Palabras claves:** ganadería, pino, agricultura familiar, innovación

## Reasons that affect the technology adoption of the small family production silvo-pastoral in Itacaruaré, Misiones

## Abstract

Missions recorded lower rates of production of meat (52% dial-up rate) and 68,000 has degraded yerba mates crops. In this context, the addition of lands to silvopastoral system (SSP), us sustainable alternative in the long run, and the implementation of technologies, they result in an increase in production, and particularly in small family production, in an economical alternative with strong environmental and social implications. This study, using qualitative approach, aims to identify the reasons that affect the innovation adoption, from the vision of small producers with forestry in Itacaruaré activity. Considering its productive impact, more important practices are selected by recognized professionals in a workshop. Then, using focus group with producers, are relieved the vision of the context and the causes affecting the adoption of technology. Some conditions are typical of the typology of producers studied by the strong contribution of family workforce and competition between activities within the production system. In addition, emerging economic that denotes lack of paddocks and commercial limitations by undercutting of quality wood that discourage pruning and thinning. In addition, lack of knowledge in several of the analyzed practices is detected. These and other reasons are analyzed in the present work, which goes beyond the technical look, since it is built from the vision of the producers, valuing his words, experiences, knowledge, concerns and problems. By virtue of this, it provides valuable information to foster a collective construction of technological proposals according to the complexity of the problems found in the region.

**Key Words:** cattle, pine, family agriculture, innovation

\*Instituto de Economía INTA. Rivadavia 1250 5to. Piso (1033) CABA. giancola.silvana@inta.gob.ar

## Introducción

De acuerdo con Rearte (2008) la provincia de Misiones presenta bajos índices de producción de carne tanto a nivel de cría como engorde, estando estancada en una tasa de marcación del 52%. Según informes oficiales, con un adecuado protocolo de manejo, los sistemas silvopastoriles (SSP) podrían integrarse paulatinamente a la actividad forestal y aumentar la superficie ganadera utilizando las tierras degradadas ocupadas por yerbales que corresponden a 68.000 ha ociosas. Estos sistemas, al ser una alternativa sustentable tienen la ventaja de mantener la productividad a largo plazo (Bertín, 2008).

Varios autores Sato, 2002; Pavetti, *et al.*, 2009 y Rossner, 2008; Houriet, *et al.*, 2009; Colcombet, *et al.*, 2009; Frey, *et al.*, 2009, hacen mención al impacto de la aplicación de tecnología en los SSP de Misiones.

Particularmente, en el Departamento San Javier el 95% de las EAP<sup>1</sup> corresponde a productores familiares<sup>1</sup>, con poca adopción de las prácticas propuestas para la implementación y manejo de los

SSP. La actividad silvopastoril se encuentra dentro de un sistema de producción de multiactividad (hasta 50 ha totales), con no más de 80 cabezas bovinas y 4 a 15 ha forestadas, como una alternativa de diversificación interesante y creciente.

El objeto del presente estudio es identificar las razones que afectan la adopción de tecnología validada, a partir de la visión de los pequeños productores familiares con actividad silvopastoril de Itacaruaré.

En cuanto al eje metodológico de este trabajo se recurre a la investigación cualitativa, que es un método utilizado principalmente en las ciencias sociales, con el propósito de explorar las relaciones sociales y describir la realidad tal como la experimentan los propios sujetos (Taylor y Bogdan, 1990). En esta línea de trabajo, Giancola *et al.*, 2012 y 2013 presenta múltiples causas que afectan la adopción de tecnología en la pequeña y mediana producción bovina para carne en Corrientes y Formosa y Colcombet, *et al.*, 2013, lo hace para sistemas forestales en Misiones.

## Materiales y Métodos

a) Focalización de área: abarca el área de influencia de la localidad de Itacaruaré del departamento San Javier, provincia de Misiones.

b) Población objeto de estudio: productores familiares de 10 a 80 cabezas bovinas, actividad SSP con pino en el **área de influencia del** departamento San Javier.

c) En taller participativo con profesionales referentes del sector, se revisaron las tecnologías disponibles e identificaron prácticas

relevantes, que se resumen en la Tabla 1.

d) Investigación exploratoria cualitativa (Vasilachis de Gialdino, 1992) mediante la técnica de grupos focales (Kitzinger, 1995). Se concretaron dos grupos con productores SSP del estrato de 10 a 80 cabezas convocados en Itacaruaré en abril de 2014, a fin de recoger de información que permita comprender cómo los productores perciben e interpretan su realidad y los motivos que subyacen en las decisiones de la gestión productiva.

Tabla 1. Prácticas relevantes identificadas

Componente	Prácticas relevantes para sistemas silvopastoriles
Forestal	Poda. Herramientas de poda (tijera y serrucho)
	Primer raleo y raleo pre comercial
Forrajero	Material genético implantado: Brachiaria brizanta y Jesuita gigante
	Control de malezas
Animal	Suplementación energético proteica
	Suplementación mineral (fórmula comercial)
	Sanidad (calendario sanitario)
Instalaciones	Apotreramiento adecuado (con alambre fijo - subdivisión interna eléctrico)
	Aguada (por gravedad -evitar el traslado de hacienda- distribución del agua)

## 3. Resultados y discusión

### 3.1 Análisis de contexto

La actividad agroforestal – ganadera surge como diversificación a las actividades principales que el productor tiene: caña de azúcar y el tabaco. Esta actividad ha permitido a través de la venta del ganado, cambiar el esquema de ingreso económico

co familiar anual. Así, al ingreso económico generado por la venta de la carne se suma el correspondiente a la comercialización de la madera, lo cual contribuye a una mayor estabilidad económica para el productor. Se visualiza un incremento de la actividad agroindustrial asociada a la producción fores-

<sup>1</sup> EAP: Explotación Agropecuaria (Censo Nacional Agropecuario, 2002, INDEC). <sup>2</sup>Se denomina productor familiar a quien dirige y trabaja una explotación agropecuaria donde no se contratan trabajadores externos a la familia familiares remunerados permanentes.

to-ganadera. En cuanto a la producción forestal, hubo un aumento de las empresas de servicios para las labores forestales e industrias (aserraderos). La actividad ganadera se consolida como alternativa de diversificación. “(...) *ahora el animal es más rentable que el tabaco*”. Se percibe positivamente al INTA, por su presencia y apoyo en implantación de pasturas y otorgamiento de líneas de financiamiento y programas de promoción de innovación en genética bovina. “(...) *planté dos hectáreas de pasto con jesuita gigante, esa es la muda que me dio INTA*”. Se demanda más presencia de técnicos a campo. “*INTA hizo, no se quien organizó, sobre saneamiento animal, haría falta dos veces al año, ... porque INTA no tiene fondos y eso bajonea*”. Como aspecto negativo del SSP se manifiesta el bajo ingreso que se obtiene por la venta de la madera.

### 3.2 Análisis de las razones que afectan la adopción de las prácticas relevantes

**PODA.** La mayoría de los participantes de los grupos focales tiene conocimiento de las funciones de la poda. Muchos la realizan en función de la producción forrajera, más que con un criterio de producción forestal. Otro factor que incide es la falta de incentivo comercial para la producción de madera de calidad, dado que la industria no paga precio diferencial por la madera libre de nudo. “*Hasta ahora el pino bien podado cortado y vendido tiene el mismo precio que tiene la horqueta, (...) todavía ninguno lo está pagando, pero es práctico para uno, para que se desarrolle mejor y entre el sol...*”.

**RALEOS: PRIMER RALEO y RALEO PRE COMERCIAL.** Si bien se evidencia conocimiento de la tecnología del raleo, hay confusión entre los diferentes tipos. Consideran que es difícil implementarlo ya que está supeditada a tres motivos: la mano de obra existente es netamente familiar, la disponibilidad de tiempo para esta actividad y como tercer factor la venta del raleo no cubre los costos que implican dicha práctica. “*Realmente, yo tendría que haberlo realizado pero no pude porque no tengo tiempo, no me alcanzó el tiempo*”.

**IMPLANTACIÓN DE FORRAJERAS.** Al indagar específicamente sobre la implantación de las pasturas, los productores expresan conocer la importancia del momento según lo recomendado: “(...) *si plantas pino y plantás pasto, te va a tapar el pino*”. “*Si, cuando es chiquito [pino] sí, de dos años puedes hacer [la pastura]*”. Asimismo, se expresan las limitaciones de capital y tiempo al momento de implantar. “*Lo ideal es, cuando nosotros nos da el bolsillo para comprar la semilla y hacer, esa es la verdad, cuando nos da el cuero [dinero] o cuando nos da el tiempo, pedirle al vecino me das una muda de pasto*”.

**MATERIAL GENÉTICO IMPLANTADO** (Indagación sobre *Brachiaria* brizanta y *Jesuita* gigante). Conocen y utilizan ambas especies y mencionan las diferencias: “*Yo veo muchas ventajas [Jesuita], pero hay que saber cuál usar y para eso hay que tener tiempo*”. “*Hay mucha diferencia*”. “*La mejor es la Brachiaria*”. “*Yo prefiero la Jesuita, depende del lugar, si el suelo es bueno la Jesuita me gusta mucho, aguanta más la helada, el frío*”. “[Jesuita]...por metro tenés menos pasto que la *Brachiaria* brizanta”.

**CONTROL DE MALEZAS.** En el control de malezas los pro-

ductores utilizan el control mecánico y químico: “*Con guadaña, la desmalezadora*”. “*Con arado*”. “*Yo uso Roundup...*”. Al indagar sobre herbicidas pre emergentes (resaltada como práctica relevante por los técnicos) surge en ambos grupos de productores desconocimiento: “*No, nunca he hecho eso...*”. “*Yo escuche del pre emergente, pero no tengo ni idea*”.

**SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICO PROTEICA.** Se conoce la práctica pero no en su total alcance. Pocos la realizan de manera sistemática en invierno y con distintos componentes. Muchos suplementan solo con caña de azúcar: “*Yo también le doy caña, pero no siempre*”. Si bien afirman suplementar en invierno, hay quienes mencionan realizarlo todo el año. “*Yo suplemento con caña en invierno*”. “*Le doy todo el año*”. Surgen también percepciones negativas: “*Pero dicen que aflojan los dientes*”. El factor costo también incide: “*A mí no me cierra, no me da ganancia, si voy a preparar diez [animales] por ahí si lo hago*”.

**SUPLEMENTACIÓN MINERAL** (Sal mineral). Hay productores con conocimiento de los beneficios “*Para mí si le das sal mineral el animal queda con el pelo más fino y agarra menos (...) bichos, garrapatas*”. Muchos productores dan sal común. “*Le doy sal común, la otra es muy cara*”. “*Sal común [responden varios]*”. Se detectan desconocimiento y percepción de alto costo como razones de no adopción.

**APOTRERAMIENTO<sup>1</sup>.** Se identifican respuestas de quienes no tienen subdividido el campo: “*¿Es todo cerrar el campo? Bien, bien no tenemos*”. “*Yo en mi casa regular*”. Razones: económicas y de infraestructura extra-predial: “*Yo quiero dividir los piquetes así, pero me falta la luz eléctrica y estamos esperando que salga lo del gobierno, ya presentamos hace 4 o 5 años y dicen que va a salir*”. “*Yo en mi caso no me da el cuero, voy haciendo lo que puedo hacer (...)*”. En general se conoce la necesidad de apotrerar con alambrado fijo e incluso de subdividir con alambre eléctrico, pero, en este sentido, se detectan problemas de manejo, falta de suministro eléctrico y aspectos actitudinales negativos. “*Si, tiene que ser dividido, pero en mi caso no me gusta el eléctrico*”. “*(...) yo probé eléctrico ... y me dio la corriente*”. “*(...) no tengo divisiones todavía pero no haría con eléctrico porque tenés que limpiar abajo, si se te corta la luz (...)*”.

**AGUADAS ADECUADAMENTE DISTRIBUIDAS.** En general, se conoce la necesidad de proveer agua en todos los potreros. Se encuentran respuestas heterogéneas. Hay quienes dicen estar bien provistos, por arroyo, tajar, y quienes tienen problemas serios: “*Yo quiero hacer una cisterna porque en mi chacra no tengo agua, traigo agua del vecino*”. “*En nuestra zona está bastante complicado, porque en el verano fracasa el agua y hay que buscar agua de donde sea*”.

**SANIDAD.** En general los productores manifiestan preocupación por la sanidad y el bienestar de los animales. Si bien se menciona la aplicación de antiparasitarios y vacunaciones contra aftosa, mancha, carbunco, se detectan cuestiones actitudinales y desconocimiento del calendario sanitario de SENASA. “*(...) uno se maneja por uno propio, si nosotros utilizamos medicamento (...) tiene durabilidad 90 días, eso sería un calendario*”. “*Eso nunca llego acá*”. “*Ni idea*”.

<sup>1</sup> Se recomienda la subdivisión del establecimiento en 4 potreros como mínimo.

## Conclusiones

El sistema Silvopastoril, se visualiza como una actividad de diversificación en las explotaciones de productores familiares. Permite el aprovechamiento de las superficies ociosas del predio y un flujo de ingresos económicos continuo; aspecto importante en la economía de los productores familiares, ya que asegura la reproducción simple y/o ampliada.

En relación a las limitantes para adopción de tecnología se advierten causales en la infraestructura predial y extra predial. Se detecta falta de apotreramiento en la región, que afecta directamente al manejo ganadero. Así también hay quienes que presentan serios problemas de suministro de agua, particularmente en las zonas altas. Se identifican múltiples razones que afectan la adopción raleo y poda. En primer lugar, la subvaloración de madera de calidad por parte de la industria produce un desincentivo a la adopción de prácticas como poda y raleo. Similar conclusión a la que arriba Colcombet *et al.*, (2013) en el Noroeste de Misiones.

Además en análisis de poda, surge que se realiza en función de la producción forrajera, más que con un criterio de producción forestal. En el raleo se advierte la no conveniencia económica y la falta de tiempo del productor. Respecto a las pasturas que se implantan, hay conocimiento de las principales especies y en particular de *Brachiaria Brizanta* y *Jesuita gigante*, pero al indagar sobre el uso de herbicidas pre emergentes, se evidencia desconocimiento en los productores. Así también, surge la necesidad de ampliar el conocimiento en sanidad y suplementación energético proteica y mineral. Al respecto, hay una percepción positiva del INTA, pero se requiere más asistencia al productor en el campo. Finalmente, la presente investigación cualitativa, brinda información valiosa para propiciar una construcción colectiva de propuestas tecnológicas, considerando la complejidad de la actividad SSP, las implicancias sociales, productivas y ambientales.

## Agradecimientos

Agradecimiento especial para todos los productores que participaron de los grupos focales y permitieron compartir sus visiones, preocupaciones y saberes sobre la producción silvopastoril en Itacaruaré.

## Bibliografía

- Bertin, O. 2008. Coordinador Nacional de Forrajes y Pasturas. Comunicación personal. Taller Ganadería NEA, 22 y 23 de Abril de 2008. Centro Regional Corrientes.
- Colcombet, L., Egolf, P., Giancola, S., Fassola, H. Lavecini, V., Di Giano, S. 2013. Causas que afectan la adopción de tecnologías en pequeños y medianos productores de pino en Misiones, Enfoque cualitativo. 4to Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano Iguazú 2013. Misiones. 18 p. ISSN: 1669-6786.
- Colcombet, L., Pachas, N., Carvallo, A. 2009. Evolución de sistemas silvopastoriles de Pinos *elliottii* – *Brachiaria brizantha* y *Penisetum purpureum* en predios de pequeños productores en el NE de Misiones, Argentina. Actas I Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Posadas (Misiones, Argentina).
- Frey, G. E.; Pachas, A. N., Noellemeyer, E., Balmelli, G., Fassola, H. E., Colcombet, L., Stevenson, H. D., Hamilton, J., Hubbard, W., Cabbage, F.W. 2009. Resumen y comparación de los sistemas silvopastoriles en seis regiones del mundo. Actas I Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Posadas (Misiones, Argentina).
- Giancola, S., Calvo, S., Roggero, P., Andreu, M., Carranza, A., Kustza, J., Salvador, M. L., Di Giano, S., Da Riva M. 2014. Causas que afectan la adopción de tecnología en la cría bovina en el Departamento Patiño, Formosa: enfoque cualitativo. Serie Estudios socioeconómicos de la adopción de tecnología N° 7. Ediciones INTA – MPyAF – FCA UNC. 66 p. ISSN 2362-6348/ISBN 978-987-521-546-7.
- Giancola, S., Calvo, S., Sampedro, D., Marastoni, A., Ponce, V., Di Giano, S., Storti, M. 2013. Causas que afectan a adopción de tecnología en la ganadería bovina para carne de la provincia de Corrientes. Enfoque cualitativo. Serie Estudios socioeconómicos de la adopción de tecnología N°2. Ediciones INTA. ISSN: 2314- 1727. ISBN: 978-987-679-212-7.
- Houiet, J. L., Rossner, M. B. y Colcombet, L. 2009. Implementación de sistemas silvopastoriles en establecimientos de pequeños productores de Misiones, Argentina. Actas I Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Posadas (Misiones, Argentina).
- Kitzinger, J. 1995. Introducing Focus Groups. BMJ Publications, Vol. 311. London. p. 299-302. Disponible en: [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2550365/pdf/bmj00603-0031.pdf](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2550365/pdf/bmj00603-0031.pdf) Acceso 9 mayo de 2013.
- Pavetti D., Benvenuti, M. y Rossner, B. 2009. Sistemas pastoriles y silvopastoriles: comparación de su potencial productivo en Misiones Argentina. Actas I Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Posadas (Misiones, Argentina).
- Rearte D. 2008. Distribución territorial de la ganadería vacuna. Coordinación Nacional Programa Carnes. <http://www.inta.gov.ar/balcarce/carnes/DistribTerritGanadVacuna.pdf>
- Rossner MB, Houiet JL, Pavetti DR. 2008. Descripción de las pasturas evaluadas en sistemas silvopastoriles del centro sur de la Provincia de Misiones. EEA Cerro Azul, Miscelánea N° 60, 32 p.
- Sato, I. 2002. Forestación con pequeños productores: una actividad distinta de la forestación en gran escala. SAGPyA Forestal 22, 2-7.
- Vasilachis de Gialdino, I., 1992. Métodos cualitativos i. Los problemas teórico-epistemológicos. Centro editor de America Latina. Buenos Aires, p 54.



# Análisis de sustentabilidad en planteos silvopastoriles para pequeños productores de Eldorado, Misiones:

## 3- Dimensión económica.

*Avogadro, E<sup>1</sup>; Chifarelli, D<sup>2,3</sup>; Stevani, R<sup>1</sup>.*

### Resumen

La provincia de Misiones concentra la mayor cantidad de pequeños productores agropecuarios (PP) del país. La globalización y las políticas neoliberales provocaron un fuerte proceso de expulsión de mano de obra rural y su migración hacia los centros urbanos. Los sistemas silvopastoriles (SSP) representan una alternativa para aquellos que aún resisten la expulsión. El objetivo del trabajo fue evaluar la sustentabilidad económica de los SSP utilizados por PP en el departamento de Eldorado, a través de la aplicación de indicadores, contruidos de acuerdo a la metodología propuesta por Sarandón (2002). Esta metodología establece una serie de pasos para la construcción de indicadores y a través de ellos permitir la cuantificación de la sustentabilidad. Las categorías establecidas fueron *Producción*, *Rentabilidad* y *Riesgo Económico*. Los productores seleccionados pertenecen a la clasificación de Agricultura Familiar de Chifarelli (2010): Pequeño Productor Capitalizado (PPC) el cual vende mercancías con utilización de fuerza de trabajo asalariada acumulando capital y Productor Mercantil Simple (PMS) el cual vende mercancías con utilización de mano de obra familiar y no acumulan capital. Los PPC mostraron mayor interés en optimizar sus ganancias, contrariamente a los PMS. Todos los productores coincidieron en que deben mantener y/o aumentar la diversificación de cultivos producidos para disminuir los riesgos económicos.

**Palabras Claves:** *Indicadores, agricultura familiar, explotaciones rurales*

# Sustainability analysis of silvopastoral systems for small producers from Eldorado, Misiones

### Summary

The province of Misiones have the greatest concentration of small producers (PP) of the whole country. Globalization and neo-liberal policies provoked a strong process of expulsion of rural workforce. Silvopastoral systems (SSP) appear as an alternative for those PP who still remain. The aim of this work was to assess the economic sustainability of SSP carried on by PP in Eldorado county through the application of indicators built according to the methodology proposed by Sarandón (2002). This methodology provides steps for building indicators that allows the quantification of sustainability. The established categories were Production, Profitability and Economic Risk. The selected producers belonged to the classification of familiar farming of Chifarelli (2010): Capitalized producers which sells goods with use of wage labor hoarding capital and Commercial farmers which sells goods with use of hand family labor and do not accumulate capital. Capitalized producers showed remarkable interest in optimizing profits, contrary to commercial farmers.

**Keywords:** *Indicators, family farming, rural farms.*

<sup>1</sup> Facultad de Cs. Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Av. 60 y 119, CC 31. La Plata, Buenos Aires, Argentina. mail:evangelinaavogadro@gmail.com <sup>2</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. <sup>3</sup> INTA AER Eldorado.

## Introducción

La región nordeste de Argentina concentra la mayor cantidad de pequeños productores agropecuarios (PP), siendo la provincia de Misiones la que encabeza la lista (CNA, 2002).

Los PP del norte Misionero se encuentran en un proceso de paulatina descapitalización desde la década de 1980 (Suarez da Silva, 2012), debido a la concentración capitalista de la producción, manufacturación y comercialización de los cultivos tradicionales en manos de acopiadores y molineros. Se suma a ello, la preponderancia en la economía provincial de las actividades ligadas a la explotación forestal, caracterizadas por la instalación de empresas internacionales de capital integrado, con realización de cultivos intensivos y su correspondiente proceso de concentración (Schvorer, 2011).

La profundización de la diferenciación social agraria ha llevado a un mayor empobrecimiento y expulsión de la población rural a los centros urbanos (particularmente obreros rurales, pequeños colonos y campesinos). Estos procesos han puesto en cuestión la supervivencia de la pequeña producción familiar en Misiones y han multiplicado los problemas de acceso a la tierra, la vivienda y el trabajo en las principales ciudades (Schvorer, 2011).

En Misiones, hasta el año 2010, el 20% de la superficie total forestada correspondía a SSP (sin tener en cuenta la superficie forestada por la empresa Alto Paraná), dentro las cuales un 15% correspondían a PP, es decir, alrededor de 50.000 ha (Peri, 2012). Estos sistemas se presentan como una alternativa productiva para aquellos productores que aún resisten la expulsión. Los SSP representan una modalidad de uso de la tierra donde coexisten interacciones ecológicas y/o económicas, positivas y negativas entre los componentes arbóreos, forrajeros y ganaderos (Cameron *et al.*, 1994). Sus efectos positivos, combinados con la utilización más eficiente de la

mano de obra familiar y su gran flexibilidad para adecuarse a los ciclos de precios y diferentes realidades socio-económico productivas, convierten a los SSP en una alternativa factible y sustentable (Houriet *et al.*, 2009).

Para Chifarelli (2010), la Agricultura Familiar (AF) debe ser entendida a partir de la comprensión de las relaciones sociales de producción dentro del modo de producción capitalista. La AF es practicada por los PP dentro de la producción capitalista, ya que estos actores poseen medios de producción y venden mercancías en el mercado.

Sarandón *et al.* (2006) definen a la agricultura sustentable como aquella que “permite mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales que lo soportan”. De acuerdo con este marco conceptual, la agricultura sustentable debe cumplir satisfactoria y simultáneamente con los siguientes requisitos: 1) Ser suficientemente productiva, 2) Ser económicamente viable, 3) Ser ecológicamente adecuada y 4) Ser cultural y socialmente aceptable (Sarandón *et al.*, 2009).

En el trabajo titulado “Análisis de sustentabilidad en planteos silvopastoriles para pequeños productores de Eldorado, Misiones”, Avogadro (2013) estudió el desarrollo de cada una de las tres dimensiones, las cuales se desarrollarán en trabajos separados en esta oportunidad para posibilitar un mayor grado de detalle: 1-Dimensión ecológica, 2- Dimensión social y 3-Dimensión económica.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la sustentabilidad en la dimensión económica (DK) de los SSP implementados por PP en Eldorado, a través de la aplicación de indicadores.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El departamento de Eldorado se encuentra ubicado al noreste de la provincia de Misiones, limitando al norte con el departamento de Iguazú, al este con los departamentos de General Manuel Belgrano y San Pedro, al sur con el departamento de Montecarlo y al Oeste con la República del Paraguay, separado por el río Paraná. Cuenta con una superficie de 1.927 Km<sup>2</sup> y se encuentra conformado por cinco municipios: Eldorado, Colonia Delicia, 9 de Julio, Santiago de Liniers y Colonia Victoria. Una amplia superficie de esta región se encuentra cultivada con pasturas y cultivos anuales, y plantaciones perennes, dentro de las cuales la yerba mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hil.) es la más importante. Dentro de los sistemas productivos de la zona, la forma de organización del trabajo prevaleciente es la basada en el aporte de mano de obra familiar (Gunther *et al.*, 2008).

### Selección de productores

Se seleccionaron intencionalmente cuatro productores que reunieran, en primera instancia las características planteadas en

la clasificación de AF de Chifarelli (2010) y en segundo lugar por su interés teórico (muestreo teórico según Glasser *et al.*, 1967) para que permitieran visualizar los aspectos que serían analizados en este estudio. Al tratarse de estudio de caso, todas las conclusiones presentadas en el presente trabajo tienen el estatus de hipotéticas.

Para la realización del trabajo se realizaron entrevistas semi-estructuradas a dos productores (Tabla 1) de cada una de las siguientes categorías dentro de la clasificación de AF de Chifarelli (2010):

- Pequeño Productor Capitalizado (PPC): vende mercancías con utilización de fuerza de trabajo asalariada y familiar. Acumula capital con mayor o menor dificultad en función de los ciclos económicos particulares. Escala de extensión de su explotación generalmente menor a 100 ha y mayor a 25 ha.
- Productor Mercantil Simple (PMS): vende mercancías con utilización de mano de obra familiar y compra puntual de fuerza de trabajo. No acumula capital. Escala de extensión de su explotación generalmente menor a 50 ha y mayor a 20 ha.

Tabla 1. Resumen de la descripción de los productores analizados en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.

	Productor Mercantil Simple		Pequeño Productor Capitalizado	
	PMS I	PMS II	PPC I	PPC II
Organización	PUSaLi*	PUSaLi	AFGM**	AFGM
Superficie del establecimiento	Total 20 ha, 13 corresponden a monte nativo. 5,5 ha se encuentran en producción con diversidad de cultivos (venta y autoconsumo) y 1,5 ha corresponde a SSP.	Total 35 ha, de las cuales 6 corresponden a monte nativo. 2 ha se encuentran bajo SSP y las restantes con plantación de <i>Araucaria angustifolia</i> y diversos cultivos.	Total 40 ha, 5 corresponden a monte nativo. 10 ha se destinan a SSP y las restantes a potreros y cultivos para la suplementación animal.	Total 28 ha. Cerca de la totalidad de la superficie se encuentra con SSP, sólo un pequeña superficie (0,5 ha) se destina a diversos cultivos.
Composición SSP	Componente forestal: <i>Pinus</i> spp. Base forrajera: pasto jesuita gigante ( <i>Axonopus catarinensis</i> Valls). Componente animal: 8 cabezas de ganado.	Componente forestal: <i>Eucalyptus</i> spp. Base forrajera: pasto elefante ( <i>Pennisetum purpureum</i> Schum). Componente animal: 11 cabezas de ganado.	Componente forestal: <i>Pinus</i> spp. Base forrajera: jesuita gigante ( <i>Axonopus catarinensis</i> Valls). Componente animal: 50 cabezas de ganado.	Componente forestal: <i>Pinus</i> spp. Base forrajera: pasto jesuita gigante ( <i>Axonopus catarinensis</i> Valls), pasto alambre ( <i>Brachiaria brizantha</i> cv <i>Marandú</i> ), y pasto estrella ( <i>Cynodon plectostachyus</i> ). Componente animal: 35 cabezas de ganado.

\* Productores Unidos de Santiago de Liniers. \*\* Asociación Foresto-Ganadera de Misiones.

### Construcción, estandarización y ponderación de los indicadores

Un indicador es una variable, seleccionada y cuantificada que nos permite ver una tendencia que de otra forma no es fácilmente detectable (Sarandón, 2002).

Los indicadores empleados en este trabajo se construyeron de acuerdo a la metodología propuesta por Sarandón (2002). Esta metodología permite la cuantificación y análisis objetivo de la sustentabilidad y consiste en una serie de pasos que conducen a la obtención de un conjunto de indicadores adecuados para evaluar los puntos críticos de la sustentabilidad de los agroecosistemas (Sarandón, 2009).

Los datos obtenidos, a partir de las entrevistas y observaciones a campo, fueron estandarizados mediante la transformación a una escala de 0 a 3, siendo 0 el valor más bajo de sustentabilidad y 3 el mayor valor. Esto permite

la comparación entre datos que se expresan en unidades diferentes.

Posteriormente, los indicadores fueron ponderados multiplicando el valor de la escala por un coeficiente de acuerdo a la importancia relativa de cada variable respecto a la sustentabilidad (Sarandón *et al.*, 2006). La ponderación se realizó por discusión y consenso entre los autores, el criterio que se utilizó para ponderar con el valor de 2 a ciertos indicadores fue que esa variable debía mantenerse indefectiblemente en el tiempo para que el planteo silvopastoril continuará formando parte del proceso productivo del establecimiento.

Se definió un valor umbral o mínimo, el cual fue establecido consultando la bibliografía referente en la temática, por encima del mismo el sistema podía considerarse sustentable. Este valor debía ser igual o mayor que el valor medio de la escala, es decir, 1,5.

## Resultado

En la Tabla 2, se observan los indicadores construidos para la DK en Avogadro (2013).

El índice general de la DK, presentó los mayores valores en los establecimientos pertenecientes al grupo capitalizados (PPC), mientras que para el grupo de los mercantiles, PMSII se encuentra en el límite del umbral y PMSI supera por poco ese umbral (Gráfico 1).

Esto también se observa en el Coeficiente de Variación (CV) de la Tabla 3 donde el alto grado de variación en la dimensión (22,03%) se da entre los grupos y no dentro de los mismos, ya que PMSI y PMSII obtienen un valor de 1,69 y 1,53 respectivamente, mientras que PPCI presenta un valor de 2,47 y PPCII 2,17.

A nivel categoría, *Productividad* presenta una alta variabili-

Tabla 2. Resumen de las dimensiones, categorías e indicadores aplicados en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.

Dimensión	Categoría	Indicador
Económica	Producción	Superficie de Producción
		Producción de Carne *
		Producción de Madera
	Rentabilidad	Rentabilidad
	Riesgo económico	Diversificación *
		Insumos Externos

\*Indicador ponderado con el valor de 2.

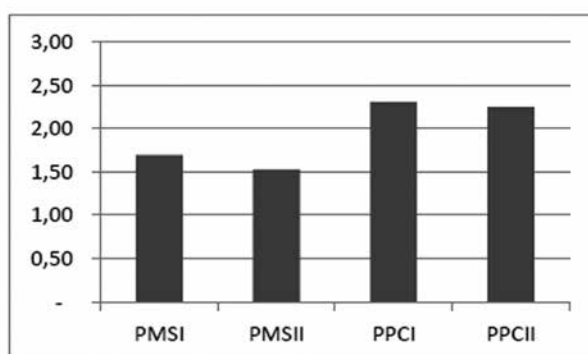


Gráfico 1. Valores de la DK en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.

dad de los valores (33,38%) siguiendo el mismo patrón que en el índice general, pero solo PMSII se encuentra en un punto crítico estando por debajo del umbral. En *Rentabilidad* el grupo PPC se encuentra por encima del umbral pero PMS muy por debajo. Finalmente el *Riesgo Económico* no exhibe inconvenientes para la sustentabilidad de ningún establecimiento. Para los indicadores: *Insumos Externos*, *Diversificación*, *Rentabilidad*, *Producción de Madera* y *Producción de Carne* los PPC obtuvieron valores siempre por encima del umbral (Gráfico 2). Solamente en el indicador *Superficie de Producción* el

PPCI se encuentra por debajo del punto crítico, mientras que PPCII obtiene el máximo posible de sustentabilidad.

Ahora bien, los PMS obtienen valores por debajo del umbral en *Insumos Externos*, *Rentabilidad* y *Producción de Madera*. En el indicador *Producción de Carne* PMSII se mantiene por debajo del punto crítico, en *Superficie de Producción* ambos se encuentran por encima del umbral y en el indicador *Diversificación* ambos muestran un aspecto muy positivo si consideramos que obtuvieron el máximo para la sustentabilidad (Gráfico 2).

Tabla 3. Valores, Promedio, Coeficiente de Variación (CV) y Total de las categorías de la DK en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.

Productor	Categorías			
	Productividad	Rentabilidad	Riesgo Económico	Total DK
PMS I	1,75	1,00	2,33	1,69
PMS II	1,25	1,00	2,33	1,53
PPC I	2,75	2,00	2,67	2,47
PPC II	2,50	2,00	2,00	2,17
<b>Promedio</b>	<b>2,06</b>	<b>1,50</b>	<b>2,33</b>	<b>1,97</b>
<b>CV</b>	<b>33,38</b>	<b>38,49</b>	<b>11,66</b>	<b>22,03</b>

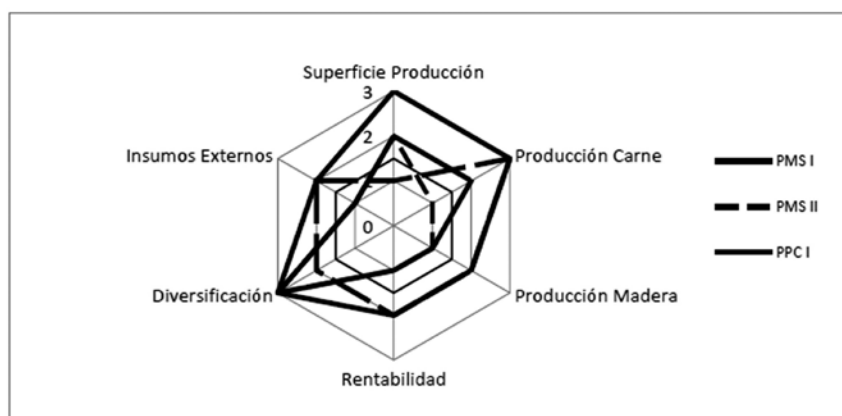


Gráfico 2. Representación, en un gráfico de telaraña, del valor de los indicadores pertenecientes a la DK en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.

## Discusión

En el trabajo realizado por Sarandón *et al.* (2006), cuyo objetivo fue analizar el uso de indicadores a fin de evaluar la sustentabilidad de agroecosistemas de pequeños productores en la provincia de Misiones, se estableció que el desarrollo y uso de indicadores, aun con sus limitaciones, resulta una herramienta adecuada y flexible para evaluar tendencias, establecer diferencias entre establecimientos y detectar los puntos críticos de manejo para el logro de una agricultura sustentable. En este sentido, el uso de indicadores aplicados en la dimensión económica permitió establecer que los productores pertenecientes al grupo de los capitalizados (PPC) demostraron privilegiar acumular capital en contraposición a los integrantes de los mercantiles simples (PMS), quienes priorizan el autoconsumo familiar antes que la maximización de la rentabilidad. Esto se puede observar en las categorías *Productividad* y *Rentabilidad* ya que en ambas los PPC obtienen mayores valores que los PMS.

Para Esquivel *et al.* (2004) la mayor estabilidad económica en los establecimientos de PP a partir de SSP se debe, entre otros factores, al flujo de caja generado por la venta de carne y la comercialización de madera producidos sobre una misma superficie. Al mismo tiempo, por lo analizado en este trabajo, se observa que la máxima rentabilidad en este tipo de planteos productivos la obtienen los productores una vez que comienzan a recibir ingresos por la comercialización de ambos productos (madera y carne). Por lo tanto los PMS, debido a que sus SSP son incipientes, aún no obtuvieron un ingreso por la comercialización de la madera, consecuentemente su rentabilidad actual es baja.

La superficie de producción es una unidad de medida productiva que está en función de la capacidad de mano de obra familiar y de la disponibilidad de tierra, reflejando, de cierto modo, el ingreso económico a partir de la actividad produc-

tiva realizada en esa superficie. El indicador *Superficie de Producción* presentó el mayor valor (3) para PPCI y el menor valor (0) para PPCII, ya que el primero destina al planteo silvopastoril una superficie que le permite llevar a cabo la actividad a largo plazo (forestación) y a corto plazo (ganadería) en concordancia con las demás actividades realizadas en el predio. Por su parte, PPCII destinó el 100% de la superficie al SSP, lo cual no le permite diversificar la producción, siendo esto un punto que el productor desea revertir. Por otro lado, los PMS se mostraron satisfechos con la superficie que destinaron al SSP.

Otro de los indicadores analizados fue la *Diversificación* de los cultivos que se producen en los establecimientos, cuyo objetivo es reducir la variabilidad del ingreso, prevenir caídas en el ingreso por debajo de cierto umbral mínimo y aumentar la habilidad de los productores para resistir condiciones desventajosas (Flores, 2012). De los tres casos bajo análisis, el grupo PMS y el productor PPCI coincidieron en el mayor valor posible, mientras que el PPCII obtuvo un valor menor ya que tiene limitada diversificación de cultivos.

Por último, el indicador *Insumos Externos*, se encuentra compuesto por la calidad y procedencia del material de propagación necesario para llevar adelante el SSP: plantines, semillas para el forraje, etc. Para el grupo PMS este indicador tuvo un valor crítico, por debajo del umbral, ya que estos obtienen el material por donación o descarte de otros establecimientos, desconociendo su procedencia y pudiendo presentar esto una baja tasa de crecimiento o sanidad, lo cual puede llevar a la disminución de la productividad del planteo silvopastoril. Por su parte, los PPC si bien obtuvieron un valor mayor (2) ya que compran el material, este tampoco tiene asegurada su calidad o sanidad lo cual también puede traer consecuencias negativas al planteo silvopastoril.

## Conclusión

Los establecimientos capitalizados (PPC) mostraron mayor interés en optimizar los beneficios económicos, contrariamente a los mercantiles (PMS).

Los capitalizados ya han obtenidos ganancias por la venta de la carne y la madera, a diferencia de los mercantiles, ya que en estos últimos los SSP son incipientes y aun no han generado ingresos por la comercialización de la madera. La realización de un análisis económico-financiero a largo plazo permitiría

visualizar si la tendencia se mantendrá o es posible que la situación se revierta.

Todos los productores coincidieron en que deben mantener y/o aumentar la diversificación de cultivos producidos, a fin de disminuir los riesgos económicos de sus establecimientos, siendo esta una condición *sine qua non* para la supervivencia de la AF en la provincia de Misiones.

## Agradecimientos

Al Componente 2 Plantaciones Forestales Sustentables de la UCAR por permiternos concretar este trabajo. A los integrantes de la agencia de Extensión Rural INTA Eldorado. A los médicos veterinarios Andrea Pantiu y Jorge Libutsky por su buena predisposición. A los productores por recibirnos tan amablemente. A la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata.

## Bibliografía

- Avogadro, E. G., 2013. "Análisis de sustentabilidad en planteos silvopastoriles para pequeños productores de Eldorado, Misiones". Trabajo de tesis para acceder al título de Ingeniera Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Octubre, 2013.
- Cameron, C., Drance, S., Edwards, D., Jones, D., 1994. Árboles y pasturas: Un estudio sobre los efectos del espaciamiento. Agroforestería de las Américas. Pp. 8-9. (Traducido por Adrienne Gienenez).
- Chifarelli, D., 2010. Acumulación, Éxodo y Expansión: un análisis sobre la agricultura familiar en el norte de Misiones. 1ª ed. Buenos Aires: Ediciones INTA. Pp. 34-123.
- CNA, 2002. Censo Nacional Agropecuario 2002.
- Esquivel J., Fassola H. E., Lacorte S. M., Colcombet L., Pachas N., Keller A., 2004. Sistemas Silvopastoriles Una sólida alternativa de sustentabilidad ambiental, económica y social. 11as. Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. 7 y 9 Octubre 2004. UNaM FCF, INTA Montecarlo. Eldorado, Misiones, Argentina. Pp. 3.
- Flores, C. C., 2012. Evaluación de la sustentabilidad de un proceso de transición agroecológica en sistemas de producción hortícolas familiares del partido de La Plata. Trabajo de tesis para acceder al grado de MSc en Economía Agroalimentaria (Orientación desarrollo rural). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Pp 169-255.
- Glasser, B., Strauss, A., 1967. "The Discovering of Ground Theory: Strategies for Qualitative research". Aladine Publishing Company, New York. Pp. 110-145.
- Gunther, D.F, Correa M., Lysiak, E., 2008. Zonas agroeconómicas homogéneas y sistemas de producción predominantes de la Provincia de Misiones. Boletín INTA EEA Cerro Azul, Misiones (Argentina). Pp. 9-87.
- Houriet, J. L., Rossner, M. B., Colcombet, L., 2009. Implementación de sistemas silvopastoriles en establecimientos de pequeños productores de Misiones, Argentina. Actas 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos sociales-equidad, Posadas, Misiones. Pp. 5.
- Peri, P. L., 2012. Implementación, manejo y producción en Sistemas Silvopastoriles: enfoque de escalas en la aplicación del conocimiento aplicado. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Santiago del Estero. Pp. 8-13.
- Sarandón, S.J., 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En Agroecología. El Camino hacia una agricultura sustentable (Sarandón, S.J, ed.). Ediciones Científicas Americanas. Pp. 393-414.
- Sarandón, S.J., Zuluaga, M.S., Cieza, R., Gómez, C., Janjetic, L., Negrete, E., 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. Revista Agroecología. Pp. 19-28.
- Sarandón, S.J., Flores, C.C., 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. Revista Agroecología, España. Pp. 19-28.
- Schvorer, E. L., 2011. Estructura social agraria, Estado y conflictos sociales. Las circunstancias de una historiografía regional. Ponencia presentada en las XIII Jornadas Interescuelas-Departamentos de Historia, Catamarca, agosto del 2011 (versión revisada). Misiones. Pp. 15-16.
- Suares Da Silva, J. C., 2012. Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas productivos en chacras de pequeños productores en el departamento General Manuel Belgrano provincia de Misiones, Argentina. Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires, Área de Desarrollo Rural. Pp. 43-75.

# **Análisis de sustentabilidad en planteos silvopastoriles para pequeños productores de Eldorado, Misiones:**

## **2- Dimensión social.**

*Avogadro, E<sup>1</sup>; Chifarelli, D<sup>2,3</sup>; Stevani, R<sup>1</sup>.*

### **Resumen**

La provincia de Misiones concentra la mayor cantidad de pequeños productores agropecuarios (PP) del país. La globalización y las políticas neoliberales provocaron un fuerte proceso de expulsión de mano de obra rural y su migración hacia los centros urbanos. Los sistemas silvopastoriles (SSP) representan una alternativa para aquellos que aún resisten la expulsión. El objetivo del trabajo fue evaluar la sustentabilidad social de los SSP utilizados por PP en el departamento de Eldorado, a través de la aplicación de indicadores, contruidos de acuerdo a la metodología propuesta por Sarandón (2002). Los productores seleccionados pertenecen a la clasificación de Agricultura Familiar de Chifarelli (2010): Pequeño Productor Capitalizado (PPC) el cual vende mercancías con utilización de fuerza de trabajo asalariada acumulando capital y Productor Mercantil Simple (PMS) el cual vende mercancías con utilización de mano de obra familiar y no acumulan capital. Resulta fundamental la participación de los productores en organizaciones que le brinden información sobre los SSP y que además permitan la vinculación con otros productores.

**Palabras Claves:** *agricultura familiar, Indicadores, establecimientos.*

### **Sustainability analysis of silvopastoral systems for small producers from Eldorado, Misiones: 2- Social dimension.**

### **Summary**

The province of Misiones concentrates the major quantity of small producers (PP) of the country. The globalization and the neoliberal policies provoked a strong process of expulsion of rural workforce. The silvopastoral systems (SSP) appear as an alternative for those producers who still resist the expulsion. The aim of the work was to evaluate the sustainability of the SSP used by PP in Eldorado approaching the social dimension across the application of indicators, constructed of agreement to the methodology proposed by Sarandón (2002). The selected producers belong to the classification of family farming of Chifarelli (2010). It is essential the participation of producers in organizations that give information on the SSP and also allow linking with other producers.

**Keywords:** *Indicators, family farming, establishments, dimensions.*

<sup>1</sup> Facultad de Cs. Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Av. 60 y 119, CC 31. La Plata, Buenos Aires, Argentina. mail:evangelinaavogadro@gmail.com <sup>2</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. <sup>3</sup> INTA AER Eldorado.

## Introducción

La región noreste de Argentina concentra la mayor cantidad de pequeños productores agropecuarios (PP), siendo la provincia de Misiones la que encabeza la lista (CNA, 2002). Los PP del norte misionero se encuentran en un proceso de paulatina descapitalización desde la década de 1980 (Suarez da Silva, 2012), debido a la concentración capitalista de la producción, manufacturación y comercialización de los cultivos tradicionales en manos de acopiadores y molineros. Se suma a ello, la preponderancia en la economía provincial de las actividades ligadas a la explotación forestal, caracterizadas por la instalación de empresas internacionales de capital integrado, con realización de cultivos de tipo intensivo con su correspondiente proceso de concentración (Schvorer, 2011).

La profundización de la diferenciación social agraria, ha llevado a un mayor empobrecimiento y expulsión de la población rural a los centros urbanos (particularmente obreros rurales, pequeños colonos y campesinos). Estos procesos han puesto en cuestión la supervivencia de la pequeña producción familiar en Misiones y han multiplicado los problemas de acceso a la tierra, vivienda y el trabajo en las principales ciudades (Schvorer, 2011).

En Misiones, hasta el año 2010, el 20% de la superficie total forestada correspondía a SSP (sin tener en cuenta la superficie forestada por la empresa Alto Paraná), de las cuales un 15% correspondían a PP, es decir, alrededor de 50.000 ha (Peri, 2012). Estos sistemas se presentan como una alternativa productiva para aquellos productores que aún resisten la expulsión. Los SSP representan una modalidad de uso de la tierra donde coexisten interacciones ecológicas y/o económicas, positivas y negativas entre los componentes arbóreos, forrajeros y ganaderos (Cameron et al., 1994).

Sus efectos positivos, combinados con la utilización más eficiente de la mano de obra familiar y su gran flexibilidad para adecuarse a los ciclos de precios y diferentes realidades socio-económico productivas, convierten a los SSP en una alternativa factible y sustentable (Houriet et al., 2009).

Para Chifarelli (2010), la Agricultura Familiar (AF) debe ser entendida a partir de la comprensión de las relaciones sociales de producción dentro del modo de producción capitalista. La AF forma parte de los PP dentro de la clase capitalista ya que poseen medios de producción y venden mercancías en el mercado.

Sarandón et al. (2006) definen a la agricultura sustentable como aquella que “permite mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales que lo soportan”. De acuerdo con este marco conceptual, la agricultura sustentable debe cumplir satisfactoria y simultáneamente con los siguientes requisitos: 1) Ser suficientemente productiva, 2) Ser económicamente viable, 3) Ser ecológicamente adecuada y 4) Ser cultural y socialmente aceptable (Sarandón et al., 2009).

En el trabajo titulado “Análisis de sustentabilidad en plantíos silvopastoriles para pequeños productores de Eldorado, Misiones”, Avogadro (2013) estudió el desarrollo de cada una de las tres dimensiones, las cuales se desarrollarán en trabajos separados en esta oportunidad para posibilitar un mayor grado de detalle: 1-Dimensión ecológica, 2- Dimensión social y 3- Dimensión económica.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la sustentabilidad en la dimensión social (DS) de los SSP implementados por PP en Eldorado, a través de la aplicación de indicadores.

## Material y métodos

### Área de estudio

El departamento de Eldorado se encuentra ubicado al noreste de la provincia de Misiones, limitando al norte con el departamento de Iguazú, al este con los departamentos de General Manuel Belgrano y San Pedro, al sur con el departamento de Montecarlo y al oeste con la República del Paraguay, separado por el río Paraná. Cuenta con una superficie de 1.927 Km<sup>2</sup> y se encuentra conformado por cinco municipios: Eldorado, Colonia Delicia, 9 de Julio, Santiago de Liniers y Colonia Victoria.

Una amplia superficie de esta región es implantada, con un bajo uso tanto de pasturas y cultivos anuales respecto de las plantaciones perennes, dentro de las cuales la yerba mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hil.) es la más importante. Dentro de los sistemas productivos de la zona, la forma de organización del trabajo prevaleciente es la basada en el aporte de mano de obra familiar (Gunther et al., 2008).

### Selección de productores

Se seleccionaron intencionalmente cuatro productores que re-

unieran, en primera instancia las características planteadas en la clasificación de AF de Chifarelli (2010) y en segundo lugar por su interés teórico (muestreo teórico según Glasser et al., 1967) para que permitieran visualizar los aspectos que serían analizados en este estudio. Al tratarse de estudio de caso, las conclusiones presentadas tienen el estatus de hipotéticas.

Para la realización del trabajo se realizaron entrevistas semi-estructuradas a dos productores (Tabla 1) de cada una de las siguientes categorías dentro de la clasificación de AF de Chifarelli (2010):

- Pequeño Productor Capitalizado (PPC): vende mercancías con utilización de fuerza de trabajo asalariada y familiar. Acumula capital con mayor o menor dificultad en función de los ciclos económicos particulares. Escala de extensión de su explotación generalmente menor a 100 ha y mayor a 25 ha.
- Productor Mercantil Simple (PMS): vende mercancías con utilización de mano de obra familiar y compra puntual de fuerza de trabajo. No acumula capital. Escala de extensión de su explotación generalmente menor a 50 ha y mayor a 20 ha.



Tabla 1. Resumen de la descripción de los productores analizados en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.

	Productor Mercantil Simple		Pequeño Productor Capitalizado	
	PMS I	PMS II	PPC I	PPC II
Organización	PUSaLi*	PUSaLi	AFGM**	AFGM
Superficie del establecimiento	Total 20 ha, 13 corresponden a monte nativo. 5,5 ha se encuentran en producción con diversidad de cultivos (venta y autoconsumo) y 1,5 ha corresponde a SSP.	Total 35 ha, de las cuales 6 corresponden a monte nativo. 2 ha se hayan bajo SSP y las restante con plantación de Araucaria angustifolia y diversos cultivos.	Total 40 ha, 5 corresponden a monte nativo. 10 ha se destinan a SSP y las restante a potreros a cielo abierto y cultivos para la suplementación animal.	Total 28 ha. Cerca de la totalidad de la superficie se encuentra con SSP, solo una pequeña superficie (0,5 ha) se destina a diversos cultivos.
Composición SSP	Componente forestal: <i>Pinus sp.</i> Base forrajera: pasto jesuita gigante ( <i>Axonopus catarinensis</i> Valls). Componente animal: 8 cabezas de ganado.	Componente forestal: <i>Eucalyptus sp.</i> Base forrajera: pasto elefante ( <i>Pennisetum purpureum</i> Schum). Componente animal: 11 cabezas de ganado	Componente forestal: <i>Pinus sp.</i> Base forrajera: jesuita gigante. Componente animal: 50 cabezas de ganado.	Componente forestal: <i>Pinus sp.</i> Base forrajera: pasto jesuita gigante, pasto alambre ( <i>Brachiaria brizantha</i> cv <i>Marandú</i> ), y pasto estrella ( <i>Cynodon plectostachyus</i> ). Componente animal: 35 cabezas de ganado.

\* Productores Unidos de Santiago de Liniers. \*\* Asociación Foresto-Ganadera de Misiones.

### Construcción, estandarización y ponderación de los indicadores

El nivel de evaluación en el trabajo es el indicador, el cual es una variable, seleccionada y cuantificada que nos permite ver una tendencia que de otra forma no es fácilmente detectable (Sarandón, 2002).

Los indicadores empleados se construyeron de acuerdo a la metodología propuesta por Sarandón (2002). Esta metodología permite la cuantificación y análisis objetivo de la sustentabilidad y consiste en una serie de pasos que conducen a la obtención de un conjunto de indicadores adecuados para evaluar los puntos críticos de la sustentabilidad de los agroecosistemas (Sarandón, 2009).

Los datos obtenidos, a partir de las entrevistas y observaciones a campo, fueron estandarizados mediante la transformación a una escala de 0 a 3, siendo 0 el valor más bajo de sustentabilidad y 3 el mayor valor. Esto permite la comparación entre datos que se expresan en unidades diferentes. Estos datos fueron volcados en cada uno de los indicadores construidos con anterioridad.

Posteriormente, los indicadores fueron ponderados multiplicando su valor por un coeficiente de acuerdo a la importancia relativa de cada uno de ellos respecto a la sustentabilidad (Sarandón et al., 2006). La ponderación se realizó por discusión

y consenso entre los autores, el criterio que se utilizó para ponderar con el valor de 2 a ciertos indicadores fue que ese debía mantenerse indefectiblemente en el tiempo para que el planteo silvopastoril continuará formando parte del proceso productivo del establecimiento.

Se definió un valor umbral o mínimo, el cual fue establecido consultando la bibliografía referente en la temática, por encima del mismo el sistema podía considerarse sustentable. Este valor debía ser igual o mayor que el valor medio de la escala, es decir, 1,5.

Por ejemplo: en la categoría *Aceptabilidad de los SSP* se pondero el indicador *Aceptabilidad de los Sistemas* (Tabla N°2), y la escala quedó establecida de la siguiente manera:

3	Está muy conforme y proyecta ampliar la superficie.
2	Está conforme pero no proyecta ampliar la superficie.
1	Está disconforme pero piensa mantener la superficie actual.
0	Está disconforme y piensa abandonar la actividad.

## Resultado

En la Tabla 2, se encuentran los indicadores construidos para la DS en Avogadro (2013).

En el Gráfico 1 se observan los valores generales para la DS de los cuatro establecimientos analizados, estando todos ellos por encima del umbral crítico de 1,5.

La DS presentó una muy baja variación (6,37%) entre los gru-

pos (PMS y PPC) y a la vez entre los cuatro establecimientos (Tabla 3).

A nivel categorías, *Calidad de Vida* se observa como un aspecto muy crítico dentro de la sustentabilidad para todos los establecimientos. En cuanto a la *Participación Social* todos los productores coincidieron en el máximo nivel, resultando

## Area 2: Aspectos económicos y sociales de los sistemas silvopastoriles y agroforestales

Tabla 2. Resumen de las dimensiones, categorías e indicadores aplicados en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.

Dimensión	Categoría	Indicador
Social	Aceptabilidad de los SSP	Aceptabilidad de los Sistemas*
	Calidad de Vida	Riesgo a la Salud*
		Composición Mano de Obra*
	Participación Social	Vinculación con el Medio
		Capacitación

\*Indicador ponderado con el valor de 2.

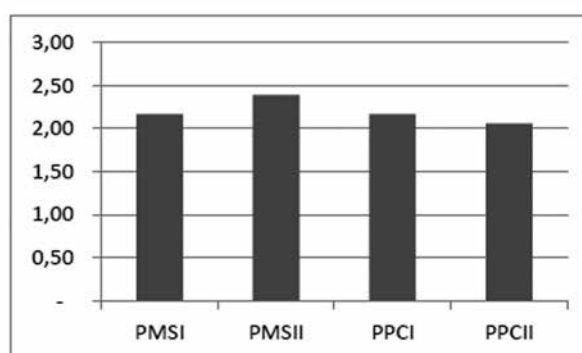


Gráfico 1. Valores de la DS en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.

esto como un aspecto muy positivo dentro del análisis realizado. En lo que respecta a la *Aceptabilidad* de los sistemas, estos demostraron valores altos, lo que demuestra la importancia de los SSP a nivel social para estos cuatro establecimientos (Tabla 3).

El indicador *Riesgo a la Salud*, dentro de la categoría *Calidad de Vida*, muestra el punto más crítico de toda la dimensión (valor de 0) para tres de los establecimientos analizados, donde

solo PPCII obtiene un valor por encima del valor umbral de 1,5. En el indicador *Capacitación*, todos los productores coincidieron en el valor máximo de la sustentabilidad. *Vinculación con el Medio* y *Aceptabilidad de los SSP* no muestra demasiados inconvenientes ya que nuevamente todos los establecimientos presentan valores por encima del punto crítico; solo en el indicador *Composición de la Mano de Obra*, el grupo PMS se ubica por debajo del umbral (Gráfico 2).

Tabla 3. Valores de cada indicador, Promedio, Coeficiente de Variación (CV) y Total de las categorías de la DS en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.

	Categorías					
	Aceptabilidad de los SSP	Calidad de Vida		Integración Social		
Productor	Indicador* Aceptabilidad Sistemas	Indicador* Riesgo Salud	Indicador* Composición Mano de Obra	Indicador Vinculación Medio	Indicador Capacitación	Total DS
PMS I	3	0	1	3	3	2,17
PMS II	3	0	3	2	3	2,39
PPC I	2	0	3	3	3	2,17
PPC II	2	2	1	2	3	2,06
<b>Promedio</b>	<b>2,50</b>	<b>1,25</b>		<b>2,83</b>		<b>2,19</b>
<b>CV</b>	<b>23,09</b>	<b>40,00</b>		<b>6,79</b>		<b>6,37</b>

\*Indicador ponderado con el valor de 2.

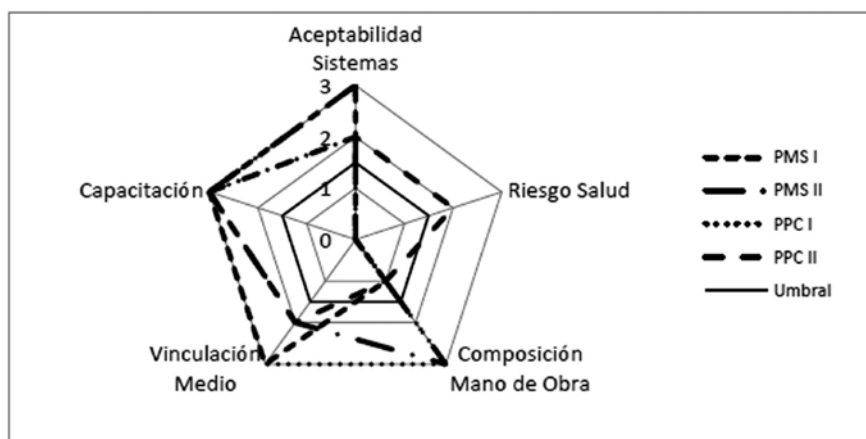


Gráfico 2. Representación en un gráfico tipo tela de araña de los valores de los indicadores pertenecientes a la DS en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.

## Discusión

Uno de los aspectos más importante a tener en cuenta, al momento de pensar en la implementación de SSP dentro de la AF, es su aceptación por parte de los productores. En este trabajo, el nivel de aceptación se evaluó a través del deseo del productor en aumentar la superficie con este tipo de sistemas productivos o no. Todos los productores expresaron que aumentarían la superficie destinada al SSP, ya que esto les permite mantener la diversificación productiva del predio y en algunos casos aumentarla (posibilidad de realizar una gran cantidad de cultivos bajo el dosel).

Al respecto, Carranza *et al.* (2009) plantea que para el caso de PP, el SSP deberá establecerse como un subsistema dentro de un esquema de aprovechamiento múltiple, mucho más diversificado, donde el objetivo puede apuntar tanto a fortalecer la provisión de productos para autoconsumo como a la generación de mayor producción de excedentes para el mercado.

Otro de los aspectos fundamental que se debe considerar, es la importancia de que el productor reciba capacitaciones en temáticas vinculadas con los SSP. Esto se pudo comprobar, al comparar entre aquellos productores que ya han recibido algún tipo de capacitación, por ejemplo, en el uso del recurso hídrico (productores pertenecientes al grupo PMS) de aquellos que no la han recibido (PPC) ya que estos últimos presentan serios problemas con el uso del agua dentro de sus establecimientos. Por otra parte, existe la demanda por parte de los productores, de obtener información acerca del correcto manejo de los componentes del sistema (forrajero, ganadero y forestal) que conforman los SSP.

En lo que respecta a la *Vinculación con el Medio*, a través

de asociaciones de productores, quedó demostrado que la interacción entre productores y con los técnicos, resulta fundamental para motivar y promover este tipo de sistemas productivos en la región. Es así que, en la categoría *Participación Social* se observan los mayores valores para todos los establecimientos bajo análisis.

El aspecto más crítico que se visualiza dentro de esta dimensión, es el indicador *Riesgo a la Salud*, compuesto por las medidas que los productores toman para llevar adelante las prácticas intermedias que requieren los SSP: aplicación de agroquímicos, poda, raleos y aprovechamiento. Solo PPCII obtuvo un valor que supera levemente el umbral crítico, mientras que los demás productores obtuvieron un valor alarmante y que puede poner en peligro la sustentabilidad del sistema productivo sino se consideran medidas que permitan disminuir este riesgo. Esto podría ser a partir de capacitaciones.

Por último, respecto al indicador *Composición de la Mano de Obra*, se puede observar que PMSII y PPCI obtienen el mayor valor posible ya que en ambos establecimientos no contratan mano de obra permanente y las laborales del predio la realizan los productores junto a sus esposas, coincidiendo con la definición de AF empleada en este trabajo. Ahora bien, PMSI y PPCII obtienen valores por debajo del umbral crítico. El primero de ellos debido a que realiza todas las actividades del planteo silvopastoril con niños, aun cuando muchas de ellas sean riesgosas para su salud, y el segundo contrata mano de obra permanente, siendo esto un punto que ambos productores deberían reconsiderar.

## Conclusión

Se contribuye con este trabajo, en visualizar aquellos aspectos que deberían ser tenidos en cuenta a la hora de pensar estrategias para la implementación de los SSP en la AF.

Resulta fundamental la participación de los productores en organizaciones que le brinden información sobre los SSP y que además permitan la vinculación con otros productores. La posibilidad de obtener información a través de capacitaciones es

un eje fundamental para que estos sistemas continúen siendo implementados en la región.

Es muy contraproducente para el sistema que no se reconsideren las formas en las cuales se llevan adelante las prácticas intermedias por parte de los productores (raleos, podes, aprovechamiento) ya que todo esto tiene un valor alarmante para la sustentabilidad del planteo.

## Agradecimientos

Al Componente 2 Plantaciones Forestales Sustentables de la UCAR por permitirme concretar este trabajo. A los integrantes de la agencia de Extensión Rural INTA Eldorado. A los médicos veterinarios Andrea Pantiu y Jorge Libutsky por su buena predisposición. A los productores por recibirme tan amablemente.

## Bibliografía

- Avogadro, E. G., 2013. "Análisis de sustentabilidad en planteos silvopastoriles para pequeños productores de Eldorado, Misiones". Trabajo final de carrera para acceder al título de Ingeniera Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Octubre, 2013.
- Cameron, C., Drance, S., Edwards, D., Jones, D., 1994. Árboles y pasturas: Un estudio sobre los efectos del espaciamiento. Agroforestería de las Américas. Pp. 8-9. (Traducido por Adrienne Giemenez).
- Carranza, C. A., Ledesma, M., 2009. Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, Argentina, 18-23 de Octubre 2009. Pp. 1-5.
- Chifarelli, D., 2010. Acumulación, Éxodo y Expansión: un análisis sobre la agricultura familiar en el norte de Misiones. 1ª ed. Buenos Aires: Ediciones INTA. Pp. 34-123.
- CNA, 2002. Censo Nacional Agropecuario 2002.
- Glasser, B., Strauss, A., 1967. "The Discovering of Ground Theory: Strategies for Qualitative research". Aladine Publishing Company, New York. Pp. 110-145.
- Gunther, D.F., Correa M., Lysiak, E., 2008. Zonas agroecológicas homogéneas y sistemas de producción predominantes de la Provincia de Misiones. Boletín INTA EEA Cerro Azul, Misiones (Argentina). Pp. 9-87.
- Houriet, J. L., Rossner, M. B., Colcombet, L., 2009. Implementación de sistemas silvopastoriles en establecimientos de pequeños productores de Misiones, Argentina. Actas 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos sociales-equidad, Posadas, Misiones. Pp. 5.
- Obschatko, E., Scheinkerman de., Foti, M., Román, M.E., 2007. Los pequeños productores en la República Argentina. Importancia en la producción agropecuaria y en el empleo en base al Censo Nacional Agropecuario 2002. 2a ed. - Buenos Aires: Secretaría Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Dirección de Desarrollo Agropecuario: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura- Argentina, 2007. Pp. 14.
- Peri, P. L., 2012. Implementación, manejo y producción en Sistemas Silvopastoriles: enfoque de escalas en la aplicación del conocimiento aplicado. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Santiago del Estero. Pp. 8-13.
- Sarandón, S.J., 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En Agroecología. El Camino hacia una agricultura sustentable (Sarandón, S.J., ed.). Ediciones Científicas Americanas. Pp. 393-414.
- Sarandón, S.J., Zuluaga, M.S., Cieza, R., Gómez, C., Janjetic, L., Negrete, E., 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. Revista Agroecología. Pp. 19-28.
- Sarandón, S.J., Flores, C.C., 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. Revista Agroecología, España. Pp. 19-28.
- Schvorer, E. L., 2011. Estructura social agraria, Estado y conflictos sociales. Las circunstancias de una historiografía regional. Ponencia presentada en las XIII Jornadas Interescuelas-Departamentos de Historia, Catamarca, agosto del 2011 (versión revisada). Misiones. Pp. 15-16.
- Suares Da Silva, J. C., 2012. Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas productivos en chacras de pequeños productores en el departamento General Manuel Belgrano provincia de Misiones, Argentina. Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires, Área de Desarrollo Rural. Pp. 43-75.

# Desarrollo de los Sistemas Silvopastoriles a través del Asociativismo.

R. A. Costas<sup>(1, 5)</sup>; V. D. Kurtz<sup>(2)</sup>; D. H. Chifarelli<sup>(1, 3)</sup>; J. R. Libutzki<sup>(4)</sup>

## Resumen

Los Sistemas Silvopastoriles (SSP) se encuentran en plena expansión en el noreste de Argentina desde mediados de la década de los años 90, con resultados promisorios, dadas las ventajas económicas y sociales que presentan. La provincia de Misiones, Argentina, a través de las políticas implementadas desde 2006, ha promovido la producción animal con planes de créditos a productores. La particularidad del fomento es que fue enfocado a productores que estuvieran agrupados en Asociaciones o Cooperativas. Con apoyo de la Agencia de Extensión Rural (AER) INTA de Eldorado, en 2006 se conformó la Asociación de Productores Foresto-Ganaderos de la Provincia de Misiones (AFGM). La integración original de la misma fue heterogénea, con algunos productores de SSP y mayoritariamente productores forestales, ganaderos o agrícolas interesados en los SSP. El propósito de este trabajo es mostrar a través de un caso cómo el desarrollo de los SSP promovió el asociativismo, y a través del mismo se promueve la mejora continua de los SSP, como procesos de retroalimentación positiva. El trabajo asociativo a través de la AFGM, ha permitido la capitalización y fortalecimiento de los productores, en particular los pequeños y/o quienes no desarrollaban actividades ganaderas. Actualmente se evalúan alternativas de mejoras de comercialización de los productos de los SSP; y se continúan actividades formativas, informativas y jornadas a campo, realizadas periódicamente en predios de socios. Se evidencia el logro de una apropiación social del conocimiento sobre mejores usos de la tierra para generación de riqueza e incremento del capital natural y social, a través del desarrollo asociativo de los SSP. La promoción de los SSP, la investigación y la extensión, y la voluntad de productores de adoptar a estos sistemas y trabajar de manera asociada, han creado un círculo virtuoso con resultados actuales y proyecciones a corto y mediano plazos positivos y promisorios.

**Palabras Clave:** Provincia de Misiones, Sistemas Silvopastoriles, Desarrollo asociado.

## Development of silvopastoral systems through associative processes.

## Abstract

Silvopastoral systems (SPS) are expanding in northeastern Argentina since the mid -90s, with promising results, given the economic and social advantages offered. The province of Misiones, Argentina, through policies implemented since 2006, has promoted animal production with credit schemes to farmers. The particularity of the promotion is that it was aimed to producers that were grouped in associations or cooperatives. With the support from the Rural Extension Agency (REA) INTA Eldorado, in 2006 the Association of Forestry- Livestock Producers in the Province of Misiones (AFLP) was formed. The Original integration of it was heterogeneous, with some producers of SPS and mostly forest managers, ranchers or farmers interested in the SPS. The purpose of this work is to show through a case how the development of SPS promoted the associativism, and through it the continuous improvement of the SPS is promoted as positive feedback processes. Partnership working with the AFLP, has allowed the capitalization and strengthening of producers, particularly small and/or those who did not develop livestock activities. Improvement alternatives in marketing of SPS products are currently evaluated; and training, information and workshops and field activities are periodically performed on partners. Achieving social appropriation of knowledge on best land uses to generate wealth and increased natural and social capital is evidenced through the associative development of SPS. The promotion of SPS, research and extension, and producers will to adopt these systems and to work in an associated manner have created a virtuous circle with current results and positive and promising projections for the short and medium terms.

**Keywords:** Province of Misiones, Silvopastoral systems, Development associated.

<sup>(1)</sup> Facultad de Ciencias Forestales (UNaM). Bertoni 124. Eldorado (3380). Misiones. Argentina. rualcostas@yahoo.com.ar <sup>(2)</sup> EEA INTA Cerro Azul; <sup>(3)</sup> Agencia de Extensión Rural INTA Eldorado; <sup>(4)</sup> Consultor Independiente. Promotor - Asesor de Cambio Rural Agencia de Extensión Rural INTA Eldorado; <sup>(5)</sup> Asociación de Productores Foresto-Ganaderos de Misiones.

# Viabilidade Econômica da Gliricídia (*Gliricidia Sepium*) na Implantação de Cercas Vivas

Queiroz, J. F.<sup>1</sup>; Marques, M. N. C.<sup>2</sup>; Maneschy, R. Q.<sup>3</sup>

## Resumo

O uso de cercas vivas tem sido recomendado para o desenvolvimento de sistemas pecuários sustentáveis, uma vez que podem reduzir os custos com mourão tradicional, fornecer sombra e alimento para animais. Realizou-se um estudo da viabilidade econômica de sistema silvipastoril (SSP) com cerca viva de gliricídia (*Gliricidia sepium*) integrado a pastagem de braquiário (*Brachiaria bizanthera* cv *Marandu*) e bovinos (*Bos taurus*). O trabalho realizado planejou uma simulação do tipo de interação já apresentado e analisar a viabilidade econômica deste experimento. Foram realizadas consultas a literatura existente e as simulações para análise econômica. Constatou-se que o SAF analisado é economicamente viável.

**Palavras chave** Agroflorestal, sustentabilidade, viabilidade econômica, agricultura familiar.

## Abstract

The use of quicksets has been recommended for development of livestock sustainability systems, once they can be reduce the costs with traditional stake, furnish shadow and food for the animals. We conducted a study about economic feasibility of silvipastoral system (SPS) with gliricidia's quickset (*Gliricidia sepium*) integrated with brachiaria (*Brachiaria bizanthera* cv *Marandu*) and to bovines (*Bos taurus*). The produced work intended a simulation of this interaction kind and the feasibility economic analyses. It was found SPS is economic feasibly.

**Key Words** Agroforestry, sustainability, feasibility economic, family farm.

<sup>1</sup> Bolsista PIBIC/UFPA-NUMA, jaqueline.fontel07@gmail.com. <sup>2</sup>Bolsista PIBIC/UFPA-NUMA, caetana.maria@yahoo.com.br. <sup>3</sup>Professora Doutora do Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, romaneschy@ufpa.br

## Introdução

A Amazônia brasileira possui 30 milhões de hectares, dos quais, atualmente cerca de 70 milhões estão desmatados e cuja metade está abandonada. Os principais agentes de desmatamento na região são a pecuária, exploração de madeira e produtos não madeireiros, agricultura de corte e queima e, mais recentemente, a agricultura mecanizada de grãos (ALMEIDA et al., 2006).

Esse cenário leva os agricultores a buscar saídas que minimizem tal impacto, especialmente, em assentamentos rurais onde é comum a prática de agricultura em espaços desgastados por métodos de cultivo extensivo. Como alternativa tem sido apresentadas o uso de sistemas silvipastoris (SSP), segundo Silva (2009), consistem em práticas envolvidas com a integração de árvores e pastagens na mesma área por intermédio da conservação/manutenção de árvores previamente existentes, pelo plantio de árvores, ou pela condução de árvores, que surgem naturalmente em meio à pastagem.

Uma forma de minimizar a implantação desses sistemas e diminuir os custos do cercamento da propriedade é uso de cercas vivas, estas são formadas com espécies arbóreas, com o objetivo de funcionar como estacas para cerca, delimitando a propriedade ou aprisionando gado e outros animais (FRANKE; FURTADO, 2001 apud OLIVEIRA, 2011).

As cercas vivas apresentam inúmeras vantagens como produzir sombra para os animais no pasto e uso das estacas para

novas cercas, ademais aquilo que é produzido nesse espaço é proveniente de um cultivo sustentável, atendendo a crescente demanda do mercado externo por produtos de origem sustentável.

O uso integrado da cerca viva dentro de um sistema agroflorestal é altamente viável, haja vista que a atividade pecuária cobre o fluxo negativo do caixa durante o período de implantação e amadurecimento das plantas, no caso da gliricídia, ela ainda pode vir a incorporar a alimentação dos ruminantes.

As características desejáveis para uma planta ser usada como cerca viva incluem a rapidez de crescimento; facilidade em reproduzir-se por estacas, com bom enraizamento; rapidez ao rebrotar depois da poda; formação de uma cerca densa; resistência ao fogo; ausência de problemas de pragas e doenças; e prover outros benefícios tais como frutos, madeira, lenha e forragem, entre outros (MIRANDA; VALENTIM, 1998).

Dentre as espécies que podem ser usadas para a construção de cercas vivas, encontra-se a gliricídia (*Gliricidia sepium*), apresenta boa adaptação a solos com limitação de drenagem e encharcamentos temporários, de acordo com Miranda e Valentim (1998), além disso, pode ser usada na recuperação de solos (em sistemas agroflorestais), fonte de madeira e na alimentação animal, segundo Drumond e Carvalho Filho (2005) apud Andrade (2014).

## Material e Métodos

Este trabalho foi desenvolvido dentro do contexto do Projeto “Sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris como alternativa para a sustentabilidade da pecuária na agricultura da agricultura familiar da Região de Marabá-PA” financiado pela Fundação de Amparo à pesquisa no Pará - FAPESPA. O estudo foi realizado no município de São Domingos do Araguaia, localizado na mesorregião sudeste do estado do Pará e na microrregião do município de Marabá com população estimada pra 2014 de 24.235 habitantes.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) o município tem Produto Interno Bruto (PIB) equivalente à R\$ 30.534 e agropecuária se destaca como uma das principais atividades econômicas desse município perdendo apenas para serviços que correspondem R\$ 75.384 a indústria é pouco expressiva contribuindo apenas em R\$ 9.968, o rendimento per capita de cada habitante na zona rural é de cerca de R\$204,00 enquanto que o de domicílios urbanos é de R\$255,00. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é de 0,594 de acordo com Castro (2014).

Foram realizadas simulações, dentro de um período de dez anos, uma vez que a produtividade de *G. sepium* permanecem inalterada por aparentemente 20 anos, segundo Budowski e Russo (1993) apud Matos et al. (2005), realizado para comparar os indicadores financeiros e nível de mão de obra demandada para os seguintes sistemas: Cerca viva

com gliricídia e mourão tradicional, integrado a pastagem de braquiarião (*Brachiaria bizantha* cv Marandu) e aos bovinos (*Bos taurus*).

Para a análise da viabilidade econômica foram utilizados os seguintes indicadores: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e relação benefício custo (Rb/c). O VPL (a) é definido como a soma algébrica dos saldos do fluxo de caixa descontados à taxa de desconto anual, que representa o custo de oportunidade. Quando a TIR supera o custo de oportunidade do capital um projeto é considerado viável (b). A relação benefício/custo (Rb/c) é dada pelo valor atual do fluxo de benefícios do projeto dividido pelo fluxo de custo do projeto (c) (SANTANA, 2005 apud SOUSA, 2013).

$$(a) VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j (1+i)^{-j}$$

Onde: R<sub>j</sub> = receitas no final do ano ou do período de tempo j considerado; C<sub>j</sub> = custos no final do ano ou do período de tempo j considerado; n = duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo; i = taxa anual de juros, expressa em porcentagem, considerada de 2 % a.a.

$$(b) 0 = \sum_{t=0}^n \frac{R_t - C_t}{(1+i)^t}$$

Onde  $i^*$  = Taxa interna de retorno;  $B_t$  = receitas total ao final do ano ou período de tempo;  $C_t$  = custos total ao final do ano ou período de tempo;  $n$  = duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo;  $j$  = duração do período do projeto, em anos ou período de tempo.

$$(e) R_{b/c} = \frac{\sum_{t=0}^n R_j (1+i)^{-j}}{\sum_{t=0}^n C_j (1+i)^{-j}}$$

Onde:  $R_j$  = receitas no final do ano ou do período de tempo

$j$  considerado;  $C_j$  = custos no final do ano ou do período de tempo  $j$  considerado;  $n$  = duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo;  $i$  = taxa anual de juros, expressa na forma unitária.

Para a análise da viabilidade econômica foi usado “Planilha para análise financeira AMAZONSAF” desenvolvida por Arco-Verde e Amaro (2012). E todos os dados unitários referentes aos custos e venda (Tabela 1) dos produtos foram obtidos no mercado local e em entrevistas com agricultores no ano de 2014, que permitiram a realização das simulações.

Tabela1 - Custos unitários referentes aos dois sistemas.

Espécie	Unidade	Valor de Venda (R\$)
Mourão tradicional	Unidade	20,00
Cerca viva	Unidade	2,00
Pastagem	Kg (Semente)	12,00
Bovino	Kg (Corte)	12,80

Fonte: Autor Próprio.

## Resultados e Discussão

O SSP (cerca viva) analisado apresentou VPL positivo e TIR superior ao mourão tradicional (a taxa de desconto de 2%). De acordo com o panorama da viabilidade econômica o SAF se mostrou eficiente, como demonstrado na Tabela 3.

A de 5,2 do SSP comprovou que as receitas foram maiores que os custos descontados com um valor líquido de R\$4,2, no decorrer de dez anos, ou seja, a cada R\$1,00 investido há o retorno de 4,2. Enquanto que a 4,2 do sistema de mourão tradicional, apresentando um valor líquido menor em relação ao SSP, pois a cada R\$1,00 investido há o retorno de apenas R\$3,2 dentro de um período de dez anos.

O VPL e o VAE do SSP apresentam valores superiores ao sistema de mourão tradicional, uma vez que o custo com aquisição de insumos no SAF foi reduzido, de acordo com Dias et al. (2009) esse valor pode ser reduzido cerca de 2 a 6 vezes em comparação com a cerca tradicional de arame farpado. Além disso, a cerca viva compensa em termos de durabilidade haja vista que a *G. sepium* e as espécies do gênero *Erythrina* possuem produções que aparentemente não se alteram por longo tempo (mais de 20 anos), de acordo com Budowski e Russo

(1993) apud Matos et al. (2005) em trabalho feito na Costa Rica. Esta característica favorece a utilização dessas espécies, sendo possível a produção de estacas e manutenção de cercas dessas espécies por um longo período, reduzindo os custos de renovação ou replantação dessas áreas, segundo Matos et al. (2005). Enquanto que de acordo com Magalhães e Pereira (2003) quando tratados de maneira adequada os mourões tradicionais de eucalipto podem obter durabilidade de 10 até 15 anos.

Além de todos esses benefícios já citados, segundo Baggio e Vilcahuman (2000) dependendo da espécie escolhida podem propiciar madeira, lenha, forragem, frutos, adubo verde, néctar e produtos medicinais, valorizar a propriedade pela melhoria da paisagem e fornecer sombra aos animais.

O custo da mão-de-obra foi o de maior parcela nas despesas com o SSP, correspondendo ao valor de R\$ 5.520,86 ao longo de dez anos, já o modelo com mourão tradicional obteve um custo de mão-de-obra equivalente a R\$ 1.810,86 dentro do mesmo horizonte de tempo, pois segundo Castro (2014) os agricultores usam poucos insumos durante o ciclo do projeto.

Tabela 3 – Valor presente líquido (VPL), Taxa interna de retorno (TIR), Relação benefício custo () e valor anual equivalente (VAE) no modelo simulado, com alto nível de insumo.

Modelo	VPL (R\$)	TIR (%)	(R\$)	VAE (R\$)
Cerca viva	40.056,10	82,31	5,2	4.459,31
Mourão tradicional	37.966,43	60,76	4,2	4.226,67

Fonte: Autor próprio.

Tabela 4 - Custos com mão-de-obra ao longo de 10 anos.

Modelos	Custos com mão-de-obra ao longo de 10 anos
Mourão Tradicional	R\$ 1.810,86
SSP (Cerca Viva)	R\$ 5.520,86

Fonte: Autor Próprio



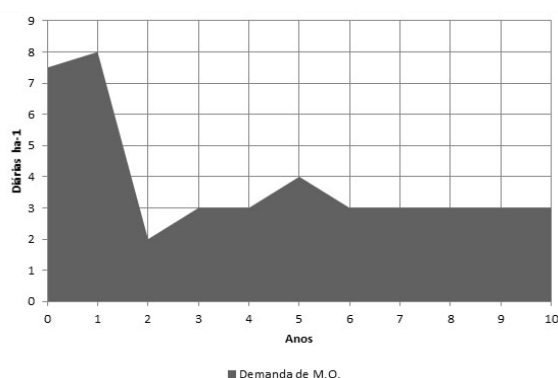


Figura 1- Demanda de mão- de- obra mourão tradicional.  
Fonte: Autor Próprio.

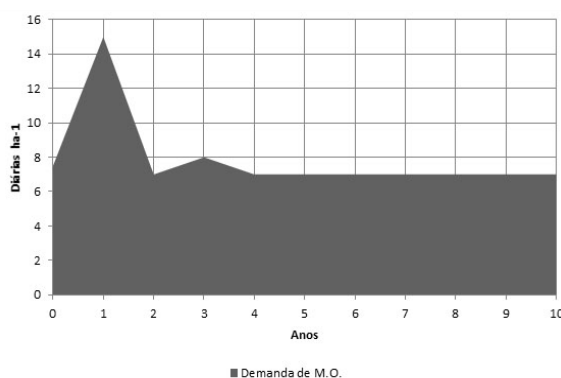


Figura 2 – Demanda- de - mão de obra SSP com cerca viva.  
Fonte: Autor Próprio.

## Conclusão

Os sistemas analisados foram considerados economicamente viáveis dentro de um planejamento de 10 anos, levando em conta a taxa de desconto de 2% ao ano. Sendo que o SSP teve menor custo de implantação quando comparado ao uso

de mourão tradicional. Assim, o uso do mourão vivo foi mais vantajoso economicamente indicando que esse tipo de sistema é uma alternativa para os produtores na região estudada.

## Referencial

- ALMEIDA, E; SABOGAL, C; BRIENZA JÚNIOR, S. (1. Ed.) Recuperação de áreas alteradas na Amazônia brasileira: experiências locais, lições aprendidas e implicações para políticas públicas. BELÉM, PA: CIFOR, 2006. 202 p. il. p.
- ANDRADE, Heloiza Sousa. O Uso da Gliricídia (*Gliricidia sepium*) no Estabelecimento de Cercas Vivas e como Alternativa para Suplementação Alimentar de Ruminantes no Sudeste do Pará. Trabalho de Conclusão de Curso- Universidade Federal do Sul e sudeste do Pará (UFESSPA), 2014.
- CASTRO, Albinei Araújo. Análise econômica de sistemas agroflorestais e sua contribuição para a renda familiar em estabelecimentos agrícolas familiares, São Domingos do Araguaia-Pa. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 2014.
- DIAS, P. F.; SOUTO S. M.; LIZIEIRE R. S. Mourão vivo de gliricídia confecção de cerca elétrica. Comunicado Técnico, Rio de Janeiro, RJ, n. 16, p. 8, 2009.
- MAGALHÃES, W. L. E. E PEREIRA J. C. D. Método de substituição de seiva para preservação de mourões. Comunicado Técnico, Colombo, PR, n.97, p. 2, 2003.
- MATOS, L. V.; CAMPELLO, E. F. C.; RESENDE, A. S. de; PEREIRA, J. A. R.; FRANCO, A. A. Plantio de Leguminosas Arbóreas para Produção de Mourões Vivos e Construção de Cercas Ecológicas. Embrapa Agrobiologia: Seropédica, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Moirao/MoiraoVivoCercaEcologica/beneficios.htm>>
- MIRANDA E VALENTIM. Estabelecimento e manejo de cercas vivas com espécies arbóreas de uso múltiplo. Comunicado Técnico, Rio Branco, AC, n. 85, p. 4, 1998.
- SILVA, V. P. O Sistema Silvopastoril e seus Benefícios para a Sustentabilidade da Pecuária. Palestra no Simpósio ABCZ- CNPC Pecuária Sustentável “-02 de maio de 2009. ExpoZebu 2009, Uberaba, MG.
- SOUSA, Rafael Ferreira. Experiência agroflorestal para recuperação de pastagem degradada de propriedade rural familiar. Trabalho SOBER, 2013.
- OLIVEIRA, Imaione Keiza de Souza. A influência do componente arbóreo disperso na pastagem sobre a regeneração natural de plântulas de árvores e arbustos. Trabalho de Conclusão de Curso- Universidade Federal do Pará (UFPA), 2011.

# Instrumentos de Política Pública y Sistemas Silvopastoriles

Laclau P.<sup>1</sup>

## Resumen

Durante el siglo pasado se implementaron políticas de Estado generadoras de la actual riqueza forestal basada en plantaciones con destino industrial. Las demandas emergentes, como la producción sostenible y sustentable, el desarrollo local o la promoción económica en aquellas regiones más postergadas forman parte de la agenda política forestal. La formulación de políticas públicas, entendidas como las respuestas del Estado a las demandas de la sociedad, comprende una serie de pasos, incluyendo la definición de problemas y los objetivos a cumplir. En función de ellos se aplican instrumentos de política con distintas herramientas.

Los principios de *complementariedad con otros usos del suelo*, la *integración intersectorial* y la *promoción de la investigación, capacitación y educación*, son altamente relevantes para los sistemas silvopastoriles (SSP) en su estado actual de desarrollo. El objetivo *implícito* de la promoción a los SSP sería el de *conocer, manejar sustentablemente e incrementar la superficie de los SSP*. Bajo esta premisa se han generado capacidades e información, y aplicado incentivos económicos a la plantación forestal bajo SSP. Así como estos avances son significativos pero todavía insuficientes, es necesario profundizar sobre la apropiación social y el aprendizaje conjunto con productores y grupos de interés de la sociedad; particularmente estos procesos deberían darse a niveles territoriales.

Los SSP ingresaron en la agenda pública forestal por su propio peso. En ese sentido, las medidas de apoyo para su desarrollo se han incorporado a las políticas vigentes para el sector forestal en su conjunto, sin reconocerse suficientemente aún sus particularidades. Por otro lado, las dependencias con injerencia en la ganadería no los han considerado específicamente aún.

El reconocimiento de la complementariedad de usos y de las necesidades de integración intersectorial contribuiría a establecer una agenda con los principales actores, para formular una política explícita, específica e integral para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en la Argentina.

**Palabras clave:** *conceptos, promoción, objetivos implícitos, política forestal*

## Public Policy Instruments and Silvopastoral Systems

### Abstract

Over the past century State policies promoting industrial plantations were implemented to achieve the current forest baseline. The new emerging demands, such as sustainable production, local development and economic promotion of those regions most neglected are part of the forest policy agenda. The public policy, understood as the State's responses to the demands of society, comprises a series of steps, including defining problems and objectives to fulfill. Depending on these, policy instruments are applied with different defined tools.

The principles of *complementarity with other land uses*, *intersectoral integration* and *promotion of research, training and education*, are highly relevant to silvopastoral systems (SSP) in its current state of development. The implicit goal of promoting the SSP would be *to find, manage and sustainably increase the area of the SSP*. Under this premise economic incentives, capabilities and information for forest plantation under SSP were generated and implemented. As these advances are significant but still scarce, it is necessary to deepen on social appropriation and joint learning with farmers and stakeholders; these processes should be particularly driven to regional levels.

The SSP entered the forest public agenda by its own weight. In this regard, support measures for their development have been incorporated into existing policies for the sector as a whole, not yet sufficiently recognized their peculiarities. On the other hand, government agencies related to the livestock have not yet specifically considered the SSP.

The recognition of the complementarity of uses and needs of sectoral integration would help set an agenda with key stakeholders to develop an explicit, specific and comprehensive policy for the development of silvopastoral systems to Argentina.

**Key words:** *concepts, promotion, implicit objectives, forest policy*

<sup>1</sup> INTA AE Tandil, Rodríguez 370, (7000) Tandil, Arg., laclau.pablo@inta.gob.ar;

## Introducción

### Políticas forestales en Argentina

Durante el siglo pasado se diseñaron e implementaron políticas de Estado generadoras de la actual riqueza forestal basada en plantaciones con destino industrial. Esta base forestal se estima hoy en una superficie de aproximadamente 1,4 Mha (FAO 2010). Durante una larga etapa de desarrollo bajo diversos programas de incentivos y apoyo a la actividad forestal quedaron plasmados distintos hitos de la historia forestal argentina, entre otros la promulgación de la Ley 13273 de Defensa de la Riqueza Forestal, la creación de la Administración Nacional de Bosques, la implementación de viveros y campos experimentales a lo largo y ancho del país, la creación de facultades de ingeniería forestal, la creación de Celulosa Argentina, los distintos regímenes de promoción forestal nacional, etcétera. El crecimiento industrial concomitante produjo un significativo aporte al desarrollo local y nacional. El objetivo central de las políticas públicas sobre plantaciones forestales era la sustitución de importaciones, fundamentalmente de pulpa celulósica y papel, para lo cual había que plantar pinos. Schlichter et al. (2012) señalan sin embargo que los objetivos económicos se cumplieron sólo parcialmente respecto de los desafíos de equilibrar la balanza comercial o aprovechar plenamente el potencial de tierras disponibles para la forestación. La agenda ambiental internacional y los profundos cambios económicos y sociales de los años 1990 en el país, perfilaron un nuevo horizonte para el desarrollo forestal nacional. Al respecto, Casamiquela y Neme (*en*: Schlichter et al., 2012) destacaban la necesidad de reformular los objetivos de las políticas públicas en materia de plantaciones forestales atendiendo a aquellas nuevas demandas emergentes de las últimas décadas, como la producción sostenible y sustentable, la mejora en la competitividad e inserción en mercados internacionales, el mejoramiento de las condiciones de vida de los trabajadores forestales, el desarrollo local y la búsqueda de equilibrio en aquellas regiones más postergadas.

### Políticas públicas y sociedad

Kraft y Furlong (2006) mencionan que las políticas públicas son las respuestas del Estado a las demandas de la sociedad bajo la forma de normas, instituciones, prestaciones, bienes públicos o servicios, que son sus instrumentos (Barreiro et al., 2013). Proveen a las necesidades de la gente, pero además pueden (o deben) promover ciertos principios éticos, por ejemplo, el acceso igualitario a los beneficios de salud (Ruiz López y Cadenas Ayala, 2005). El análisis y la valoración de las demandas movilizan la acción (o inacción) de gobierno y no se ejerce de un modo casual: una política es un comportamiento propositivo, intencional y planeado en pos de un objetivo. Su implementación forma parte de un proceso de decisiones, actores y comunicación (Kraft y Furlong, 2006). Detrás de una política subyacen valoraciones acerca de la sociedad y los problemas comunes que se plantean, y también se evidencian los conflictos entre los distintos grupos de interés dado que siempre habrá actores que apoyan una política y otros que se oponen. Estos autores manifiestan que "... la mayoría de las Políticas Públicas tienen un impacto directo en el bienestar de la población". Ruiz López y Cadenas Ayala (2005) agregan que "... en la realidad de los países las Políticas

*Públicas no son siempre tan públicas, ni siempre responden a las necesidades de las personas a quienes están supuestamente dirigidas*".

Aunque las políticas públicas no son los programas de gobierno, comúnmente se las identifica con ellos. Básicamente se implementan con 4 tipos de herramientas (Ruiz López y Cadenas Ayala, 2005): (1) Los *incentivos* (subsidios, exenciones fiscales, crédito bancario), (2) La *construcción de capacidades* (a largo plazo es lo duradero, basado en educación y formación, y en la provisión de servicios directos para contribuir a la implementación), (3) Las *herramientas simbólicas* (crear conciencia e identificación con los valores asociados a la política que se propone, empoderamiento social), y (4) El *aprendizaje* (mecanismos de aprendizaje mutuo, integración y el trabajo en red, mesas de diálogo). Para ello el Estado dispone de los siguientes instrumentos básicos: normas jurídicas, recursos materiales o financieros, y servicios (Barreiro et al., 2013).

Para la formulación de políticas públicas es necesario proseguir una serie de pasos (Ruiz López y Cadenas Ayala, 2005). Sustancialmente comprenden (i) *establecer una agenda política*, es decir una hoja de ruta considerando a los actores parte, las instituciones involucradas, y las etapas necesarias para llegar oportunamente y con la calidad necesaria a la implementación; (ii) *definir los problemas*, más allá de su identificación; (iii) *prever* el impacto esperado; (vi) *establecer objetivos* en función de las etapas previas y el futuro deseado y (v) *seleccionar las herramientas e instrumentos* concretos para su implementación. Por otro lado la ejecución de las políticas y su monitoreo y ajuste, son aspectos iterativos en función de los avances demostrados y los procesos de negociación entablados. Las condiciones clave para la implementación de una política en un ámbito democrático son la oportunidad, la calidad, la transparencia y la apropiación social.

### Principios y objetivos de políticas para los SSP

En el marco conceptual e histórico previo se insertan los sistemas silvopastoriles (SSP) como alternativas de uso múltiple, que en diferentes regiones demuestran ser promisorios para distintos tipos agrarios en términos de diversificación económica, productividad, mejoramiento de la calidad organizacional y posiblemente en casos, en la minimización de impactos ambientales adversos, al menos en relación con monoculturas agrícolas tradicionales.

En el documento reciente de aportes a una política nacional forestal (Schlichter et al., 2012) se postularon 15 principios relacionados con cuatro dimensiones; desarrollo económico, conservación de los recursos naturales, equidad social y calidad institucional. Aunque la implementación de SSP con plantaciones se relaciona con todos ellos, cabe destacar dos principios de la dimensión económica que le corresponden particularmente; la *complementariedad con otros usos del suelo*, y la *integración intersectorial*. La consideración de ambos aspectos requiere trabajar en el diálogo inter e intra-institucional, entre el sector público ganadero y el forestal, como lo sugieren Peri et al. (2015). Además, en cuanto a la calidad institucional, la *promoción de la investigación, capacitación y educación* (y dado el incipiente estado actual de conocimiento, implementación y apropiación social de los SSP), constituye un tópico central en el objetivo

de extender y profundizar este uso del suelo. Por otro lado, en el documento se propone la creación de una Plataforma Forestal para la formulación, implementación y evaluación de una política forestal integral, entendida como una acción colectiva para la innovación. En ese sentido, una iniciativa auspiciosa al respecto ha sido la convocatoria a la Mesa Nacional Forestal (convocada por el MAGyP en Buenos Aires, 2014) y abierta a futuras reuniones en distintos ámbitos forestales del país.

Para analizar los distintos instrumentos de políticas hacia los SSP resulta necesario definir un objetivo, que debería ser el resultado de una agenda de trabajo, para identificación de los actores, interlocución con los grupos de interés y caracterización de los problemas (ver apartado *Políticas públicas y sociedad*). En cuanto a sus antecedentes, el pastoreo bajo cubierta forestal tiene larga data en la Argentina, habida cuenta de la actividad ganadera continua y expandida en las zonas boscosas con o sin aprovechamiento maderero. Sin embargo, los SSP tomaron relevancia para el sector técnico-científico hace pocos años (Kozarik, 1993; Schlichter et al., 1999); entre otros motivos, por la preocupación creciente por los efectos del ganado sobre la regeneración forestal (Lebedeff, 1942; Hueck, 1978) pero también en plantaciones forestales, por el desarrollo de la cubierta herbácea bajo dosel y sus posibilidades forrajeras (López y Hnatiuk, 1995). Estos problemas y oportunidades, y la difusión de prácticas silvopastoriles en áreas forestadas del país, fueron integrados en un proyecto nacional de investigación del INTA a partir de 2004, renovado en sucesivas etapas hasta el presente. En años recientes también, con la adecuación de la normativa técnica de la ley n° 25080, algunos planes silvopastoriles con plantaciones son pasibles de recibir los beneficios de la ley (Peri et al., 2015). Si bien la bondades de los SSP con plantaciones en la mayor parte del país (con excepción del norte de la Mesopotamia) solamente están probadas en ensayos experimentales o en estudios de caso, las evidencias disponibles y una cuantiosa literatura internacional permiten asumir que su implementación a escala contribuiría al incremento de la producción y al bienestar económico y social más allá de los beneficios privados de los productores (o bien que la importancia de estos beneficios trasciende hacia la sociedad). Por lo tanto podría esperarse que los objetivos *implícitos* de la política forestal actual respecto de los SSP serían: *conocer, manejar sustentablemente e incrementar la superficie de los SSP*.

## Herramientas de políticas

### Incentivos

El principal incentivo vigente son los beneficios de la ley 25080 de *Inversiones para Bosques Cultivados*. Uno de ellos es el otorgamiento de aportes no reintegrables (ANR) para la plantación, podas y raleo, y también para manejo de rebrotes y enriquecimiento del bosque nativo. Este régimen es una de las herramientas relevantes para el desarrollo foresto-industrial, y para los SSP cuyo diseño se compatibiliza con este destino maderable Peri et al. (2015). El sistema nacional de promoción se sostiene desde hace más de 40 años bajo distintas normas y modalidades, aun-

que históricamente se ha enfocado más en el incremento de la superficie plantada que en la calidad de las plantaciones o en los beneficios ambientales (Schlichter et al. 2012)<sup>1</sup>. Algunas provincias complementan este beneficio con apoyos similares, entrega de material de plantación, eximición de impuesto inmobiliario, de aforos y derechos de extracción de madera, etc.- Adicionalmente la ley brinda el beneficio de estabilidad fiscal (tributaria) durante 30 años, la devolución anticipada del IVA para los bienes y servicios aplicados, el avalúo de las reservas forestales y la amortización acelerada de bienes invertidos. Cabe destacar que este régimen fue concebido y diseñado para la promoción de la actividad foresto-industrial en general y no para los SSP, que pudieron incorporarse mediante resoluciones que admitieron plantaciones de baja densidad o cortinas forestales. Fuera de la menor densidad aceptable, no se contemplan otras particularidades de los SSP, cuya complejidad de manejo forestal/ forrajero es alta desde la plantación misma y en casos, su objetivo foresto-industrial puede ser subsidiario de otros destinos, incluyendo la provisión de servicios ambientales. Sin profundizar en las distintas utilidades que generaría el componente arbóreo de los SSP con plantaciones según ubicación y destino (que pueden variar desde la provisión de leña doméstica, protección de los suelos, contribución pura al incremento de la producción ganadera, refugio de biodiversidad, modificación microclimática, hasta la producción de madera de alta calidad industrial), resulta claro que no todos los proyectos silvopastoriles se podrían incentivar con esta ley. Por otro lado, un incentivo que ha desaparecido de este sector hace décadas es la disponibilidad de *crédito bancario* acorde con los plazos y riesgos de la inversión, lo cual dificulta la adquisición de bienes de capital necesarios para las etapas de producción primaria o industrial.

### Construcción de capacidades

La *construcción de capacidades* es posiblemente la mayor contribución del Estado a la consolidación de los SSP. Así como los incentivos económicos son de carácter fluctuante y temporario, dependiendo de criterios de asignación del presupuesto nacional, la construcción de capacidades provee un fundamento sólido y duradero para los objetivos de desarrollo. En el caso de los SSP, se ha materializado en un importante esfuerzo de INTA, Universidades y del Conicet para la formación e incorporación de capacidades humanas. Con asistencia financiera multilateral, el MAGyP ha otorgado becas de estudios de posgrado para el incremento de las capacidades técnicas y científicas en el sector forestal y en la propia Dirección de Producción Forestal. La extensión forestal también se fortaleció en el ámbito del MAGyP, al incorporarse profesionales en casi todas las regiones de la Argentina para trabajar en vinculación con INTA o con las agencias provinciales. El Programa Forestal de INTA incrementó su capacidad y presencia territorial en lo forestal en los últimos 20 años, incluyendo actividades experimentales en campos forestales recibidos del IFONA, o en asociación con productores rurales. Otro aspecto destacable ha sido la inclusión reciente de la disciplina

<sup>1</sup> Recientemente, y a través de diversos mecanismos y actores se realizan esfuerzos por incorporar estos aspectos. Por ejemplo, a través de acciones del Ministerio de Trabajo para mejorar la calidad del trabajador forestal, con capacitación y el combate del trabajo ilegal, entre otras medidas. En los últimos años, también se impuso la condición de realizar evaluaciones de impacto ambiental de proyectos forestales para aplicar a la ley 25080. En un sentido más amplio de integración de las dimensiones de la sustentabilidad, el sistema de certificación forestal nacional (CERFOAR), contribuiría a mejorar la calidad del proceso productivo de las plantaciones certificadas.

silvopastoril, como seminarios o asignaturas de grado, en carreras de grado de facultades forestales (de UNaM, UNLP, UNSE), o en cursos de especialización (UBA). Además, los congresos silvopastoriles (2009, 2012 y 2015), con importante convocatoria y difusión en cada oportunidad, han facilitado la divulgación técnica y el contacto entre especialistas locales e internacionales, contribuyendo al incremento de una masa crítica. Por último, gran parte de la investigación reciente aplicada al manejo y conocimiento de los SSP, además de distintos fondos concursables del Ministerio de Ciencia y Tecnología, provinieron de recursos para proyectos de investigación aplicada (PIA) del Proyecto Bosques Sustentables (MAGyP), destinados a proveer respuestas apropiables por el sector y en plazos relativamente cortos.

No obstante todas las acciones señaladas, que corresponden al conjunto de la actividad forestal nacional, las capacidades para comprender y manejar los SSP son aún escasas y dispersas. Hay aún pocos investigadores especializados en SSP en el país, que puedan abarcar la integralidad de estos sistemas. Por lo tanto también la capacidad de extensión es limitada al conjunto de conocimientos –muchos de ellos empíricos y sin suficiente soporte científico aún– disponibles. Así, se extrapolan conocimientos de la forestación tradicional al manejo de árboles bajo SSP, en tanto que los conocimientos específicos sobre los componentes forrajero-ganaderos son también limitados. Para una estrategia global de apoyo a los SSP estas capacidades deberían aumentar significativamente.

#### *Herramientas simbólicas*

En el caso de los SSP estas herramientas se han aplicado a través de numerosos talleres, jornadas de campo y congresos, y aún con limitada utilización de medios de difusión masiva. Si se trata de

la apropiación y conocimiento de la sociedad, todavía es necesario recorrer un largo camino, estableciendo estrategias comunicacionales y educativas. Los SSP como alternativas de uso del suelo, resultan desconocidos para la mayor parte de la sociedad y aún para los productores rurales de gran parte del país. En cambio, en donde se han establecido sinergias entre las agencias provinciales, grupos técnicos o de productores, y las capacidades nacionales (p.ej. en Corrientes) para la divulgación y capacitación, los avances en la superficie y manejo de estos sistemas ha sido significativa.

#### *Aprendizaje*

Esta herramienta considera al aprendizaje conjunto entre la sociedad y el Estado, a través de diferentes canales e instancias. La iniciación de una Mesa Forestal en el marco del Programa Estratégico Agroalimentario (PEA2) convocada por el MAGyP en julio de 2014) como plataforma de diálogo y construcción de una política forestal con participación de representantes del sector público, entidades intermedias, y usuarios del sector privado constituye un significativo avance en la integración del sector y en la recepción de los *feedbacks* necesarios para establecer metas y reformular políticas. En oportunidad de esa convocatoria, entre otros temas, los SSP quedaron explicitados como un elemento estratégico para el desarrollo forestal. En otro orden, la Comisión Asesora de la Ley 25080, que convoca a representantes forestales provinciales junto con la autoridad nacional constituye un espacio adonde el apoyo a los SSP puede ser discutido. Sin embargo faltan instancias más locales y más frecuentes de participación social, que permitan llevar los problemas de la producción silvopastoril a los estamentos políticos.

## Conclusiones

Los SSP ingresaron en la agenda pública forestal por su propio peso. En ese sentido, las medidas de apoyo para su desarrollo se han incorporado a las políticas vigentes para el sector en su conjunto, sin reconocerse suficientemente aún sus particularidades. Muchos emprendimientos silvopastoriles escapan a objetivos foresto-industriales, especialmente en aquellas regiones adonde las funciones de facilitación ecológica del componente forestal superan ampliamente a su destino económico industrial, si cabe. Por otro lado, las dependencias gubernamentales aplicadas a la ganadería no consideran específicamente a los SSP en sus mecanismos de promoción de la actividad. Mas bien son los sectores ligados a la producción forestal quienes traccionan la implementación de SSP, posiblemente porque se promueve una producción mixta entre un producto que está fuertemente instalado en la producción agropecuaria (la carne), con otro que no (la madera). A pesar de todo ello, se han producido en muy pocos años una cantidad de acciones de apoyo directo y de generación y fortalecimiento de capacidades profesionales para la investigación y transferencia. De manera incipiente comienzan a concurrir los esfuerzos institucionales y por lo tanto, dan lugar a la oportunidad de construir políticas orientadas a estos sistemas y a sus usuarios. A nivel de políticas públicas debería alcanzarse una relación interdisciplinaria sólida y a partir de esta escalar a la integración con otras instancias del sector público no agropecuario

(transdisciplinaria).

La aplicación de los principios de *complementariedad con otros usos del suelo, integración intersectorial*, así como la *promoción de la investigación, capacitación y educación* propuestos por Schlichter et al. (2012) para una política forestal nacional, es central para estos sistemas, en el estado de progreso en que se encuentran.

Así como los avances en la construcción de capacidades son significativos (aunque insuficientes aún), es necesario atender con mayor énfasis los aspectos de apropiación social e intercambio de saberes con productores y grupos de interés (*herramientas simbólicas y de aprendizaje*). Particularmente estos procesos deben darse en niveles regionales o territoriales, adonde existe una identidad común y problemas similares de implementación de los SSP. Esto demanda una participación y presencia fuertes del sector público provincial, y el apoyo de instituciones nacionales, particularmente las que tienen fuerte presencia en los territorios, como el INTA, o el sistema de extensión forestal del MAGyP.

Este reconocimiento de la complementariedad, necesidades de integración intersectorial, pero también interjurisdiccional, requiere establecer una agenda u 'hoja de ruta' con los principales actores identificados, para formular una política explícita, específica e integral para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en la Argentina.

## Agradecimientos

Este artículo se realizó en el marco del Proyecto sobre *Tecnologías y Capacidades para el Manejo de Sistemas Agroforestales y Silvopastoriles con Bosques Implantados* (INTA PNFOR 1104075). El autor agradece las contribuciones de Carlos Carranza, Diego Domínguez Daguer y Diana Díaz para mejorar la presentación de este artículo.

## Bibliografía

- Barreiro, F.; Berro, M.; Romano, C., y W. Menéndez, 2013. Políticas públicas. Guía Didáctica. Coord. Larrosa, L.; Intendencia de Cerro Largo, Uruguay / Unión Europea. ISBN 978-9974-99-107-1, 66 pgs
- Dimitri M. J. 1972. La Región de los Bosques Andino-Patagónicos. Sinopsis General. Col. Científica INTA, Buenos Aires. Tomo X, 381 pgs
- FAO, 2010. Global Forest Resources Assessment 2010. Main Report. FAO Forestry Paper N°163, Roma, ISBN 978-92-5-106654-6, 343 pgs
- Hueck, K., 1978. Los bosques de Sudamérica. Ecología, composición e importancia económica. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ), Eschborn, Rep. Fed. De Alemania, 476 pgs
- Lebedeff, N., 1942. Boletín Forestal - 1938-40. Dirección General de Parques Nacionales. Buenos Aires: 128-158
- Kraft, M., y S. Furlong, 2006. Public Policy: Politics, Analysis and Alternatives, 2nd ed., CQ Press, Washington, DC.
- Kozarik, J. C., 1993. Los Sistemas Agroforestales en la Argentina. Facultad de Ciencias Forestales/ ISIF (UNaM). Eldorado, Misiones, Serie Técnica N° 2, 73 pgs
- López, E.J., y G. A. Hnatiuk, 1995. Sistemas combinados de producción. Actas VIII Jornadas Técnicas: La Economía Forestal y el Desarrollo Sustentable. Facultad de Ciencias Forestales/ ISIF (UnaM). Eldorado, Misiones, 11 al 13 de octubre de 1995: 20-21
- Peri, P.L.; Paez, J.A.; Marcovecchio, J.; Carranza, C.; Laclau, P., y T. Schlichter, 2015. Política forestal en apoyo a la implementación de sistemas silvopastoriles en Argentina. Actas VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales / III Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Iguazú, Misiones, Argentina, 7.8 y 9 de Mayo, 2015., 9 pgs
- Ruiz López, D. y C.E. Cadenas Ayala, 2005. ¿Qué es una política pública? Revista Jurídica US, Universidad Latina de América, Morelia, Michoacán, Mexico. Año V, N°18, Jul-sept 2005, ed online: <http://www.unla.mx/iusunla18/reflexion/QUE%20ES%20UNA%20POLITICA%20PUBLICA%20web.htm>
- Schlichter, T.; Laclau, P.; Dalla Salda, G.; Fernández, M.E.; Raffaele, E., y J. Gyenge, 1999. Viabilidad ecológica y económica de la forestación con coníferas en sistemas silvopastoriles. Informe final, Proyecto de investigación (PIA) N° 26/96, Proyecto Forestal de Desarrollo (SAGPyA)/ INTA EEA Bariloche, 35 pgs
- Schlichter, T.; Díaz, D.; Fahler, J., y P. Laclau, 2012. Aportes a una política forestal argentina en el siglo XXI. El sector forestal y el desarrollo económico, ambiental y social del país. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP), Unidad para el Cambio Rural (UCAR). Buenos Aires, ISBN 978-987-1873-03-6, 92 pgs

# Guía de recomendaciones para el manejo de Sistemas Silvopastoriles en Santiago del Estero

*Carlos Kunst, Marcelo Navall, Roxana Ledesma, Adriana Gómez, Andrés González, Pablo Tomsic, Darío Coria y Doriana Feuillade \**

## Resumen

Santiago del Estero presenta grandes superficies cubiertas por bosques y pastizales naturales, propicias para el desarrollo de la actividad ganadera en combinación con la forestal. La ley 6.841: "Conservación y Uso Múltiple de las Áreas Forestales de la Provincia de Santiago del Estero", permite el desarrollo de sistemas silvopastoriles (SSP). El gobierno provincial ha delegado en el INTA la redacción de una guía de recomendaciones, con el objetivo de orientar la adecuada aplicación de la actividad en el marco de la legislación vigente. Esta guía es un conjunto ordenado de recomendaciones, que en este caso serán aplicables al manejo de la vegetación natural, con el fin de lograr SSP sobre bases sustentables. La misma, parte de enfoque científico-técnico y se apoya en investigaciones y experiencias a nivel local. Para su elaboración se desarrollaron una serie de talleres con profesionales del sector privado y público y productores. Su estructura está delineada en las siguientes partes: 1) Diagnóstico de la Situación Inicial del Establecimiento, 2) Aspectos a Mejorar en el Establecimiento, 3) Selección y descripción de Prácticas para Mejorar el Establecimiento: Metas y Umbrales y 4) Sistema de Monitoreo. La construcción de esta guía se desarrolló sobre un proceso participativo y contempló desde el marco teórico, la producción compatible con la conservación de los recursos naturales asociados al sistema silvopastoril y la mejora del bienestar de las comunidades involucradas.

**Palabras claves:** Ley 6841, Bosques nativos, Indicadores de sustentabilidad, Legislación ambiental.

## Recommendations guide for the management of silvopastoral systems in Santiago del Estero

## Abstract

Santiago del Estero province, in Northern Argentina, has large areas covered by forests and rangelands, able for farming in combination with forestry. The provincial law "Conservation and Multiple Use of Forest Areas of Santiago del Estero" allows the development of silvopastoral systems (SSP). The provincial government has delegated to INTA the construction of a guide with recommendations in order to assist the proper implementation of the activity under current legislation. This guide is an ordered set of recommendations which apply to natural vegetation management, in order to achieve SSP on a sustainable basis. The guide is based on a scientific and technical approach generated on local research and experiences. A series of workshops with professionals from private and public sector and farmers were held to improve the design of this guidelines. Its structure is outlined in the following parts: 1) Diagnosis of Initial Farm Status, 2) Issues of Sustainability to Improve in the Farm, 3) Selection and Description of Practices: Targets and Thresholds and 4) Monitoring System. The construction of this guide was developed on a participatory process and links a theoretical framework, improving production in a compatible way with the conservation of natural resources associated, and improving the welfare of involved communities.

**Keywords:** 6841 Law, Native Forests, Sustainability indicators, Environmental legislation.

\* INTA Santiago del Estero. Jujuy 850 Santiago del Estero, Argentina. CP4200. TE 54-0385- 4224730. Correo-e: kunst.carlos@inta.gob.ar

## Introducción

El Chaco Occidental es una subregión del Gran Chaco Sudamericano ubicada en el norte de Argentina. Posee clima semiárido y su vegetación original se componía principalmente de bosques xerófilos y sabanas (Morello & Adamoli 1968). A partir de fines del siglo XIX la intensificación del uso ganadero y forestal tuvo como consecuencia la lignificación (predominio de leñosas, principalmente arbustivas) en detrimento de las coberturas herbáceas de bosques y sabanas (Morello & Saravia Toledo 1959; Bucher 1980; Kunst et al. 2008). En respuesta a esta problemática, diversos disturbios son utilizados para controlar las leñosas (remoción mecánica, manual, química y con fuegos) e incrementar la productividad de forraje herbáceo, especialmente con la siembra de pasturas exóticas. En bosques, la remoción de leñosas con fines ganaderos generan los “sistemas silvopastoriles (SSP) y pastoriles (SP)”.

La preocupación de la sociedad por la implementación de técnicas más amigables con el ecosistema para producir bienes y servicios generó la Ley Provincial 6841 “Conservación y Uso Múltiple de las Áreas Forestales de la Provincia de Santiago del Estero” y la Ley Nacional 26331: “Presupuestos Mínimos para la Conservación de Bosques Nativos”. La provincia de Santiago del Estero encargó al INTA la redacción de una ‘Guía de prácticas recomendables para sistemas silvopastoriles’. El equipo técnico desarrolló dos versiones de la Guía que fueron presentadas al análisis y discusión de la sociedad e interesados a través de talleres y consultas. El objetivo de este trabajo es relatar este proceso y presentar las distintas partes del documento que se encuentra en su etapa final de redacción, previo a la entrega a las autoridades de la provincia.

## Material y métodos

Una guía es un conjunto ordenado de recomendaciones, que en este caso serán aplicables al manejo de la vegetación natural, con el fin de lograr SSP sobre bases sustentables. Para el desarrollo de esta guía se conformó un equipo técnico compuesto por ingenieros agrónomos y forestales, un licenciado en Ecología y una profesora en Pedagogía. Los mismos presentan conocimiento, experiencia e idoneidad en la investigación y transferencia en el tema. La guía está compuesta por 4 partes a saber:

**1. Diagnóstico de la situación Inicial del establecimiento**, utilizando los modelos de sitios ecológicos y estados, así como la definición de un nivel de percepción adecuado. Esta primera sección busca conocer las características del establecimiento en el cual se realizara el plan productivo en relación a:

- a1) la existencia de los sitios de vegetación y la condición en la que se encuentran, el “ser y estar” y condición óptimo, regular y pobre.
- a2) La sustentabilidad del predio en los aspectos productivo, ambiental y social

**2. Aspectos a Mejorar en el Establecimiento.** Para la definición de los aspectos a mejorar, se propone utilizar el esquema de Principios, criterios e indicadores (PCI) a modo de orientar la planificación (Rusch et al. 2009). Los principios son objetivos generales hacia los cuales se debe caminar para sostener y mejorar las funciones del ecosistema y los aspectos sociales que interactúan con el ecosistema. Los criterios son aspectos puntuales dentro de cada principio, y los indicadores son parámetros que pueden ser evaluados y que describen las condiciones y los procesos en el sistema natural y social. Los mismos se ordenan en una estructura jerárquica, y han sido utilizados para la definición de esquemas de monitoreo. En estas guías, son planteados como estructura para la planificación de la sustentabilidad.

**a) Principio productivo:** el principio que el plan debe respetar es “mantener y mejorar la capacidad productiva de bienes y servicios de los ecosistemas”. Son ejemplos de bienes pecuarios: la carne, leche, cueros; de bienes forestales: la leña, el carbón, la madera; y otros como miel, frutos, fauna nativa. El productor debe seleccionar, a partir de un análisis responsable de su situación “sin proyecto”, qué aspectos pretende, a través de un proyecto, mantener y mejorar. Para cada aspecto seleccionado, deberá establecerse una meta, a partir de la consideración explícita de un valor de referencia (local, regional o potencial). Estas metas deben ser específicas para cada tipo de sitio ecológico y estado de la vegetación.

**b) Principio social-económico:** el principio que el plan debe respetar es “mantener y mejorar el bienestar de las comunidades asociadas. Se entiende por comunidades asociadas al propio productor y su familia, los empleados y contratistas, los vecinos y la comunidad de la zona. Por bienestar, se asume al ingreso predial, al estado y renovación del equipamiento e instalaciones, la capacitación y el empleo, las condiciones laborales (salud, seguridad e higiene) y la provisión local de bienes y servicios, entre otros. El plan debe seleccionar los aspectos específicos a mantener y mejorar, y establecer metas concretas que tomen en cuenta la situación actual y valores de referencia locales, regionales o potenciales.

**c) Principio ambiental:** el principio que el plan debe respetar es “mantener y mejorar la calidad de los ecosistemas y sus servicios ambientales”. Aquí el productor debe seleccionar, a partir de una consideración responsable de la situación actual, los aspectos ambientales a mantener y mejorar, como suelos, dinámica del agua, cobertura vegetal por estratos, hábitat de fauna, biodiversidad. Al igual que en el apartado anterior, las metas que se establezcan deben considerarse en relación a la situación actual y una situación de referencia explicitada (local, regional o potencial) para cada aspecto. Se espera que el



técnico asista al productor en la identificación de los aspectos críticos en esta dimensión de la sustentabilidad (y en las otras dos), para que el plan permita abordarlas explícitamente.

### **Selección y descripción de Prácticas para Mejorar el Establecimiento.**

La guía propone que el diseño de las prácticas de manejo de la vegetación natural para obtener bienes y servicios, así como de la gestión de los componentes socioeconómicos deberá ser coherente con los resultados del diagnóstico inicial. Para ello, se propone que los profesionales seleccionen y/o diseñen prácticas de manejo y/o gestión orientadas a todas las dimensiones de la sustentabilidad y describirlas detalladamente. En el proceso de planificación se propone un diseño iterativo/cíclico entre el objetivo, la práctica y la situación inicial; que permita realizar los ajustes necesarios para lograr coherencia entre estos tres capítulos de la planificación propuesta (manejo adaptativo)

### **Prácticas recomendadas de manejo de la vegetación:**

Los disturbios (perturbaciones) se definen como eventos discretos (es decir no permanentes en el tiempo) que implican una remoción/destrucción de biomasa vegetal existente en un potrero o predio. Pueden ser descriptos a través de parámetros como la intensidad, severidad y frecuencia. La intensidad, severidad y frecuencia de las perturbaciones definen un régimen de las mismas a lo largo del tiempo y en el espacio del establecimiento. Este 'régimen' de perturbaciones es el que debe definir el técnico responsable para las prácticas contempladas dentro del plan.

### **Manejo del pastoreo**

El pastoreo se aplica con el objetivo principal de consumir forraje por los animales (alimentación, dieta). La guía presenta una serie de normas básicas para el manejo del pastoreo, para que este no se convierta en un factor degradante de los ecosistemas. Mientras que los pastos están adaptados al pastoreo debido a la posición de sus yemas de rebrote y de sus órganos de reserva, no sucede lo mismo con las leñosas, árboles y arbustos.

### **Corta forestal**

El tratamiento de corta forestal se aplica con el objetivo principal de extraer la cosecha permisible. Este tratamiento, tiene además el objetivo de regular la competencia entre el arbolado remanente, favoreciendo mediante la corta a individuos de características deseables, denominados "árboles de futuro". Por último, la liberación de recursos provocada por la corta (= perturbación), y la remoción del suelo realizada por el tránsito y el arrastre de la maquinaria y la madera, generan condiciones óptimas para la promoción de un pulso de regeneración natural. De esta manera, pueden realizarse simultáneamente y en una única entrada, tres tratamientos: corta de aprovechamiento, manejo de la competencia y promoción de la regeneración natural. Sin embargo, estos tratamientos pueden aplicarse en diferentes entradas, según el plan de manejo diseñado. Se recomienda la integración de tratamientos para ahorrar costos y aprovechar el disturbio para promover una nueva cohorte forestal.

### **Otras prácticas**

Las prácticas específicas de manejo del rodeo ganadero (estacionamiento de servicios, destete precoz, suplementación estratégica, apotreramiento, aguadas, etc.) y de agregado de valor a productos forestales, tienen un impacto directo en el aspecto económico y productivo; y por ello deben planificarse y considerarse junto a las demás prácticas.

Mantener y mejorar el hábitat de fauna puede requerir de prácticas específicas como corredores biológicos, clausuras estratégicas, diseños de conectividad, control de caza furtiva, entre otros. Se proponen prácticas para atender aspectos espaciales y de calidad de la vegetación nativa, y para el caso específico de la fauna, el acceso al agua. Se aportan sugerencias sobre tamaño, sus formas, la conectividad y distancias entre los parches de hábitat y otros aspectos que conducen al diseño de paisajes y su relación con los SSP.

Prácticas de gestión socioeconómica: El asociativismo, la capacitación y la participación en instituciones del medio son prácticas específicas que contribuyen a la mejora en el bienestar de las comunidades asociadas, y deben considerarse, programarse y monitorearse.

### **Práctica Recomendable: Monitoreo**

La implementación y manejo de SSP representa un desafío, ya que hay tener en cuenta los tres principios de la sustentabilidad, que son aspectos humanos, ambientales y productivos. El desafío básico es saber que está ocurriendo realmente en los paisajes, sitios ecológicos, potreros y rodales bajo manejo SSP. Eso nos conduce a la necesidad de monitorear esos lugares. En el contexto de esta Guía, 'monitorear' significa observar, medir y registrar/documentar interacciones, estados, magnitud de la producción y cambios en los tipos de vegetación y SSP, además de interpretar esa información para que se tomen decisiones gerenciales acertadas de tal manera que el ecosistema y la empresa sean sustentables en el tiempo y en el espacio. El monitoreo regular puede ayudar al profesional/productor a:

- Detectar cambios positivos, y utilizarlos para achicar la brecha productiva/ecológica entre la situación meta deseada, la de la línea de base y del estado de referencia.
- Detectar tendencias negativas en los aspectos ecológicos y productivos, permitiendo tomar acciones de corrección.
- Verificar si los objetivos planteados están siendo cumplidos.
- Documentar buenas prácticas de manejo.
- Educar al productor y personal de campo.
- Facilitar mejores rendimientos, biodiversidad y resolver problemas.

Dos versiones de la Guía fueron sometida al análisis y discusión de distintos sectores de la sociedad a través de talleres con la participación de profesionales agrónomos y forestales responsables de la planificación de los SSP, instituciones gubernamentales y no gubernamentales nacionales y provinciales, y asociaciones de productores. Se realizaron en total 9 talleres en el territorio de Santiago del Estero entre fines 2013 y mediados del 2014, a los que asistieron aprox. 150 personas

en total (registradas). La selección de los lugares de los talleres del interior se realizó en función de su potencial para la implementación de SSPs. Se contó con el apoyo del INTA y de las Agencias de Desarrollo provinciales para la convocatoria y desarrollo de los talleres.

La metodología de los talleres consistió en la división en grupos seleccionando los participantes al azar, con un coordinador provisto por el equipo de coordinación de la Guía para

facilitar y orientar el trabajo.

Como material de discusión para los grupos se presentó un caso práctico hipotético, descripto espacial (ej. sitios y estados de la vegetación, fauna, suelos) y socialmente. Los participantes debían suministrar información para 'resolver' ese caso dentro de los términos propuestos por la Guía. Los resultados de las discusiones fueron documentados por escrito y mediante grabaciones de audio.

## Resultados y discusión

En general, la repuesta de los participantes a los talleres fue activa. La metodología adoptada de análisis de un caso de aplicación de la guía dio resultados satisfactorios, ya que enfocaba adecuadamente la discusión de los grupos hacia los temas de interés. La estructura general de la guía fue aceptada y comprendida. En cada taller se analizaron y discutieron las observaciones brindadas por los participantes para finalmente tomar decisiones para la redacción final. Algunas de estas observaciones realizadas por los participantes se detallan a continuación:

**Diagnóstico:** el modelo propuesto de mapeo de sitios ecológicos y estados de la vegetación como base de la planificación predial, no registró oposiciones. Por lo tanto, esto se mantendrá en la nueva versión de la guía. Se realizaron correcciones sobre las escalas propuestas.

**Aspectos a mejorar:** el esquema propuesto de principios criterios e indicadores para la definición de aspectos a mejorar tampoco tuvo oposiciones. Tuvo buena aceptación el contemplar las dimensiones productiva, ambiental y social de la planificación predial. Los participantes propusieron cambios a

algunos indicadores y al establecimiento de umbrales.

**Selección de prácticas de manejo:** entre los productores hubo heterogeneidad de opiniones sobre las prácticas y regímenes de disturbio. Hubo casos en que se inclinaron por disturbios de alta intensidad (no recomendable), aunque muchos se inclinaron por disturbios de baja intensidad (e.g. maquinaria y rolo chico) y conservar atributos de la vegetación importantes para la producción ganadera y forestal (coberturas del suelo, regeneración, sombra, especies leñosas como suministro de forraje, etc.) y los hábitat de la fauna.

**Monitoreo:** se hicieron múltiples aportes sobre indicadores productivos, sociales y ambientales fáciles de medir y de bajo costo, que serán incorporados a la versión final de la guía.

**Aspectos reglamentarios vs. recomendaciones:** un aspecto recurrente en los talleres fue la diferencia entre los aspectos reglamentarios que normalmente tienen las leyes, y las recomendaciones que pueden darse, dejando lugar al criterio técnico. Este último es el enfoque principal de las guías, y hacia el final de la redacción de la misma se espera que la Autoridad de Aplicación defina mediante un documento específico aquellos aspectos de aplicación obligatoria (reglamentarios).

## Conclusiones

La construcción de la guía de SSP se concibió como un proceso ampliamente participativo, basada en un marco teórico moderno, y con una estructura sencilla, a los fines de que la misma sea aplicable en la práctica. Para ello se solicitó la opinión de técnicos, colegios de profesionales, universidades, productores, etc. Los talleres permitieron recabar estas opiniones, las mismas están siendo incorporadas en la versión

final, el que será presentado a la provincia en el mes de abril de 2015. La estructura general de la guía alcanzó elevado nivel de consenso.

El trabajo realizado pone de manifiesto que la sociedad en su conjunto no sólo se preocupa por los aspectos productivos de los SSP, sino también por los sociales y ambientales. La ley nacional de bosques nativos dio el marco para ello.

## Bibliografía

- Albanesi A., Anríquez A., Silberman J., Kunst C., Duffau A., Domínguez J. 2012. Fracciones de carbono orgánico del suelo en rolados en el Chaco semiárido. *Actas 2do Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, 317-322, ISBN 978-987-679-123-6.
- Anríquez A., Albanesi A., Kunst C., Ledesma R., Lopez C., Rodríguez Torresi A., Godoy J. 2005. Rolado de fachinales y calidad de suelos en el Chaco occidental, Argentina. *Ciencia del suelo* 23: 145-157.
- Anríquez A., Albanesi A., Kunst C., Planelles R., Domínguez Nuñez J. 2009. Sistemas silvopastoriles en el Chaco semiárido: Efecto del rolado en las formas del carbono y nitrógeno del suelo. *Actas 1er Congreso Nacional Sistemas Silvopastoriles*, Posadas, Misiones p. 176-182. ISBN 978 987 521 350 0.
- Anríquez A., Albanesi A., Silberman J., Kunst C., Suarez R., Domínguez Nuñez J. 2012. Densidad aparente y materia orgánica del suelo en rolados del Chaco semiárido. *Actas 2do Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, 299-304, ISBN 978-987-679-123-6.
- Casillo J., Kunst C., Semmartin M. 2011. Effects of fire and water availability on the emergence and recruitment of grasses, forbs and woody species in a semiarid Chaco savanna. *Austral Ecology* 37: 452-459
- Coria R., Coria O., Kunst C. 2012. Rolado de baja intensidad (RBI) y aves de un bosque del Chaco semiárido. *Actas 2do Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, 371-376, ISBN 978-987-679-123-6
- Gomez A., Kunst C., Navall M. 2009. Sistemas silvopastoriles en el Chaco semiárido II: efecto del rolado sobre la regeneración natural de dos especies arbóreas nativas. *Actas 1er Congreso Nacional Sistemas Silvopastoriles*, Posadas, Misiones p. 276-282. ISBN 978 987 521 350 0
- Kunst C., Ledesma R., Bravo S., Albanesi A., Anríquez A., van Meer H., Godoy J. 2012. Disrupting woody steady states in the Chaco region (Argentina): Responses to combined disturbance treatments *Ecological Engineering*, Volume 42, Pages 42-53.
- Kunst C., Ledesma R., Bravo S., Albanesi A., Godoy J. Rolados y diversidad botánica I: ¿sitio ecológico, tiempo o perturbación? *Actas 2do Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, 377-382, ISBN 978-987-679-123-6.
- Kunst C., Ledesma R., Bravo S., Albanesi A., Godoy J. Rolados y diversidad botánica II: efecto en el sitio ecológico alto. *Actas 2do Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, 388-393, ISBN 978-987-679-123-6.
- Kunst C., Ledesma R., Bravo S., Albanesi A., Godoy J. 2012. 'Rolados' y diversidad botánica III: efecto en el sitio media loma. *Actas 2do Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, 254-258, ISBN 978-987-679-123-6.
- Kunst C., Ledesma R., Bravo S., Godoy J., Navarrete V. 2009. Sistemas silvopastoriles en el Chaco semiárido III: efecto del rolado sobre la estructura de especies arbustivas nativas. *Actas 1er Congreso Nacional Sistemas Silvopastoriles*, Posadas, Misiones 282-289. ISBN 978 987 521 350 0
- Kunst C., Ledesma R., Cornacchione M., Castañares M., van Meer H., Godoy J. 2014. Yield and growth features of *Panicum maximum* (Jacq.) var *Trichoglume* cv *Petrie* (Green Panic) under woody cover, Chaco region, Argentina. *Agroforestry Systems* 88: 157-171. DOI 10.1007/s10457-013-9663-4
- Kunst C., Ledesma R., Godoy J. 2012. Acumulación de biomasa aérea de *Panicum maximum* cv *gatton panic* en rolados. *Actas 2do Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, 61-65, ISBN 978-987-679-123-6,
- Kunst C., Ledesma R., Godoy J., Navarrete V. 2012. Dinámica del volumen de arbustivas en rolados de baja intensidad. *Actas 2do Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, 76-80, ISBN 978-987-679-123-6,
- Kunst C., Ledesma R., Navall M. 2008. RBI. Rolado selectivo de baja intensidad. INTA EEA Santiago del Estero Informe Técnico No 57. Santiago del Estero. 139 p.
- Kunst C., Monti E., Perez H., Godoy J. 2006. Assessment of rangelands of southwestern Santiago del Estero for management and research. *Journal of Environmental Management* 80: 248-265.
- Ledesma R., Kunst C., Godoy J., Navarrete V. 2009. Sistemas silvopastoriles en el Chaco semiárido I: efecto de un rolado selectivo en la dinámica temporal de la humedad del suelo. *Actas 1er Congreso Nacional Sistemas Silvopastoriles*, Posadas, Misiones 170-176. ISBN 978 987 521 350 0
- Ledesma R., Kunst C., Radrizzani A., Godoy J. 2012. Crecimiento y productividad de dos gramíneas bajo la cobertura de *Prosopis nigra* Griseb. *Actas 2do Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, 259-263, ISBN 978-987-679-123-6.
- Rusch, V.; Sarasola, M.; Hansen, N.; Roveta, R. 2009. Criterios e Indicadores como Método para guiar la Sustentabilidad. a- Principios generales, y Criterios e Indicadores ambientales en sistemas silvopastoriles con ñire (*Nothofagus antarctica*). 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. 14, 15 y 16 de Mayo de 2009. Posadas, Misiones, Argentina. 9 pág.

# Regulaciones para el manejo ganadero en el marco de la ley de bosques en la región chaqueña

*N. Griffiths<sup>1</sup>; M Chervin<sup>2</sup>.*

## Resumen

El objetivo del presente trabajo es realizar un análisis de la normativa que regula el manejo ganadero en los Bosques Nativos en el marco de la implementación de la Ley Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos N° 26.331, de las principales provincias que cuentan con bosques de la región del Parque Chaqueño. Para la realización del trabajo se relevó normativa consistente en decretos, resoluciones, disposiciones y guías de manejo de las provincias de Formosa, Chaco, Salta, Santiago del Estero, Santa Fe y Córdoba. Se hizo un análisis comparativo de las mismas atendiendo a un listado de 12 ítems específicos. Se observó que la mayoría de las provincias carece de normativa regulatoria, y en los casos en los que existe la misma generalmente es dispar entre provincias, además de que algunos parámetros son poco factibles de monitorear. Se concluye en la necesidad de continuar trabajando entre la Autoridad Nacional de Aplicación y las Autoridades Locales como así también con otras instituciones vinculadas, abordando la temática con el fin de poder mejorar los tratamientos en esta región y ponderar el manejo silvicultural.

**Palabras clave** Bosques Nativos, silvopastoril, normativa, gestión, provincias.

## Regulation for livestock management under the Forest Act for the Chaco region

## Abstract

The aim of this paper is to analyze the regulations concerning the management of livestock in Native Forests, in the implementation framework of the “Minimum Standards for Environmental Protection of Native Forests” National Law No. 26.331, regarding the principal provinces with forests in the Argentine Chaco. To achieve this goal, decrees, resolutions, provisions and management guidelines from Formosa, Chaco, Salta, Santiago del Estero, Santa Fe and Córdoba provinces were surveyed. A comparative analysis between these regulations was carried out, attending a list of 12 specific items. It was observed that most provinces lack from regulatory standards and in the cases in which these standards exist, the situation is usually inequable between provinces, besides some parameters are impractical to monitor. One of the study's conclusion is the need to continue working between the National Enforcement Authority and Local Authorities as well as with other related institutions, addressing this issue in order to improve the implementation of measures in this region and weigh silvicultural management.

**Key words** Native Forests, forest-grazing, regulation, management, provinces.

<sup>1</sup>Lugar de trabajo: Área de Ordenamiento Territorial<sup>1</sup>, Área de Asuntos Legales<sup>2</sup>. Dirección de Bosques - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Dirección postal: San Martín 451 • C1004AAI Ciudad de Buenos Aires • Argentina. Dirección electrónica: [ngriffiths@ambiente.gob.ar](mailto:ngriffiths@ambiente.gob.ar)

## Introducción

En los últimos años se observa un fuerte desplazamiento de la ganadería hacia los bosques de la Región Chaqueña ya que ésta es desplazada por la expansión de los cultivos intensivos desde el centro-este del país, con el consecuente aumento de presión sobre los Bosques Nativos (Manghi et al. 2013).

De las disposiciones de la Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de Bosques Nativos N° 26.331 (Ley de Bosques), sancionada en diciembre de 2007 y reglamentada en febrero de 2009, se desprende que en las zonas categorizadas mediante el Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN) como verde y amarillo se podrán realizar actividades de producción ganadera en el marco de planes de manejo (PM). Los PM deben sintetizar la organización, medios y recursos, en el tiempo y el espacio, del aprovechamiento sostenible de los recursos y de los servicios (Res SAyDS N° 826/14). La ejecución de actividades para el manejo ganadero en los bosques nativos está regulada por normativas provinciales que establecen parámetros para su realización.

Desde hace algún tiempo se viene trabajando con el fin de ajustar técnicas que garanticen que el manejo ganadero que actualmente se realiza en la región, no atente contra la sustentabilidad de los ecosistemas boscosos. Se han realizado importantes avances logrando, en el mes de febrero de 2015, un acuerdo general sobre los principios y lineamientos nacionales para el manejo de bosques con ganadería integrada en concordancia con la Ley N° 26.331, entre la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación y el Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Como un paso más en el abordaje de ésta temática, para el presente trabajo se realizó una búsqueda y un análisis comparativo de la normativa de algunas provincias que cuentan con bosques de la región del Parque Chaqueño pretendiendo aportar elementos a los debates técnicos, determinar si todas las provincias cuentan con normativas que regulen la actividad, con qué nivel de detalle se especifican, si es homogénea entre las provincias de una misma región y poder identificar ítems prioritarios para continuar trabajando.

## Materiales y Métodos

Se realizó una búsqueda de la normativa que tiene incumbencias en la regulación del manejo ganadero de las provincias de Formosa, Chaco, Salta, Santiago del Estero, Santa Fe y Córdoba, se logró recopilar información de 4 de éstas provincias, y finalmente realizar una sistematización de las mismas. Para realizar la sistematización se seleccionaron 12 ítems por ser los que se encontraron con mayor frecuencia en los textos de las regulaciones y también por ser los temas que más se discuten entre los equipos técnicos de las diferentes insti-

tuciones nacionales y provinciales. Los ítems son: Diseño, Ordenamiento predial, Restricciones a superficie, Densidad (cobertura), Áreas de reserva o conservación, Restricciones a maquinaria, Restricciones a Herbicidas, Manejo de Pasturas, Carga Ganadera, Desbarejado (manejo del estrato arbustivo), Regeneración/Rotación y Aprovechamiento Forestal.

Los resultados se presentan en forma de tabla con el fin de poder analizar de manera expeditiva los diferentes puntos para cada provincia.

## Resultados y discusión

El siguiente cuadro muestra la regulación que las provincias establecieron para cada ítem.

Prov.	Chaco	Córdoba	Salta	Santiago del Estero
Normativa	(a) Ley N° 6.409 (b) Disposición N° 534/12 (c) Manual para el manejo forestal sustentable de los Bosques Nativos de la Provincia de Chaco.	(d) Decreto 170	(e) Resolución N° 966 (No publicada en B.O.)	(f) Ley N° 6.841 (g) Decreto N° 1.162/08 (h) Guía de prácticas sustentables para las áreas forestales
Diseños	Barreras forestales preferentemente en fajas, si se presentan en bosquetes es preferible la conservación de los mismos. Son parte de los Bosques de conservación. (b)	No especifica	Zona sin intervención que integran área a pastorear distribuidas en bosquetes, fajas y arboles dispersos. Exige rodear zona de pastoreo con cortina de 100 m de ancho como mínimo y mantener bosque alrededor de aguadas y ríos permanentes y no permanentes. (e)	Arboles dispersos, en fajas o en bosquetes todos con cortinas. Estas superficies no se computa para el porcentaje de superficie boscosa que debe ser dejado según la zonificación. (h)
Ordenamiento predial	Definido como la determinación de áreas de clausura o reserva. Debe acompañar al Plan de Manejo silvopastoril (PMSp). (b)	No especifica	No hay normativa actual porque e derogó la resolución N° 2211 que permitía recategorizaciones a nivel predial. (Ver Área de reserva)	Se debe presentar una planificación a nivel predial del uso del suelo mas los diferentes planes productivos. (g) Según zonificación provincial se establecen diferentes superficies a mantener además de las del diseño. (f)

**Area 2: Aspectos económicos y sociales de los sistemas silvopastoriles y agroforestales**

Prov.	Chaco	Córdoba	Salta	Santiago del Estero
Restricciones a superficies	Autoriza aprovechamiento silvopastoril máximo 300 ha por predio. En tramos de a 100 ha, Autoridad Local de Aplicación (ALA) autoriza siguiente cuando se llega al 80%. PMSsp se puede ejecutar hasta en un 50% de superficie boscosa del inmueble. (b)  En categoría amarilla conservar el 80% del bosque nativo, incluyendo un 30% bajo clausuras. En el categoría verde según superficie de inmueble: Hasta 100 ha clausura de 10%. De 101 a 200 ha clausuras 20%. De 201 a 1.000 ha, clausuras de 30% o reserva de 40%. Más 1.000 ha, clausuras de 30% o reservas de 50%. (a)	No especifica	(ver Área de reserva)	Se exime de presentación de plan de producción a predios de menos de 200 ha. Superficie a desmontar o para sistemas silvopastoriles se autoriza de a cupos de a 500 ha, ALA autoriza siguiente cuando llega al 70%. (f)
Áreas de reserva o conservación	No se autorizan planes de manejo a partir de: 500 m a zonas roja: 100 m de márgenes de ríos. 30 m de ríos secundarios. En los PMssp es obligatorio mantener o realizar barreras forestales (fajas o bosquetes) son parte de los bosque de conservación. (b)	No especifica	Áreas de reservas libres de ganado. 7-15 % pendiente mantener 40% de área forestal. 5-7 % mantener 30% área forestal. Menor a 5% mantener el 20% de área forestal. Las fajas y bosquetes no se computan en el % de área sin intervenir. Podrán pasarse a rojo. (e)	En zonas de avenamiento natural dejar fajas de 25 m a cada lado. (f)
Densidad (Cobertura)	120 arb/ha mayores a 0,10 m DAP (b)	Debe quedar 30 % de cobertura como mínimo del árboles y si no se llega dejar estrato arbustos con renovales. Se disminuiría el impacto si quedaran entre 150 y 200 arb/ha. (d)	En zona intervenida mantener un cierto n° de árboles de todas las clases diamétricas de las especies presentes. (e)	Ley: Desarbustado: 200 arb/ha mayores a 0,05 m de DAP o 100 arb/ha mayores a 0,10 m de DAP. (f) 50 % de cobertura. (h)
Desbarajeado	Remoción parcial de herbáceas arbustivos y arboles defectuosos, enfermos. Persistencia de 20% de especies herbáceas y arbustivas. (b)	Al desmonte selectivo lo define como la eliminación total o parcial del estrato arbustivos. (d)	Remoción parcial de herbáceas, ejemplares arbustivos y sub arbustivos, también ejemplares arbóreos defectuosos o enfermos. (e)	Priorizar para la corta árboles sobremaduros, enfermos o con pudrición. Dejar los de menor diámetro que pueden desarrollarse y tener valor maderero. (h)
Restricciones a maquinarias	Rolado parcial de baja intensidad, ancho menor a 3 m. Herramientas que no produzcan arrastre de suelo. Prohibida topadora y pisamonte. Se autoriza tractores con hoja de ancho de corte menor a 3m (b)	Manual, rolo o rastra de disco. Para desmonte selectivo 3 m máx. Raleo de bajo impacto 2,5 m. (d)	Rolado, rastreado parcial, o triturado con cabezal frontal (todos de bajo impacto). Prohibida técnicas de cadeneo y topado con acordonado. (e)	Rolo y Rastra. No se encontraron restricciones. Topado para el desmonte. (h) En Ley y Decreto no hay referencias al respecto.
Restricciones a herbicidas	Recomienda prohibir aplicación aérea para el control del sotobosque. El único producto químico que se recomienda aplicar es el glifosato para la eliminaciones de árboles no deseados en pie. (c)	No especifica	Para remoción de sotobosque quedan prohibido, también se prohíbe el fuego. (e)	Para desmonte y desarbustado se prohíben aplicaciones aéreas de productos químicos. Para el control de malezas puede ser manual o dirigido. Incluye el uso del fuego. (g)
Pasturas	Se propenderá desarrollo de pasturas naturales. Permite implantación de pasturas, después de extraer 80% de productos forestales. (b)	No especifica	Se permite la introducción parcial de especies forrajeras no invasoras. (e)	Cuando es en fajas o bosquetes (no árbol disperso) se podrá desmontar en el 50% de la superficie para implantación de pasturas. (h)
Carga ganadera	Ajustar a capacidad productiva de cada zona. (b)	No especifica	Ajustar a la capacidad productiva de cada zona de manera de evitar efectos adversos en el ecosistema. (e)	No especifica
Regeneración / rotación	En el aprovechamiento dejar el 20% de los mejores arboles para que sean semilleros. Para garantizar regeneración plantea protección individual, en fajas (con sistema de rotación), clausura de lote por 2 o 3 años. -Clausurar 10 % de superficie a pastorear, hasta que regeneración se instale. (b)	No especifica	10% de superficie total destinada a pastoreo debe estar clausurada y dentro de un esquema de rotación. Comprobar regeneración instalada para levantar clausura. (e)	Según diseño en la porción que permanece con cobertura leñosa se deberá fomentar regeneración natural o enriquecer a fin de recuperar el estrato arbóreo. Se menciona como una actividad la "demarcación y apotrerado". Se plantean clausuras de 4 años. (h)

Prov.	Chaco	Córdoba	Salta	Santiago del Estero
Aprovechamiento forestal	Se deben dejar los individuos entre 10 y 30 cm de DAP (dejar el 20% de los mejor como semillero). Tasa de extracción de productos forestales lo define la posibilidad según diámetros mínimos de corta de sp maderables establecido en decreto 216/ 09. (b)	No especifica	Se deben respetar los diámetros mínimos de corta de cada especie. (e)	“El manejo silvopastoril es un manejo ganadero, donde se reduce la cobertura boscosa para aumentar la producción de pastos. La producción maderera (y el manejo del bosque remanente) tiene poca o ninguna importancia. Se mantiene el componente arbóreo para atenuar los efectos perjudiciales del estrés climático sobre las plantas y los animales. Sin embargo, el bosque puede ser manejado por alguno de los métodos ya descritos para un aprovechamiento forestal”. (h)

Como cuestiones generales, la Provincia de Santa Fe hace un año que tiene su Ley de OTBN acreditada por Nación y se encuentra elaborando pautas para el manejo de bosques con ganadería, mientras que para la Provincia de Formosa no se contó con información disponible para realizar el análisis. Para la provincia de Córdoba, la información encontrada fue escasa y sobre algunos ítems no se han especificado regulaciones con exigencias para el desarrollo de ciertas actividades. Para las provincias de Salta, Santiago del Estero y Chaco se observa que sobre un mismo ítem existen pautas dispares. Por ejemplo para las Áreas de Reserva las provincias de Chaco y Santiago del Estero han tenido en cuenta la distancia a los ríos con amplias diferencias entre si, y la provincia de Salta ha tenido en cuenta la pendiente ya que es una característica propia de ésta provincia. En cuanto a Restricciones a Superficie solo dos provincias (Chaco y Santiago del Estero) lo han estipulado en la normativa, también con diferencias entre si, variando

de 100 a 500 ha. a autorizar por tramo.

Sobre el ítem Carga Ganadera, en las normativas no se encontraron parámetros indicativos, solo algunas provincias señalan que “se debe ajustar a la capacidad productiva de cada zona”; esta capacidad debería estar sujeta a los parámetros estructurales que permitan el restablecimiento del ecosistema boscoso. Por otra parte, los parámetros estructurales como la Densidad (Cobertura) es un valor medible y monitoreable podría ser un punto del que se desprendan las demás regulaciones como la Capacidad Productiva y por lo tanto la Carga Ganadera.

En cuanto a los ítems que hacen referencia al desarrollo silvícola, los parámetros establecidos son escasos, solo 2 provincias indican que para Aprovechamiento Forestal deben utilizar los diámetros mínimos de corta establecidos para cada especie, y para Rotación/Regeneración plantean clausuras del 10 % de la superficie a pastorear.

## Conclusiones

Se observa que para estas provincias que comparten ecorregiones la normativa es heterogénea ya que han establecido diferentes parámetros para la realización de la actividad o no los han establecido en algunos casos. Entendiendo que los procesos ecológicos de los bosques nativos del Parque Chaqueño tienen similitudes, se evidencia la importancia de tener mayor información técnica para lograr los manejos más adecuados en la implementación de la producción ganadera en la región, garantizando la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos, con el fin de realizar los ajustes que se identifiquen como necesarios. Esto sería importante tanto para estipular parámetros generales entre provincias, como también para identificar con mayor detalle los diferentes tipos de bosques existentes que permitirían especificar tratamientos distintos en una misma provincia.

Por otra parte, la mayoría de las provincias no cuenta con la normativa completa disponible en internet, cuestión que dificulta el acceso a la información necesaria para la realización de actividades de manejo de bosques con ganadería integrada.

Para algunas solo ha sido posible obtenerla por consulta directa a instituciones o profesionales.

Es necesario continuar y fortalecer los trabajos que se vienen desarrollando entre las diferentes instituciones nacionales y provinciales para ampliar los conocimientos y establecer normativas acordes con la los presupuestos mínimos de conservación del Bosques Nativos y para regular con fundamentos técnicos el manejo de bosques con ganadería integrada y poder establecer monitoreos mediante indicadores. Finalmente queda planteado como un punto para seguir analizando la necesidad de dar mayor ponderación al manejo silvícola, ya que esto no solo diversificaría la producción en los establecimientos, sino que además permitiría implementar parámetros estructurales que garantizan la permanencia del ecosistema y serían reguladores de la producción pecuaria.

Se espera que la información plasmada en el presente trabajo sea un insumo para continuar con los análisis técnicos necesarios, permitiendo elaborar otras conclusiones formular nuevas preguntas y continuar los debates.

## **Bibliografía**

- Manghi E., Taurian M., Griffiths N., García Álvarez S., Sañudo G. y Bono J. 2013. "Sistemas Silvopastoriles como alternativa productiva en el marco de la Ley N° 26.331". 4to Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Iguazú 2013.
- Plan Estratégico Alimentario y Agroindustrial 2010-2016 (PEA2). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.
- Resolución Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable N° 826/14. Anexo I "Reglamento de procedimientos generales Ley N° 26.331. Contenidos mínimos de planes de manejo y conservación y distribución del fondo nacional para el enriquecimiento y conservación de los Bosques Nativos."
- Normativa analizada y sitios consultados:
- De presupuestos mínimos de protección ambiental
  - Ley N° 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. Boletín Oficial de la República Argentina N° 31.310.
  - Provincia del Chaco:
    - Ley N° 6.409 de la Provincia de Chaco.
    - Disposición N° 534/12 de la provincia de Chaco.
    - Manual para el manejo forestal sustentable de los Bosques Nativos de la Provincia.
  - Provincia de Córdoba:
    - Decreto N° 170/11
  - Provincia de Salta:
    - Ley N° 7.543
    - Decreto N° 2785/09
    - Resolución N° 966 - no publicada en Boletín Oficial de la Provincia-
  - Provincia de Santiago del Estero:
    - Ley N° 6.841
    - Decreto N° 1.162/08
    - Guía de prácticas sustentables para las áreas forestales
- Página del Ministerio de Agricultura de la Nación web <http://www.minagri.gob.ar/site/>



# Sistemas agroforestales y su contribución a un desarrollo silvoagropecuario sustentable en Chile

Sotomayor A\*

## Resumen

En Chile se han estudiado durante los últimos 12 años modelos alternativos a la forma tradicional de establecimiento forestal, con fines industriales. Un modelo alternativo ha sido el estudio de sistemas agroforestales, destinado a los pequeños productores agrícolas, con la introducción de los árboles en los campos considerando la identidad cultural y los sistemas productivos de los agricultores, lo que puede ser llamado plantaciones de nueva generación, que incorporan aspectos sociales y ambientales, a las tradicionales productivas. Los sistemas agroforestales más aceptados por los propietarios de suelos de secano, sin riego, durante el periodo 2003-2013, donde se han establecido 1114 ha en 1600 propiedades, han sido los sistemas silvopastorales (44,4%) y cortinas cortavientos (43,7%). Esta preferencia ha sido avalada por diversos estudios, donde se han verificado disminuciones en procesos erosivos por la introducción de árboles en combinación con cultivos agrícolas, con reducción de pérdidas de suelos de más 1.700%; reducción del viento en un 200% por el establecimiento de árboles en praderas; aumento de la productividad praterense por el uso de sistemas silvopastorales en un 41%; reducción de contaminantes en los cauces por uso de biofiltros, mitigación del cambio climático, y otros beneficios sociales.

**Palabras claves:** *Campeños, silvopastoral, viento, erosión, evaluación económica*

## Agroforestry systems and their contribution to sustainable agriculture and forestry development in Chile

## Summary

In Chile it has been studied for the last 12 years alternative models to the traditional form of forest afforestation for industrial purposes. An alternative model has been the study of agroforestry systems, for small size farmers, with the introduction of trees in their farms considering cultural identity and production systems of farmers, what can be called New Generation Plantations, incorporating social and environmental aspects, to the traditional productive considerations. The agroforestry systems most accepted by the owners of upland soils without irrigation, during the period 2003-2013, which were established 1600 ha in 1114 properties, have been silvopastoral systems (44.4%) and windbreaks (43, 7%). This preference has been supported by several studies, which have been verified reductions in erosion by the introduction of trees in combination with agricultural crops, with soil loss reduction over 1,700%; wind reduction by 200% by the establishment of trees in pastures; increased prairie productivity by 41 % using silvopasture; reduction of pollutants in streams by use of biofilters, climate change mitigation, and other social benefits.

**Keywords:** *Farmers, silvopastoral, wind, erosion, economic evaluation*

\* Instituto Forestal (INFOR), Casilla 109 C Concepcion, Chile, [asotomay@infor.cl](mailto:asotomay@infor.cl)

## Introducción

En general los agricultores en Chile han percibido una incompatibilidad entre la producción agropecuaria y los árboles o bosques presentes en las propiedades rurales. Para ellos los árboles han representado un competidor o un estorbo para su actividad productiva, percibiendo que las especies forestales reducen la producción agropecuaria, dado lo cual los árboles y arbustos han sido extraídos, cortados o quemados, modificando el paisaje rural a situaciones donde en muchos casos el árbol es escaso. Como consecuencia vastos territorios y terrenos agrícolas están desprotegidos, originando erosión, pérdida de suelos y de fertilidad de éstos. Además, al disminuir la cubierta leñosa, muchos campesinos o pequeños productores agrícolas, no tienen leña para cocinar sus alimentos o calefaccionar sus hogares, debiendo recorrer amplios territorios para conseguir este elemento energético.

Cambiar ésta percepción y establecer las bondades de los árboles en el paisaje agropecuario puede ser un proceso lento y difícil, ya que el uso tradicional de la tierra y arraigo cultural, y el escaso manejo o cuidado de los recursos naturales a menudo están firmemente establecidos y socialmente aceptados en las comunidades locales, que requiere un largo proceso de educación y convencimiento con métodos demostrativos y un trabajo participativo con las comunidades para lograr cambios.

Una forma de demostrar la compatibilidad de uso integrado de las especies leñosas (árboles y arbustos) con la agricultura y ganadería, es a través del establecimiento de los árboles en una forma amigable con los usos agropecuarios tradicionales, utilizando técnicas o sistemas agroforestales en el mundo rural. Se denominan "*Sistemas Agroforestales a la combinación de árboles y/o arbustos en conjunto con usos agrícolas y/o ganaderos en el mismo sitio, en alguna forma de ordenamiento espacial o territorial*" (Sotomayor et al., 2008). El propósito de la inclusión del componente leñoso en conjunto con los usos agropecuarios en un mismo terreno es lograr una sinergia entre éstos componentes productivos, lo cual puede conducir a mejoras netas en una o más características, tales como productividad y sostenibilidad, así como también a diversos beneficios ambientales y no-comerciales.

En este documento se exponen experiencias de ordenación agroforestal en Chile, con resultados de más de 10 años de trabajo, donde el Instituto Forestal (INFOR) en conjunto con el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), el Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA), y con el apoyo del Ministerio de Agricultura, han realizado una labor de investigación, difusión y transferencia tecnológica para la implementación de sistemas agroforestales en la agricultura familiar campesina en Chile.

## Material y Método

Se presentan a continuación resultados obtenidos por el Programa Agroforestal Nacional de Chile, con un análisis de la percepción de los agricultores, preferencias por modelos de establecimiento forestal, problemas para su implementación, y diversos estudios que demuestran y avalan la importancia de los sistemas agroforestales en Chile para su implementación e incorporación en Políticas Públicas.

### Resultados del Programa Agroforestal Nacional en Chile.

El Instituto Forestal de Chile (INFOR) ha desarrollado el Programa Agroforestal Nacional (PAN), desde el año 2002 a 2014, con diversas fuentes de financiamientos, tanto del Ministerio de Agricultura de Chile, como del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), y utilizando instrumentos de fomento a la forestación. Este programa tuvo el objetivo de generar información que permita evaluar la potencialidad de establecer sistemas agroforestales en Chile, realizando investigación sobre los diversos sistemas aptos para implementar en diversas zonas agroecológicas de Chile, considerando las especies con más potencialidad, y estableciendo unidades demostrativas y de investigación agroforestal para ser usadas como herramientas de extensión e investigación y finalmente estableciendo un programa para fomentar su

uso preferentemente hacia los pequeños productores silvoagropecuarios. A continuación se expone los resultados de este programa.

### Disposición a forestar con sistemas agroforestales por pequeños productores agrícolas.

Entre los años 2007 y 2008 se realizó un estudio, mediante encuestas personales dirigidas, a agricultores de la Región del Maule y del Biobío, en la zona central de Chile, para conocer la disposición de estos a establecer sistemas agroforestales en sus predios. De un total de 189 productores potenciales para trabajar con ellos, se encuestaron a 83 productores. Del total de los propietarios entrevistados de las comunas de trabajo, y que han participado en charlas agroforestales y actividades de capacitación producto del Programa de Desarrollo Agroforestal, un 93.1% estuvieron dispuestos a establecer algún sistema agroforestal en sus predios, y sólo un 27.5% una plantación tradicional, es decir a alta densidad. Esta diferencia radica en la reticencia para establecer plantaciones forestales a densidades altas, sólo con fines madereros, dado que se percibe que esto originará una disminución en la capacidad de producción agropecuaria, la cual es su principal fuente de ingreso (Cuadro 1).

Tabla 1: Estudio de la disposición a forestar o manejar bosques, productores Comunas de Hualqui, Los Alamos y El Carmen de la VIII Región, y Los Sauces, Melipeuco y Teodoro Schmidt, de la IX Región de Chile (Sotomayor et al. 2009b)

Disposición a Forestar o Manejar Bosques	VIII Region del Biobío (%)				IX Region de la Araucanía (%)				Promedio Total (%)
	Hualqui	Los Alamos	El Carmen	Promedio	Los Sauces	Melipeuco	T. Schmidt	Promedio	
Forestación Agroforestal	100,0	100,0	100,0	100,0	91,7	100,0	66,7	86,1	93,1
Forestación Plantación Tradicional	22,2	42,9	50,0	38,4	25,0	0,0	25,0	16,7	27,5
Manejar Plantaciones	88,9	35,7	83,3	69,3	8,3	20,0	0,0	9,4	39,4
Maneja BN	33,3	21,4	75,0	43,3	0,0	20,0	16,7	12,2	27,7

### Beneficios de la implementación de proyectos agroforestales.

En relación a los beneficios que los productores identificaron de la implementación de sistemas agroforestales en sus predios, destacan entre otros que mejoran los ingresos familiares con un 81,8%, junto con mejorar la calidad de vida (57,7%), el aumentar la productividad del predio y controlar la erosión con un 50,5% y luego el asegurar abastecimiento energético con un 44,1%, relacionado con la necesidad de energía para calefacción y alimentación, y de los beneficios que ven del árbol. También se indican aspectos como incorporar fuente de trabajo y la conservación de recursos naturales como opciones interesantes (Tabla 2).

### Resultados del fomento al establecimiento agroforestal en Chile, periodo 2006-2013.

Luego de tener resultados de la investigación realizada en diversos ambientes, desde zonas áridas a zonas frías de Chile, entre los años 2006 y 2013 se fomentó el uso de sistemas silvopastorales entre otros, trabajando con alrededor de 1.600 productores, y lográndose forestar una superficie de 1.113,7 ha entre la Región de Coquimbo por el norte y Ma-

gallanes por el sur (Tabla 3), siendo la especie más plantada el pino radiata.

Los pequeños propietarios participantes en el proyecto, estuvieron dispuestos a establecer árboles en sus terrenos en alguna forma de arreglo agroforestal, con un promedio de 0,7 ha por propiedad rural, dado que esta alternativa de forestación es considerada por los agricultores menos invasiva y más cercana a sus tradiciones agrícolas que una forestación tradicional con fines industriales, ya que les permite seguir estableciendo cultivos y criando animales, y produciendo madera, y a su vez les permite continuar viviendo en sus predios y obtener ingresos y alimentos para su grupo familiar. Esto es coincidente con estudio realizado por Sotomayor et al. (2009b), donde los agricultores expresaron que preferían establecer árboles en sus predios bajo sistemas silvopastorales, y otros como cortinas cortavientos, en vez de sistemas tradicionales de plantación forestal con fines industriales, dado que estas últimas al ser a altas densidades les impide un uso forestal-ganadero en dichos sitios, en tanto que los sistemas silvopastorales les permitían continuar con su manejo pecuario en combinación con árboles.

Los sistemas más aceptados fueron el silvopastoral y las cortinas cortavientos principalmente con fines de producción de

Tabla 2: Estudio de los beneficios de establecer sistemas agroforestales, productores de las Comunas de Hualqui, Los Alamos y El Carmen de la VIII Región, y Los Sauces, Melipeuco y Teodoro Schmidt, de la IX Región de Chile (Sotomayor et al. 2009b).

Beneficios del establecimiento de sistemas agroforestales	VIII Region del Biobío (%)				IX Region de la Araucanía (%)				Promedio Total (%)
	Hualqui	Los Alamos	El Carmen	Promedio	Los Sauces	Melipeuco	T. Schmidt	Promedio	
Mejorar los ingresos del grupo familiar	55,6	71,4	88,9	72,0	100,0	100,0	75,0	91,7	81,8
Incorporar una nueva fuente de trabajo	77,8	28,6	66,7	57,7	0,0	0,0	75,0	25,0	41,3
Aumentar la productividad del predio	88,9	57,1	88,9	78,3	8,3	60,0	0,0	22,8	50,5
Asegurar la conservación de la tierra, agua y otros	33,3	71,4	55,6	53,4	33,3	0,0	0,0	2,8	28,1
Evitar migraciones del grupo familiar	0,0	28,6	44,4	24,3	0,0	0,0	25,0	19,4	21,9
Controlar erosión	88,9	71,4	44,4	68,3	41,7	40,0	25,0	32,8	50,5
Asegurar el abastecimiento energético del hogar	88,9	100,0	22,2	70,4	33,3	20,0	0,0	17,8	44,1
Mejorar Calidad de vida	55,6	85,7	66,7	69,3	0,0	80,0	16,7	46,1	57,7
Mejora en el Bosque	11,1	42,9	0,0	18,0	0,0	0,0	8,3	13,9	15,9
Otros		28,6	0,0	9,5	33,3	0,0	0,0	11,1	10,3

## Area 2: Aspectos económicos y sociales de los sistemas silvopastoriles y agroforestales

Tabla 3. Sistemas agroforestales establecidos en pequeñas propiedades agrícolas, años 2006 a 2013, Programa Agroforestal Nacional, Chile (INFOR 2013)

Sistema Agroforestal	Superficie agroforestal establecida por año y sistema ( ha)						Total (ha)
	2006	2007	2008	2011	2012	2013	
Silvoagrícola	6.7	26.3	10.0	20.5	-	-	63.5
Silvopastoral	162.2	112.5	66.6	78.9	74.9	24.0	495.1
Cortina cortaviento	12.5	97.7	35.0	201.3	140.3	21.5	486.8
Protección de riberas	-	3.5	10.0	0.5	1.3	-	15.3
Bioenergía	-	10.0	5.0	-	16.9	0.3	31.9
Apicultura	-	-	-	16.8	4.3	-	21.1
TOTAL	181.4	250.0	126.6	318.0	237.7	45.8	1113.7

forraje para animales, con un 44,4 y 43,7% respectivamente (Tabla 4), del total establecido por el programa; esta preferencia está dada principalmente porque los terrenos factibles de establecer árboles en las propiedades rurales son situaciones de laderas, sin riego, donde tradicionalmente han manejado praderas naturales de bajo valor productivo con fines ganaderos, o para cultivos de cereales de secano, por lo cual ha sido más fácil transformarlo a una producción silvopastoral. Las cortinas cortavientos son otro modelo interesante para áreas de cultivos agropecuarios y praderas afectadas por el viento, especialmente en zonas insulares o cercanas al mar, dado que los productores reconocen su importancia en el aumento de la productividad de sus cultivos y ganadería.

### Problemas para su establecimiento.

Dentro de los problemas detectados para establecer plantaciones agroforestales o tradicionales, los propietarios mencionan la falta de financiamiento con un 47,9%, y la pequeña superficie predial que les impide destinar terrenos para forestar con un alto porcentaje (97,2%) en la IX región (Sotomayor et al., 2009b). Otros aspectos mencionados son que no saben cómo hacerlo por falta de información tecnológica con un 25,7%, y que no puede hacerlo solos con un 20,8%, debido a la edad avanzada de sus propietarios. También mencionan problemas de escasez de mano de obra, capacitación y de malos accesos a la propiedad o terrenos (Tabla 4).

Tabla 4: Problemas detectados para establecer modelos agroforestales, productores de las Comunas de Hualqui, Los Alamos y El Carmen de la VIII Región, y Los Sauces, Melipeuco y Teodoro Schmidt, de la IX Región de Chile (Sotomayor et al. 2009b).

Problemas para forestar	VIII Region del Biobío (%)				IX Region de la Araucanía (%)				Promedio Total
	Hualqui	Los Alamos	El Carmen	Promedio	Los Sauces	Melipeuco	T. Schmidt	Promedio	
Falta de financiamiento	25,0	66,7	87,5	59,7	0,0	100,0	8,3	36,1	47,9
Escasez de mano de obra	12,5	33,3	62,5	36,1	0,0	0,0	0,0	0,0	18,1
No puede hacerlo solo por Edad o Genero, u otro	25,0	33,3	37,5	31,9	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0
No sabe cómo hacerlo (Falta de tecnología)	50,0	33,3	62,5	48,6	0,0	0,0	8,3	2,8	25,7
No puede hacerlo sólo	62,5	16,7	37,5	38,9	8,3	0,0	0,0	2,8	20,8
Endeudamiento	0,0	0,0	12,5	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1
Lejanía de los poderes compradores	12,5	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1
Precios de venta muy bajos de los productos	0,0	16,7	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8
Malos accesos al bosque	12,5	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1
Superficie muy pequeña				0,0	91,7	100,0	100,0	97,2	48,6
Otros	0,0	16,7	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8

Tabla 5. Pérdida de suelos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) según tratamiento y año, y precipitación, Comuna de Illapel, Región de Coquimbo, Chile (Perret y Valdebenito, 1999).

Tratamiento	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
<b>T1</b>	230,5	280	369,1	74,5	224,2	0	76,6	1.254,9
<b>T2</b>	766,3	806,1	866,5	547,3	21.569,8	0	538	25.094,0
<b>T3</b>	541,5	506,7	666,7	341,2	3.068,6	0	384,8	5.509,5
<b>T4</b>	391,4	331,9	179,5	158,8	520,0	0	194,8	1.776,40
<b>T5</b>	176	175,1	191,3	115,8	569,1	0	149,5	1.376,80
<b>T6</b>	285,5	250,1	131,4	146,9	470,8	0	188,5	1.473,20
<b>Pp (<math>\text{mm año}^{-1}</math>)</b>	232,7	101,6	101,8	72,5	537,6	7	180	

Hasta el año 2012 Chile contó con un instrumento que fomentaba la forestación, DL.701 de 1974 y sus modificaciones, el cual contemplaba incentivos para establecer sistemas silvopastorales y cortinas cortavientos, el cual finalizó en diciembre de 2012, lo cual agrava lo indicado por los agricultores, en cuanto a disponibilidad de financiamiento, siendo aún más difícil promover estos sistemas.

#### Contribución socioeconómica y ambiental de los sistemas agroforestales.

Una pregunta recurrente entre autoridades de gobierno, tanto nacional como local, es si ¿Existen antecedentes para probar la contribución de los Sistemas Agroforestales a la Economía Rural y a su Sustentabilidad en Chile?, para así promover su uso. Existen diversos estudios, tanto de autores de Chile como de otros países, que valoran el aporte de los árboles y arbustos en sistemas agroforestales en la protección del medio natural, donde se ha documentado que pueden reducir la erosión, y modificar algunos aspectos climáticos del entorno en beneficio de la agricultura y ganadería, si estos se usan en forma inteligente con algún ordenamiento espacial (Sotomayor, 2010). Algunos de los beneficios que se han identificado de la integración de especies arbóreas y animales bajo sistemas silvopastorales en predios ganaderos, agrícolas de secano y/o forestales tradicionales, son aprovechar la protección que puede ofrecer el árbol, tanto a los animales como a la pradera y cultivos, frente a condiciones climáticas adversas (Sotomayor, 1989); diversificar la actividad productiva de la mediana y pequeña empresa agrícola, haciendo un uso eficiente y sustentable de los recursos prediales disponibles (Snaydon y Harris, 1979); mejorar la belleza escénica del predio y el valor de la propiedad (Sotomayor y Cabrera, 2006; Sotomayor 2009), y protección y mejoramientos de los suelos (Nair, 1987; Murgeitio, 2009), entre otras. Estos antecedentes son los que han permitido promover el uso de sistemas agroforestales en Chile.

A continuación se exponen algunos resultados del beneficio de los árboles para el sector agropecuario, al dar protección al ambiente y modificar algunos parámetros agroclimáticos.

#### Rol de los árboles en la disminución de la erosión.

Como se indicó en punto anterior, los árboles al interceptar con su follaje las gotas de lluvia, reduce su impacto directo sobre el suelo, disminuyendo su energía, por lo que ayudan a disminuir los procesos erosivos. Existen diversos estudios que reflejan lo anterior. En un estudio realizado en la Región de Coquimbo de Chile por Perret y Valdebenito (1999), donde se estudió la pérdida de suelos comparando seis tratamientos, con la introducción de árboles en sistemas agroforestales y puros, comparados con uso agrícola tradicional y sin uso del suelo, se comprueba la importancia de estos en la protección de los suelos: T1: Testigo, suelo sin cultivo; T2: Cultivo tradicional agrícola con trigo; T3: Plantación de *Acacia saligna* a un distanciamiento de 4 m por 1 m y *Phalaris tuberosa* (falaris) cada 20 cm entre las hileras de acacias, intercalada con cultivo de trigo y *Medicago polymorpha* (hualputra); T4: Plantación de *Acacia saligna* a un distanciamiento de 3 m por 2 m y falaris cada 20 cm entre las acacias, intercalada con cultivo de hualputra; T5: Plantación de *Acacia saligna* en terrazas individuales de 1 m en disposición de tresbolillo; T6: Plantación de *Acacia saligna* intercalada cada 3 m con hileras de *Cassia closiana* y a un distanciamiento en la hilera de 1 m. Los resultados de dicho estudio (Tabla 5), indicaron que los tratamientos que obtuvieron una menor pérdida de suelos, después de siete años de evaluación, fueron los que tienen algún grado de cobertura vegetal, especialmente con una combinación de árboles y pastos, como son los tratamientos T4, T6 y el tratamiento testigo donde no se aplicó (T1) laboreo al suelo.

El tratamiento que refleja el uso agrícola tradicional de la zona (T1), con producción de trigo, y que utiliza una labranza tradicional, con un barbecho preparado el año anterior, y arado y rastraje para la siembra de trigo, fue el que arrojó mayores pérdidas de suelo, sumando los resultados durante el periodo de evaluación 1993-1994, registrándose pérdidas de 25  $\text{ton ha}^{-1}$  de suelo en el periodo (Cuadro 2). Esto significa un 1.700% de mayor pérdida de suelos en relación a los tratamientos con menor pérdida (T5 y T6), los cuales contienen

solo árboles para protección de los suelos, y sin labranza del suelo. Cuando se compara el tratamiento agrícola en relación a un tratamiento agroforestal (T4), con una mezcla de árboles (*A.saligna*), asociado a una mezcla de pastos (falaris y hualputra), la reducción de pérdida de suelos alcanza a un 1313 %, reflejando al importancia de la cobertura vegetal en la reducción de la erosión, con técnicas productivas sustentables. Estos resultados están directamente ligados a la intensidad de la precipitación. Se destaca el año 1997, donde ocurrieron precipitaciones intensas, concentradas en un corto periodo de tiempo, con un total anual de 537,6 mm, perdiéndose por este hecho en el tratamiento agrícola con trigo, más de 21 ton de suelo, debido principalmente.

#### Rol de los árboles en la modificación de factores climáticos del entorno.

La incorporación de árboles en sectores destinados al uso exclusivo de pastoreo, conforma un sistema sustentable con variados beneficios ambientales, los cuales dicen relación con la protección invernal otorgada por los árboles a los animales, en particular sobre el efecto del viento que hace descender la temperatura; el mejoramiento de la capacidad de retención de humedad del suelo (Mead, 2009); el bombeo de nutrientes desde la parte más profunda del perfil a la porción más superficial (Nair, 1987); y un aumento del contenido de materia

orgánica del suelo (Murgeitio, 2009; Sotomayor et al., 2009). Entre los aspectos microclimáticos afectados o modificados por los árboles en un sistema agroforestal, están la radiación solar que llega a los vegetales creciendo bajo la influencia de los árboles (Lewis et al., 1983; Watson et al., 1984; Percival et al., 1984; Peri et al., 2007; Mead, 2009), el viento, la humedad y la temperatura (Anderson, 1977; Lee, 1978; Sotomayor, 1989; Mead, 2009). Otro aspecto importante, es la acción protectora de éstos, al disminuir la velocidad del viento, atenuando la acción del frío en el invierno y las altas temperaturas de verano, y la pérdida de humedad durante el verano, permitiendo que la cubierta herbácea permanezca por más tiempo disponible para el ganado (Solangarachchi y Harper 1997; Sotomayor et al., 2009).

En un estudio realizado en la Región de Aysén, Sotomayor y Teuber (2011) concluyeron que los árboles, con la especie *Pinus contorta*, ordenados en dos sistemas silvopastorales, (T2, Silvopastoral Tradicional con pradera natural, 400 arb ha<sup>-1</sup>; T3, Silvopastoral en Fajas con pradera natural, 400 arb ha<sup>-1</sup>), redujeron la velocidad promedio del viento en relación al tratamiento testigo, sistema ganadero sin árboles (T4), en un 200%, aproximadamente (Figura 1). Cuando se evaluaron las velocidades máximas, que afectan fuertemente el crecimiento de los vegetales, ya que rompen o desecan los puntos de crecimiento de los pastos, la reducción fue del 10% en los tratamientos silvopastorales. En relación a la sensación térmica

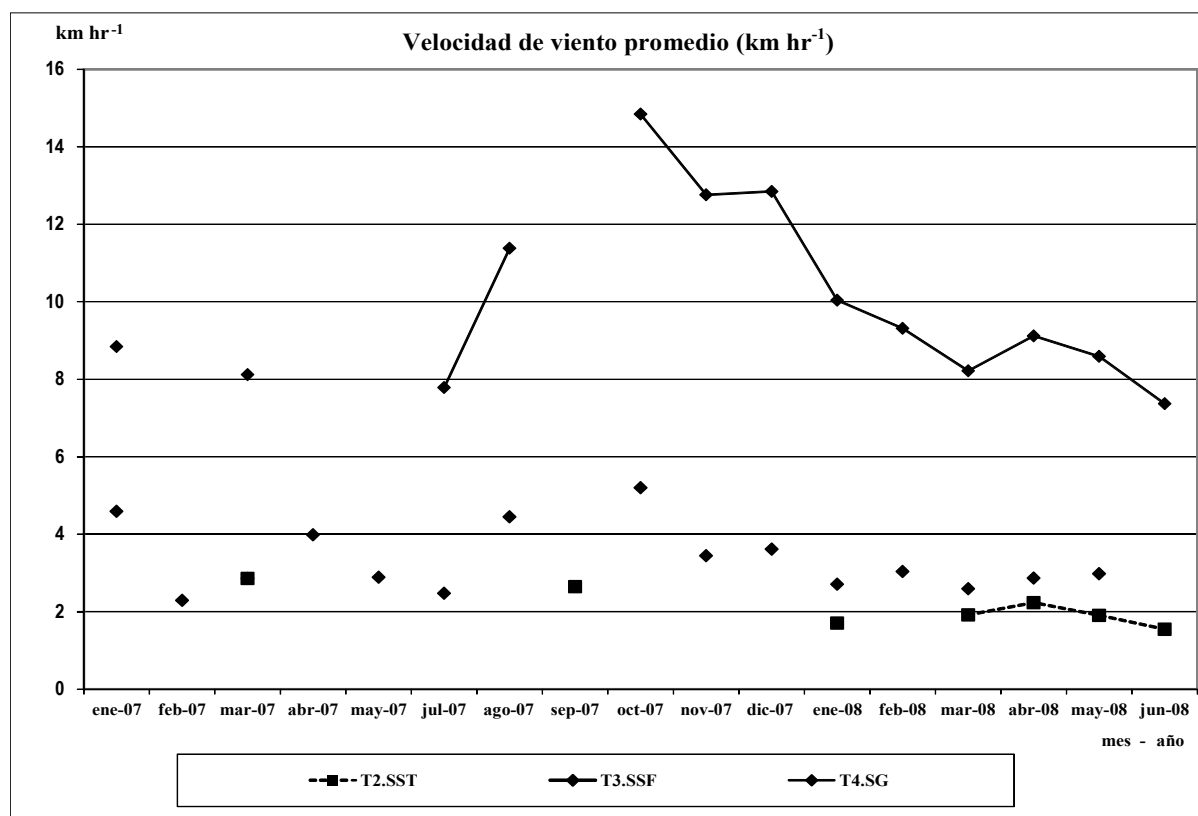


Figura 1. Comparación de la velocidad promedio del viento, entre enero 2007 a junio 2008, por efecto de tratamientos silvopastorales (T2 y T3), en relación un uso ganadero sin árboles (T4) (Sotomayor y Teuber 2011).

(wind chill), se registraron valores superiores entre un 22 y 26 %, para el tratamiento silvopastoral tradicional y en fajas, respectivamente, en relación a tratamiento ganadero. Entre los tratamientos silvopastorales evaluados, el sistema silvopastoral tradicional, con árboles homogéneamente distribuidos en el terreno, obtiene valores de sensación térmica más altos que en árboles ordenados en fajas alternadas en el sitio.

### Beneficios productivos y económicos

Se presentan a continuación algunas experiencias con especies forestales introducidas en Chile, como pino radiata y pino contorta, con fines madereros, pero que con un diseño silvopastoral entregan otros beneficios como son la protección al suelo, a las praderas y ganado.

#### Sistema silvopastoral con *Pinus contorta* en la Región de Aysén, Chile.

A continuación se expone resultados de un estudio realizado por el Instituto Forestal (INFOR) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) a partir del año 2003 (Sotomayor et al. 2008), donde se contrastaron dos sistemas silvopastorales con la especie *Pinus contorta*, (T2, Silvopastoral Tradicional con pradera natural, 400 arb ha<sup>-1</sup>; T3, Silvopastoral en Fajas con pradera natural, 400 arb ha<sup>-1</sup>) con un sistema ganadero sin árboles (T4), y un sistema forestal con 800 arb ha<sup>-1</sup> de pino contorta (T1), con el objetivo general de estudiar alternativas productivas sustentables para incrementar la productividad de los predios de la Región de Aysén. Los sistemas silvopastorales y el tratamiento ganadero utilizaron pradera natural mejorada con fertilización, con la presencia de especies de gramíneas como pasto ovillo (*Dactylis glomerata*), y leguminosas como trébol rosado (*Trifolium repens*), y los tratamientos forestales fueron podados primeramente a 2,0 m y posteriormente a 3,2 m. Esta región Patagónica de Chile se caracteriza por la incidencia de vientos fuertes principalmente entre los meses de octubre a febrero la época de mayor producción vegetativa, con velocidades promedios que fluctúan entre 37 y 56 km hr<sup>-1</sup>, con ráfagas de 60-80 km hr<sup>-1</sup> en época de primavera. La temperatura media y media mínima anual es de 8,7 °C y 3,9 °C respectivamente (máxima de enero es de 18,7 °C y mínima de julio es de -0,7 °C). La precipitación media es de 1.200 mm, (IREN-CORFO 1979), con un periodo corto de escasez de precipitación entre enero y febrero.

Los resultados de la productividad de la pradera, en materia seca por hectárea, se presentan en el Tabla 6, indicando la

importancia para los productores ganaderos del uso de árboles ordenados en sistemas silvopastorales para la obtención de mayor cantidad de alimento para sus animales.

Se encontraron diferencia significativas entre tratamiento destacándose que para todas las temporadas evaluadas, la producción de la pradera en materia seca por hectárea en el sistema silvopastoral en fajas ha sido la que alcanzó las mayores producciones.

#### Sistema silvopastoral con *Pinus radiata*: Evaluación económica.

Se presenta a continuación un resumen de los resultados de análisis económico en base a un estudio realizado en el Secano Costero de la Región de O'Higgins, Chile, con el objeto de comparar la productividad de sistemas silvopastorales con pino radiata asociados a tres tipos de pradera, con ganado ovino, versus sistemas tradicionales de uso del suelo con ganado ovino, y una situación de manejo forestal tradicional. Para mayor información, y un mejor detalle del estudio, se puede obtener más antecedentes en Sotomayor y Cabrera (2006).

Las principales características climáticas de la zona de estudio están dadas por una temperatura media anual de 11,6 °C, una media mínima de 8,6 °C, un período libre de heladas de 9 meses, una precipitación media anual de 705 mm y un período seco estival de 8 meses. Los suelos se ubican sobre terrazas marinas. La especie forestal utilizada fue *Pinus radiata*. La componente herbácea está representada por praderas sembradas, que incluyen trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*) y falaris (*Phalaris aquatica* cv *sirosa* y cv *septanera*); pradera natural mejorada con fertilización; y pradera natural sin fertilización. La componente animal por su parte está constituida por ovinos, de raza Merino Precoz; tipo ovino: borregas secas.

Se evaluaron siete tratamientos, para su evaluación económica: T1: Un sistema silvopastoral (PS 625), con el pino radiata plantado en 625 árboles ha<sup>-1</sup>, con pradera establecida con trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*) y falaris (*Phalaris aquatica* cv *Sirosa* y cv *Steptanera*), fertilizado anualmente con N, P, K, con tasas de acuerdo con la evaluación anual del suelo, y pastoreada con las ovejas. El componente forestal se manejó con raleos y poda en tres ocasiones a una densidad esperada final de 200 árboles ha<sup>-1</sup> hasta una altura de 7 m libres de ramas; T2: Sistema silvopastoral (PM 625), con 625 árboles ha<sup>-1</sup>, con el mismo diseño y gestión de T1, con pradera natural (PN) fertilizada cada tres años con N, P, K, con tasas

Tabla 6. Producción pradera (kg MS ha<sup>-1</sup>) por tratamiento, temporada 2004-2005 a 2007-2008, Unidad Agroforestal San Gabriel, Región de Aysén, Chile (Sotomayor et al., 2008)

Tratamiento	Producción Pradera por Temporada (kg MS ha <sup>-1</sup> )			
	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
T2: Silv. Tradicional	1485,7 <sup>c*</sup>	6109,7 <sup>a</sup>	4153,2 <sup>b</sup>	4330,9 <sup>b</sup>
T3: Silv. en Fajas	2684,9 <sup>c</sup>	7181,6 <sup>a</sup>	6394,5 <sup>a</sup>	5359,7 <sup>a</sup>
T4: Ganadero Puro	2452,1 <sup>c</sup>	3832,0 <sup>b</sup>	3874,1 <sup>b</sup>	3513,6 <sup>b</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias significativas

## Area 2: Aspectos económicos y sociales de los sistemas silvopastoriles y agroforestales

Tabla 7. Evaluación económica de tratamientos silvopastorales, forestal y ganaderos, utilizando VPN (10%) y TIR, con bonificación y sin bonificación forestal, Provincia de Cardenal Caro, Región del Libertador Bernardo O'Higgins, Chile (Fuente: Sotomayor y Cabrera 2008)

TRATAMIENTOS	CON BONIFICACION		SIN BONIFICACION	
	VPN (10%)	TIR (%)	VPN (10%)	TIR (%)
T1 Silvopastoral PS-625	73,75	12,40	<b>-10,82</b>	9,70
T2 Silvopastoral PM-625	148,38	16,20	52,81	11,50
T3 Silvopastoral PN-625	141,94	16,16	44,33	11,28
T4 Testigo Forestal 1600	108,34	15,50	3,44	10,10
T5 Pradera sembrada	<b>-180,59</b>	<b>Indet</b>	<b>-188,73</b>	<b>Indet</b>
T6 Pradera mejorada	<b>-49,26</b>	<b>Indet</b>	<b>-57,55</b>	<b>Indet</b>
T7 Pradera natural	0,84	10,45	0,84	10,45

\*Indet: valor indeterminado debido a su alto valor negativo; PS: pradera sembrada; PM: pradera mejorada; PN: pradera natural; VPN: valor presente neto; TIR: tasa interna de retorno

de acuerdo a la evaluación anual de suelo y pastoreada con ovejas; T3: Sistema silvopastoral (PN 625), con 625 árboles ha<sup>-1</sup>, con el mismo diseño y gestión de T1, con pradera natural (PN) sin fertilización y pastoreada con ovejas; T4: Sistema Forestal (Forestal), que consiste en una plantación forestal establecida con 1600 árboles ha<sup>-1</sup>, con dos raleos y podas, para llegar a una densidad final de 500 árboles ha<sup>-1</sup>, y podado a una altura de 4,1 m, sin pastoreo; T5: sistema pastoril (PS), con misma pradera y gestión de T1, asociada con trigo en el primer año, fertilizado anualmente con N, P, K, con tasas de acuerdo con la evaluación anual del suelo, y pastoreada con ovejas; T6: sistema pastoril con ovejas (PM) con pradera mejorada al igual que T2; T7: sistema pastoril con pradera natural (PN), con manejo y gestión igual a T3.

La evaluación económica de los tratamientos comparados consideró todos los ingresos, forestales y animales, basado parcialmente en antecedentes de Rodríguez (1998) y Sotomayor y Cabrera (2006), y los incentivos que entrega el Gobierno

en base a bonificaciones a la forestación y a la recuperación de suelos, durante toda la rotación de los tratamientos. También toma en cuenta los costos de cada uno de los tratamientos evaluados (Tabla 7).

Los resultados que se exponen en el Tabla 7, indican que se obtienen los mejores resultados en aquellos tratamientos donde participa la componente forestal, de la especie *Pinus radiata*. Los mejores resultados en cuanto a Valor Presente Neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno (TIR) se encontraron en los dos tratamientos silvopastorales T2 y T3, y en el tratamiento forestal T4, sin diferencias significativas entre ellos. Por otro lado, los que obtuvieron la menor rentabilidad fueron los tratamientos ganaderos con ovinos, y en especial aquellos donde participa la componente pradera sembrada, lo cual es similar en el caso silvopastoral. Esto se debe al alto costo de la fertilización que una pradera sembrada con trébol subterráneo y falaris requiere para su desarrollo.

## Conclusiones Generales

Los pequeños productores agrícolas de Chile, perciben beneficios de los sistemas agroforestales, lo que ha llevado a establecer más de 1100 ha con estos sistemas siendo los preferidos, los sistemas silvopastorales y cortinas cortavientos, prefiriéndolos a una forestación tradicional con fines industriales.

Los principales beneficios que los productores indican son que mejoran los ingresos del grupo familiar, junto a la calidad de vida, aumenta la productividad de los predios, controlan la erosión y proveen de energía a sus hogares.

Por otro lado, existen inconvenientes para la implementación de éstos sistemas, indicándose como los principales, la escasa superficie para su implementación, falta de financiamiento, falta de información técnica y conocimiento, y falta de mano de obra.

Se valora la contribución de los sistemas agroforestales en aspectos ambientales, como el control de erosión, demostrándose el impacto de los sistemas silvopastorales en la protección de los

suelos, y en la reducción del viento en zonas donde el factor eólico es una causa importante de la erosión y de la disminución de la productividad de praderas y cultivos.

Los resultados entregados de evaluaciones económicas, arrojan interesantes resultados utilizando sistemas silvopastorales. Los mejores resultados se obtuvieron cuando participa la componente forestal, con *Pinus radiata*, es decir sistema silvopastoral y forestal, donde en sistemas silvopastoral con pradera natural manejada se obtuvo un TIR de 16,2 %, silvopastoral con pradera natural, TIR 16,0 %, y forestal puro, TIR 15,5 %. Por el contrario, en todos los sistemas ganaderos las rentabilidades fueron negativas.

Los resultados indican que los sistemas agroforestales son una real alternativa para los pequeños propietarios de suelos de secano, dado que son los sistemas mejor evaluados en cuanto a rentabilidad y, además, desde el punto de vista social y ambiental.



## Referencias

- Anderson G.W. (1977). Productivity of crops and pastures under trees. pp. 58-63. In: Integrating Agriculture and Forestry. Ed: by Howes K.M.W. and Rummey R.A. CSIRO., Australia.
- INFOR (2013). Informe final Programa Agroforestal Nacional (PAN), Instituto Forestal (INFOR), Concepcion, Chile.
- IREN (1979). Instituto de Recursos Naturales. Caracterización Climática. Perspectivas de Desarrollo de los Recursos de la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. Intendencia Región de Aysén, Coyhaique, Chile.
- Lee R. (1978). Forest Microclimatology. Columbia University Press, New York.
- Lewis C., Burton, C., Monson, W. and McCormick, W. 1983. Integration of pines, pastures and cattle in southern Georgia, USA. *Agrofor. Syst.* 1:277-297.
- Mead D. (2009). Biophysical interactions in silvopastoral systems: a New Zealand perspective. En: Actas del 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones Argentina. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. pp. 3-9.
- Murgeitio E. (2009). Aspectos relacionados con la sustentabilidad social y ambiental de los sistemas silvopastoriles en América tropical. En: Actas del 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones Argentina. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. Pp. 66-69.
- Nair P. K. R. (1987). Soil productivity under agroforestry. In: Agroforestry Realities, Possibilities and Potentials. Ed. by Gholz H.L., Martinus Nijhoff and Junk W. Dordrecht, The Netherlands.
- Percival N., Hawke M. and Andrew B. (1984b). Preliminary report on climate measurements under *Pinus radiata* plants in farmland. In: Bibrough GW (ed), Proceedings of a technical workshop of agroforestry. Ministry of Agriculture and Fisheries, Wellington. pp: 57-60
- Peri P., Lucas R. and Moot D. (2007). Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. *Agrofor. Syst.* 70: 63-79.
- Perret S. y Valdebenito G., 1999. Evaluación de pérdidas de suelo y escorrentía bajo diferentes esquemas productivos, en la provincia de Choapa, IV Región de Chile. En: Seminario Internacional Forestación y Silvicultura en Zonas Áridas y Semiáridas, La Serena Chile. Biblioteca INFOR, Santiago, Chile. p. 60-72.
- Rodriguez M. (1998). Evaluación Económica del Sistema Silvopastoral Pino/Oveja Presente en el Centro Experimental Forestal Tanumé CONAF, VI Región. Memoria Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Snaydon R.W. and Harris P.M. (1979). Interactions belowground: the use of nutrients and water. In: Proc. International Workshop on Intercropping. Ed. by Willey R.W. ICRISAT, Hyderabad, India. pp. 188-201.
- Solangaarachchi SM. y Harper JL. (1987). The effect of Canopy filtered Light on the growth of white clover, *Trifolium repens*. *Oecologia* 72: 372-376.
- Sotomayor A. (1989). Sistemas silvopastorales y su manejo. Documento técnico N° 42. Revista Chile Forestal, Diciembre 1989. CONAF. 8p.
- Sotomayor A. (2009). Sistemas silvopastorales, alternativa productiva para un desarrollo sustentable de la agricultura en Chile. En: Actas del 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones Argentina. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. pp.26-47.
- Sotomayor A. (2010). Sistemas silvopastorales, alternativa de producción integrada para un desarrollo sustentable de la agricultura en Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*, 16 (1): 19-51, 2010.
- Sotomayor A. y Cabrera, C., (2006). Análisis de un Sistema Silvopastoral con *Pinus radiata* D. Don, Asociado con Ganado Ovino en la Zona Mediterránea Costera Central de Chile. En: 3er Congreso de Ciencias Forestales, organizado por la Sociedad de Ciencias Forestales de Chile. Concepción, Chile.
- Sotomayor A., Moya I. y Teuber O. (2008). Uso de Sistemas Silvopastorales con *Pinus contorta* (Dougl. ex Loud.), una Realidad Económica para la Patagonia Chilena. En: 4to Congreso Chileno de Ciencias Forestales, Universidad de Talca, 1 al 3 de Octubre de 2008. Editores Dr. Mauricio Ponce Donoso, M.Sc. Marcia Vázquez Sandoval, Talca, Chile.
- Sotomayor A. Teuber O. y Moya I. (2009). Resultados y experiencia sobre manejo de sistemas silvopastorales en la región de Aysén. En: Sistemas Agroforestales para la región de Aysén: Cortinas Cortaviento y Silvopastoreo. pp: 165-199. Ed: Teuber O. Instituto de Investigaciones Agropecuarias e Instituto Forestal. Coyhaique, Chile.
- Sotomayor A., Lucero A., Grosse H., Bello A. y Soto H. (2009b). Análisis agroforestal de la pequeña propiedad agrícola en las regiones del Bío Bío y la Araucanía. *Ciencia e Investigación Forestal*, Vol. 15 N° 3, Diciembre 2009. Pág. 355-382.
- Sotomayor A. y Teuber O. (2011). Evaluación del efecto de los árboles manejados bajo ordenación silvopastoral en los parámetros climáticos del sitio, en relación a un manejo ganadero sin árboles. *Ciencia e Investigación Forestal* Vol 17 N° 1, abril 2011.
- Watson V.H., Pearson H.A., Knight W.E. and Hagedorn C. (1984). Cool season forages for use in pine forests. Pp.79-88. in: Agroforestry in the Southern United States, 33rd Annual Forestry Symposium. Ed. by Linnartz N. E. and Johnson M. K. Louisiana Agric. Exp. Sta., Baton Rouge, Louisiana.

# Sistemas silvopastoriles en el NO Patagónico

Caballé, G.<sup>1</sup>

## Resumen

La ganadería extensiva en las zonas de bosque nativo o de ecotono estepa-bosque, por efecto del escaso manejo de la carga animal, provoca pérdidas de cobertura vegetal, cambios en la abundancia de especies (disminución de las especies forrajeras) y ha incrementado la proporción de suelo desnudo, lo que favorece la erosión, con pérdidas de suelo y materia orgánica. El aprovechamiento maderero del bosque nativo, otra actividad productiva fundamental en el poblamiento de la cordillera patagónica, paulatinamente fue decayendo debido a la conformación de los Parques Nacionales, las crecientes presiones ambientales de la sociedad y la actividad turística. Esta circunstancia, sumada al crecimiento poblacional de las últimas décadas, provocó en la región un aumento en la demanda de madera y productos derivados. Frente a esta realidad, se comenzaron a promocionar desde el estado nacional y las provincias, plantaciones forestales con especies exóticas de rápido crecimiento buscando diversificar la producción regional. Pese a los esfuerzos nacionales y provinciales aplicados en la promoción de la actividad forestal durante cuatro décadas, los resultados obtenidos parecen magros. Sobre un total de 800 mil hectáreas de buena aptitud forestal, se cuenta en la actualidad con aproximadamente 82 mil hectáreas forestadas. Si bien se ha podido demostrar en más de una oportunidad que la actividad forestal es rentable y competitiva frente a la ganadería extensiva, se pudo alcanzar sólo un 10% del potencial de la región por lo que se está muy lejos del objetivo original. Las causas son diversas y complejas. Normalmente se asigna la responsabilidad a la cultura ganadera preponderante en la región. Sin embargo, parecen ser importantes también, la falta de un marco de políticas sostenidas, con fuertes altibajos en los sistemas de promoción, y los largos plazos productivos (35 años) propios de la actividad. En este marco, el desarrollo de sistemas silvopastoriles basado en plantaciones forestales instaladas sobre pastizales naturales del ecotono estepa-bosque, puede constituir un aporte relevante. En primera instancia, se compatibiliza la actividad ganadera tradicional con la forestal a nivel de predio. Simultáneamente, la diversificación productiva acorta los plazos de retorno de la inversión forestal al generar ingresos anuales por venta de productos de origen animal. El manejo a baja densidad de plantación, propio de estos sistemas, disminuye la probabilidad de colonización de insectos plaga, como *Sirex noctilio*, y genera mejores condiciones para la prevención de incendios. Adicionalmente, este mismo manejo de las plantaciones presenta claras ventajas ambientales respecto a las plantaciones densas con objetivo puramente maderero. En términos de diversidad biológica aumenta la riqueza y diversidad de flora y avifauna y respecto a la utilización de agua, un recurso de producción crítico en Patagonia, las plantaciones ralas consumen menos agua que las densas, presentando consumos similares a los sistemas naturales pero con mayores productividades.

**Palabras clave:** *Pinus ponderosa*, diversificación productiva

<sup>1</sup> Grupo de Ecología Forestal INTA EEA Bariloche, Modesta Victoria 4450 (8400), San Carlos de Bariloche, Río Negro e-mail: caballe.gonzalo@inta.gob.ar

# Árboles nativos dendroenergéticos: diálogo de saberes con campesinos

A Cruz León; M Uribe Gómez; A Lara Bueno<sup>1</sup>; C A Yescas Albarrán; R Maldonado Torres

## Resumen

Las comunidades campesinas de varias regiones rurales de México tienen la tradición del uso de la leña como combustible, lo cual ejerce presión sobre los árboles nativos. Mediante el diálogo participativo con amas de casa y leñadores, se estudiaron seis especies arbóreas con valor dendroenergético como criterio para diseñar tecnologías agroforestales. Las arbóreas son: tlahuítol [*Lysiloma divaricata* (Jacq) Willd], tepehuaje [*Lysiloma acapulcense* (Kunth) Benth], palo brasil (*Haematoxylum brasiletto* Karsten), palo dulce [*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg], tecolhuixtle (*Mimosa benthamii* J. F. Macbr.) y cubata blanca [*Acacia pennatula* (Sehltl y Cham) Benth]. Se determinó el contenido de materia seca, humedad, materia orgánica y cenizas; el índice de calor de combustión e índice de densidad de la madera, como indicadores de calidad de la leña. Tecolhuixtle fue la más afectada como madera para leña por sus características altamente deseables, aunque cubata blanca presentó también extracción intensa. Las especies preferidas por las amas de casa y leñadores fueron tlahuítol y tepehuaje.

**Palabras clave:** Madera para leña, saberes locales, agroforestería.

## Native trees fuelwood: dialogue of knowledge with farmers

## Abstract

The farming communities at Mexico have tradition in the use of firewood, which is strong pressure on the native deciduous trees. Through participatory dialogue and local knowledge of housewives and loggers, were selected 6 tree species with value fuelwood for the design of agroforestry technologies that promote the use and preservation. The trees are: tlahuítol [*Lysiloma divaricata* (Jacq) Willd], tepehuaje [*Lysiloma acapulcense* (Kunth) Benth], palo brasil (*Haematoxylum brasiletto* Karsten), palo dulce [*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg], tecolhuixtle (*Mimosa benthamii* J. F. Macbr.) and white cubata [*Acacia pennatula* (Sehltl and Cham) Benth]. In this studies was determined the contents of dry matter, moisture, organic matter, ash, and heat of combustion and wood density rates, indicators of the quality of the firewood. Tecolhuixtle was the most affected species as firewood due to its highly desirable characteristics, although cubata blanca also presented intense extraction. However, the species preferred by cooks at home and loggers are tlahuítol and tepehuaje.

**Key words:** Firewood, local knowledge, agroforestry.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. <sup>1</sup>Autor para correspondencia: alarab\_11@hotmail.com Tel: 595 952 1621

## Introducción

La extracción de especies arbóreas para leña, combustible aún esencial para las familias campesinas de varias regiones de México, constituye un indicador del subdesarrollo rural. En 2007, la extracción de leña en el país ascendió a 38 millones de metros cúbicos (CONAFOR, 2007). El uso de la leña para los fogones del hogar campesino implica una extracción sostenida del recurso forestal, lo cual genera problemas ecológicos que afecta la conservación de los recursos naturales. La dendroenergía es la energía producida mediante la combustión de la madera (leña, carbón, *pallets*, briquetas, etc.) que se corresponde con el poder calorífico neto del combustible (Guyat *et al.*, 2004). La extracción y uso de la leña impacta negativamente a la conservación de los recursos forestales, sea para autoconsumo o para la venta (Ortiz *et al.*, 2012).

La calidad de la leña es el conjunto de características que permiten diferenciar una especie arbórea de otra, aunque las dos propieda-

des principales para su uso como combustible son: a) contenido de humedad y valor energético. La humedad óptima de la leña es de 20%, y se tiene que a mayor humedad menor es el valor energético; otra relación importante es que, a mayor dureza de la madera corresponde un mayor valor energético (Otero *et al.*, 2004).

Entre las principales actividades económicas en los ejidos (una de las formas de propiedad de la tierra en México), además de la agricultura y la ganadería, se tiene a la recolección de resinas, frutos y plantas medicinales, producción de pulque y mezcal, y extracción de leña. La leña es utilizada en la cocción de alimentos para las familias campesinas y para la venta y obtención de ingresos complementarios. El objetivo del presente estudio fue identificar árboles nativos de uso dendroenergético para determinar la calidad de leña y su potencial para ser considerados en el establecimiento de tecnologías agroforestales que permitan su aprovechamiento y conservación.

## Materiales y métodos

El estudio fue realizado en la zona de amortiguamiento ecológico denominada Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, la cual se ubica al SE del estado de Morelos, entre las coordenadas 18° 33' 08" y 18° 37' 00" N y 98° 58' y 98° 55' W; a una altitud media de 1,216 msnm. Orográficamente, se ubica en el límite del Eje Neovolcánico, por ello, además de materiales ígneos, en algunas áreas se encuentran rocas metamórficas y sedimentarias; la vegetación presente corresponde a Selva Baja Caducifolia, y la pendiente oscila entre 13 y 23% en zonas pronunciadas y entre 5 y 8% en zonas planas (INEGI, 2005).

Con base en un cuestionario previo se realizaron entrevistas para

obtener el conocimiento local acerca de las especies utilizadas como leña. Se entrevistaron a leñadores y amas de casa para el registro y jerarquización de las especies arbóreas con valor dendroenergético. Para la determinación del índice de combustión e índice de densidad de madera se aplicó las metodologías descrita por Soto y Núñez (2008) y Kollman (1959), respectivamente, mientras que para la determinación de cenizas y humedad se usaron los procedimientos propuestos por Sosa (1979). El análisis estadístico se realizó mediante el procedimiento GLM de SAS (2002) y las pruebas de comparación de medias se realizaron mediante la prueba de Tukey con  $\alpha$  0.05 (Steel *et al.*, 1997).

## Resultados y discusión

En las comunidades de la Sierra de Huautla, la leña es un combustible necesario en los hogares de las familias campesinas, que se emplea en la preparación de alimentos y para temperar el agua usada en la higiene personal. El 40% de los hogares utiliza solo leña para cocinar, mientras que el restante 60% combina leña y "gas LP", lo que denota un proceso de transición al cambio de combustibles. Sin embargo, el uso de la leña continúa arraigado a la cultura doméstica y al gusto y preferencia de las amas de casa, debido al "mejor sabor" de los alimentos cocinados con leña.

La eficiencia en el uso de la leña es ya una preocupación en las comunidades campesinas, ya que el 50% de las familias han instalado fogones ahorradores de leña, los cuales consumen sólo la mitad de la leña que consumen los fogones tradicionales. La cantidad de leña que es utilizada por una familia es de dos a seis cargas al mes, dependiendo del número de miembros que la integran. Los resultados indican que el interés y la visión acerca de la calidad de la leña difieren entre los leñadores y las amas de casa. Los leñadores prefieren las especies leñosas fáciles de cortar, de rajado lineal y secado rápido, mientras que las mujeres que hacen la cocina prefiere la leña que proviene de madera que produce

poco humo, que sean de fuego lento pero constante. La leña de cubata blanca reúne estas características, además del tlahuítol. En la región, son los hombres quienes cortan y acarrear la leña que se usa en la cocina. La valoración del leñador sobre los mejores árboles dendroenergéticos considera aspectos como: la facilidad de corte y rajado, alto rendimiento, obtención de trozos derechos, tiempo de secado, todos ellos orientados a disminuir el tiempo y esfuerzo de corte. Así, las especies preferidas por los leñadores son: tlahuítol, palo brasil y tepehuaje, que por árboles de mayor tamaño tienen mayor rendimiento de leña por árbol. Cubata blanca es un árbol preferido por su facilidad de corte; es madera "blanda" y posee ramas y tallos derechos. El tiempo utilizado para cortar una carga de leña depende de la dureza del árbol y oscila de una a dos horas de trabajo; un leñador corta hasta dos cargas de leña por día seleccionando árboles de entre cinco y diez años de edad, para garantizar rendimiento y calidad de la leña. Las especies arbóreas que se usan para leña tienen además otros usos, como forraje, postes de madera, medicinal, cercas vivas y sombra (Tabla 1). Los resultados de este trabajo coinciden con los reportados por Maldonado (1997) en relación a las preferen-

cia de las familias campesinas respecto a las especies que se utilizan como leña; estas especies son tlahuítol, tepehuaje, tecolhuixtle, palo brasil y palo dulce. La Tabla 2 muestra los valores de calor de combustión, cenizas, humedad y densidad de la madera. En la Figura 1 se observa que tecolhuixtle y tepehuaje poseen mayor capacidad de combustión que las otras especies arbóreas seleccionadas ( $p<0.05$ ).

Estos resultados concuerdan con lo planteado por Drake *et al.* (2002) quienes mencionan que la leña de buena calidad, libre de agua, debe tener un poder calorífico de al menos 4,400 cal g<sup>-1</sup>. Sosa (1979) establece que a menor cantidad de cenizas mayor es la cantidad de materia orgánica y mayor el calor de combustión, ya que la materia orgánica es responsable de la magnitud de calor de combustión (Bravo, 1989). El calor de combustión y cenizas del tepehuaje y tlahuítol coinciden con este principio, justificando la preferencia de ambas especies

por las amas de casa y leñadores, por baja emisión de humo y alta calidad del calor. De acuerdo con los datos obtenidos (Figura 1), la madera de palo brasil y palo dulce tienen mayor densidad ( $p<0.05$ ). Estos resultados concuerdan con el conocimiento local, ya que las especies de mayor a menor dureza fueron: palo brasil, tlahuítol, palo dulce, tecolhuixtle, tepehuaje y cubata blanca. Asimismo, tepehuaje y tlahuítol mostraron menor contenido de humedad que las demás especies arbóreas ( $p<0.05$ ); asimismo, ambas especies poseen características de mayor producción de calor de combustión, lo cual explica la preferencia por las amas de casa. Sin embargo, aunque la mayor densidad de la madera se asocia con mayor calor de combustión (Otero *et al.* 2004; Bruzos, 2009), en la Sierra de Huautla, a mayor densidad de la madera no corresponde con mayor calor de combustión en las especies seleccionadas.

Tabla 1. Otros usos de las especies dendroenergéticas en la Sierra de Huautla, México.

Nombre común	Forrajero	Cerca viva	Postes	Medicinal	Sombra	Maderable
Palo brasil		X		X		
Tepehuaje	X	X	X		X	
Cubata blanca	X	X			X	
Palo dulce	X	X	X	X		X
Tecolhuixtle		X	X		X	
Cuahulote	X	X		X	X	
Tlahuítol	X					

Tabla 2. Composición química, calor de combustión y densidad de la madera de las especies dendroenergéticas en la Sierra de Huautla, México.

Especie	Materia seca, %	Materia orgánica, %	Cenizas, %	Calor de combustión (cal/g)	Densidad g/100 cm <sup>3</sup>
Cubata blanca	89.95 <sup>c</sup>	82.53 <sup>d</sup>	7.47 <sup>a</sup>	3894.5 <sup>c</sup>	0.66 <sup>c</sup>
Palo brasil	92.06 <sup>c</sup>	86.61 <sup>b</sup>	3.39 <sup>c</sup>	4182.5 <sup>b</sup>	0.81 <sup>a</sup>
Tlahuítol	93.04 <sup>b</sup>	88.14 <sup>a</sup>	1.86 <sup>d</sup>	4215.5 <sup>b</sup>	0.73 <sup>b</sup>
Tepehuaje	93.65 <sup>a</sup>	87.69 <sup>a</sup>	2.31 <sup>d</sup>	4429.0 <sup>a</sup>	0.58 <sup>d</sup>
Tecolhuixtle	0.65 <sup>c</sup>	86.60 <sup>b</sup>	3.40 <sup>c</sup>	4490.0 <sup>a</sup>	

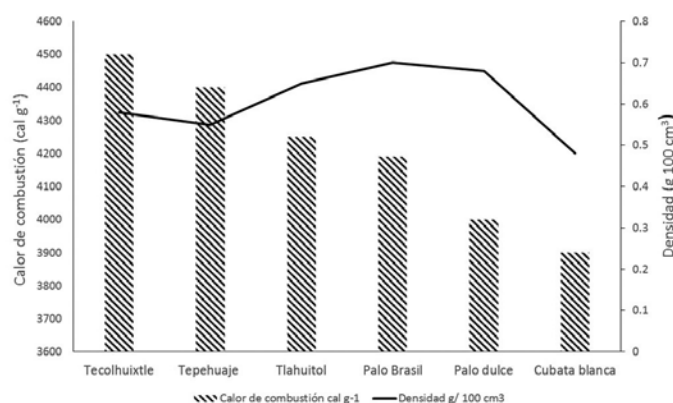


Figura 1. Calor de combustión y densidad de la madera de especies arbóreas dendroenergéticas de la Sierra de Huautla, México.

## Conclusiones

Aunque existe un proceso gradual de sustitución del uso de leña por combustible fósil; las familias campesinas prefieren cocinar con leña. De acuerdo con las preferencias de las amas de casa y leñadores, las especies arbóreas de mayor calidad dendroenergética son: tepehuaje, tlahuitol, tecolhuixtle, palo brasil, palo dulce y cubata blanca. El uso de la especies dendroenergéticas no depende solo del calor de combustión, humedad, relación cenizas:materia orgánica y densidad, sino también de factores culturales como el sabor que adquieren los alimentos cocinados con tal o cual tipo de leña. Las especies seleccionadas deben considerarse en los programas de desarrollo rural que incluyan tecnologías agroforestales.

## Bibliografía

- Bravo, G. L. R., (1989). Proceso de degradación térmica de la madera: revisión y potencial futuro. En: Primera Reunión Nacional sobre Dendroenergía. Resúmenes de ponencias. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, pp. 348-362.
- Bruzos, T., (2009). Propiedades físicas de la madera. Maderas: Ciencia y tecnología. Universidad del Bio Bio, Chile. 11(1): 3-18.
- CONAFOR, (2007). Programa Nacional de Dendroenergía Forestal 2007-2012. 12 p. [http://www.cleancookstoves.org/resources\\_files/programa-nacional-de](http://www.cleancookstoves.org/resources_files/programa-nacional-de)
- Drake, F., Von, B. D., Hellwig, M., y Mellado, A., 2002. Cadena de consumo de leña. Departamento de Análisis Instrumental. Universidad de Concepción, Colombia. 109 p. [http://www.sinia.cl/1292/articles-28474\\_recurso\\_1](http://www.sinia.cl/1292/articles-28474_recurso_1)
- Guyat, M. A., Mercadet, A., y Padrón, R., (2004). La dendroenergía: consideraciones generales. *Revista Forestal Baracoa*, 23: 129-136. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CU2010800111>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2005. Carta de uso actual del suelo y vegetación. Serie III. México.
- Kollman, F., (1959). Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Tomo I. Ministerio de Agricultura. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicios de la Madera. Madrid, España, pp. 359-447.
- Maldonado, B. J., (1997). Aprovechamiento de los recursos florísticos de la Sierra de Huautla, Morelos, México. Tesis de Maestría. UNAM, México.
- Ortiz, P. R., Fuentes, F. N. A., y Leyva, C. O., (2012). Extracción y uso de la leña en Yucatán, México: un enfoque de simulación dinámica. *Quantitativa Revista de Economía*. 2(1): 39-65. <http://quantitativa.uco1.mx/index.php/Quantitativa/issue/view/5>
- Otero, D. L., Lobos B. M., Vera, S. A., y Kausel, K. T., (2004). Estudio generación de antecedentes para la implementación de un sistema nacional de certificación de leña. CONAMA Región de La Araucanía. Temuco, Chile. 91 p. [http://www.sinia.cl/1292/articles-46038\\_recurso\\_1](http://www.sinia.cl/1292/articles-46038_recurso_1)
- SAS, (2002). SAS User's Guide: Statistics (Release 8.02). SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA.
- Sosa M., E., (1979). *Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 115 p.
- Soto, G. y M. Núñez., (2008). Fabricación de pellets de carbonilla, usando aserrín de *Pinus radiata*. *Maderas: Ciencia y Tecnología*. 10(2), 129-137.
- Steel G., D.R., J.H. Torrie, and D.A. Dickey., (1997). *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach*. The McGraw-Hill Co. Inc, 637 p.

# Sistemas silvopastoriles en Uruguay; un sistema productivo que no se adopta con solo promocionarlo

R. J. Scoz<sup>1</sup>

## Resumen

Uruguay se caracteriza por ser un país agropecuario con una fuerte tradición ganadera. En su geografía predominan pasturas del bioma pampa sobre penillanuras onduladas que en una combinación de tradición y ambiente, hace que el país contabilice casi 20 millones de cabezas de ganado sobre casi 13 millones de hectáreas de uso.

Desde inicios de los años 90 a causa de la ley 15.939 que declara de interés nacional los recursos forestales e incentiva el desarrollo de la economía forestal, se produjo un significativo aumento de la superficie plantada con especies de rápido crecimiento. Hoy esta superficie constituye un millón de hectáreas representando el género *Eucalyptus* poco más del 70%.

Si bien la agricultura es parte del uso del suelo agrícola, incluso desde lo histórico, este rubro experimentó en los últimos años cambios importantes debido al cultivo de la soja, del trigo y del sorgo sumando a la fecha un área global de casi dos millones de hectáreas.

Gran parte de la actividad ganadera y la actividad forestal se encuentran en regiones comunes del territorio uruguayo (praderas arenosas), como lo son por ejemplo el norte y el sureste con suelos profundos y bien drenados procedentes de material geológico de areniscas. Es en estas zonas donde existe un primer avance de la actividad silvopastoril principalmente en la modalidad de pastoreo de montes. La irregularidad del terreno limita a un 60 a 70% la ocupación del suelo de un predio para ser forestado, lo que deja un espacio atractivo para aportar a la producción ganadera tanto por parte del productor ganadero como por parte del productor forestal. Este último con una oportunidad en el incremento de los ingresos de la mano de la revaloración del recurso pasto.

Es en definitiva la forestación la que abre el camino a combinar su rubro con la ganadería para luego generar la inquietud por parte del productor agropecuario a incorporar la forestación en sus predios. En la primera situación se llega a casos de un aumento y mejora del espacio suelo a favor de la pastura y en la segunda situación, más allá de tener montes convencionales, se identifican los primeros casos con arreglos espaciales novedosos para el entorno rural.

Las definiciones de sistemas silvopastoriles o agroforestales son variadas a la vez que coinciden en sus aspectos más simples. Por un lado sus componentes (animal, pastoril, forestal, agrícola) y por otro lado la maximización en el aprovechamiento del sitio (suelo, radiación solar, agua, topografía). No amerita discutir más sobre esto, pero si es clave tenerlo siempre en cuenta como una malla por la cual hacer pasar los distintos contextos productivos en pos de identificar oportunidades viables desde lo biológico-productivo primero, para luego buscar argumentos de viabilidad económica incluidos mecanismos de incentivo. Es así que hoy en Uruguay desde distintos entornos técnico-científicos se trabaja en dos líneas: a) el estudio de iniciativas innovadoras de productores que básicamente incorporan la forestación dentro de sus realidades y riesgos empresariales; b) el estudio de nuevos diseños o arreglos prediales para aproximar una evaluación de viabilidad económica y formular las investigaciones que cubran huecos de conocimiento específicos a éstos.

La visión de INIA en la materia no cula por una receta, sino por un método que alimente la oferta tecnológica, que nutra de argumentos a políticas públicas determinadas y que capitalice experiencias prácticas.

**Palabras claves:** actividad ganadera, recursos forestales, maximización del aprovechamiento

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Regional Tacuarembó. Ruta 5 km 386. Tacuarembó, Uruguay

# Análisis de los beneficios de la adopción de sistemas silvopastoriles en la producción de carne y leche en Colombia (Estudios de caso)

Ernesto Reyes Montoya \*

## Introducción

El mundo se enfrenta a grandes desafíos en términos de producción ganadera sostenible debido a la creciente demanda de carne y leche proyectada para las próximas décadas. Las repuestas en producción a esta creciente demanda, deberán ajustarse a una gran responsabilidad ambiental para garantizar aspectos esenciales de la sostenibilidad. Este estudio de caso analiza la opción de los sistemas silvopastoriles como una de las posibilidades para mejorar sustancialmente la eficiencia en el uso de los recursos naturales, teniendo en cuenta aspectos fundamentales de la sostenibilidad medio ambiental. La ganadería en Colombia se ha basado tradicionalmente en los sistemas extensivos de producción de carne y leche, con cargas ganaderas muy bajas. Si bien estos sistemas aportan de forma limitada algunos beneficios productivos y económicos, en general, proporcionan bajos rendimientos, hace un uso extractivo de los recursos y presentan un alto riesgo ante los cada vez más comunes y más severos extremos estacionales (sequías e inundaciones).

Por el contrario, los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) tienen un mayor potencial de producción al ofrecer mayores rendimientos productivos a través de una mayor cantidad de forraje con cualidades nutricionales ostensiblemente mayores (niveles de proteína y energía). En términos generales, la calidad y cantidad de la fuente de alimentación suministrada in situ es mayor. De la misma forma, la densidad de las raíces de los arbustos plantados, y el material biodegradable producido aumentan la calidad del suelo, y la retención de agua y carbono. En resumen, los SSPi tiene el potencial de alcanzar altos niveles de producción a partir de fuentes locales de ali-

mentación, mediante el pastoreo de gramíneas y arbustos forrajeros, integrando de manera positiva las diferentes facetas de la sostenibilidad.

El objetivo del presente estudio es ilustrar las diferentes potencialidades de los SSPi mediante una evaluación integrada, teniendo en cuenta aspectos productivos, económicos, medioambientales, y de bienestar animal. Igualmente tiene como objeto el desarrollar metodológicamente la evaluación de algunos aspectos clave de los SSPi como son la producción integrada de 3 estratos en la misma área, y las inversiones requeridas de los mismos.

Este trabajo ha sido desarrollado mediante un proyecto de colaboración institucional entre la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN-FNG); el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de producción agropecuaria (Fundación CIPAV); La Red global de evaluación de Sistemas de Producción *agri benchmark* del Instituto Thünen en Alemania, y World Animal Protection.

Las fincas evaluadas en este estudio han sido pioneras en Colombia en el establecimiento de SSPi con el apoyo técnico y científico de CIPAV. El conocimiento desarrollado en estas fincas ha sido utilizado como plataforma por el Proyecto de Ganadería Colombiana Sostenible coordinado por FEDEGAN-FNG en colaboración con el instituto de investigación CIPAV, The Nature Conservancy y el Fondo Acción. El proyecto es administrado por el Banco Mundial, con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial y el Departamento de Energía y Cambio Climático del Reino Unido (DECC).

## La adopción de los SSPi: un proceso gradual

Para implementar el análisis productivo, económico y de emisiones, se utilizaron las herramientas, métodos y conocimiento de la Red global de Evaluación de Sistemas de Producción Ganaderos *agri benchmark* (*Beef and Sheep*).

Para cada una de las explotaciones, primero se definió un escenario de referencia o escenario base (línea de base), antes de la adopción de los SSPi. Posteriormente, y con la asistencia de expertos, asesores técnicos e investigadores, se detallaron los aspectos productivos y económicos para establecer y desarrollar los SSPi y sus implicaciones en la productividad, la gestión y la economía. Este proceso de adopción e implantación se desarrolló paso a paso durante un periodo aproxi-

mado de entre 5 y 10 años. Se utilizó como fuente primaria de información datos reales de las explotaciones. Los precios de los insumos y productos, al igual que la inversión durante todo el periodo de análisis, se calcularon a precios del 2013 para aislar el efecto de la implantación del programa de SSPi. El establecimiento de los SSPi contempla inversiones en líneas de transporte de agua, cercas eléctricas, la siembra de las gramíneas y arbustivas y el caso de la explotación de engorde, siembra de árboles de eucalipto. La Tabla 1 muestra los costos de inversión y mantenimiento por hectárea para cada una de las fincas analizadas.

\* Agribenchmark. Director de Sistemas de Producción Ganaderos. ernesto.reyes@telefonica.net



Tabla 1. Costos de inversión y mantenimiento de programas de SSPi

SPSi: Costos de inversión y mantenimiento por ha (US \$/ha)			
	La Luisa	Petequi	Hatico
Sistema de producción	Carne	Leche+cría	Leche
Acueducto y cercas	648	648	492
Siembra*	1.713	2.343	2.385
Asesoría técnica	108	108	108
Mantenimiento	224	89	93
<b>Total</b>	<b>2.692</b>	<b>3.187</b>	<b>3.079</b>

\* incl. Prepar. de suelos, fertilización, protección de las plantas e irrigación (Petequi/Hatico)

## Resultados preliminares: más disponibilidad de alimento y mayor capacidad de carga

Los mayores beneficios de los SSPi sobre la productividad se podrían resumir de la siguiente manera:

- Mayor oferta nutricional en cantidad y calidad (digestibilidad y contenido de nutrientes)
- Mayores rendimientos en leche por vaca, mayores ganancias diarias en la producción de carne, disminuyendo el periodo de engorde e incrementando el número de animales cebados.
- Mayor capacidad de carga y por lo consiguiente aumento en la eficiencia del recurso tierra.

Los resultados de este estudio indicaron que:

- Los SSPi son más productivos y rentables que los sistemas tradicionales. El éxito de su implantación está basado en una buena gestión de los programas, una muy especializada asesoría técnica y acceso a capital. Estos factores juegan en el largo plazo, un papel determinante a la hora de potenciar la adopción de dichos sistemas.
- Los SSPi pueden lograr altas producciones sin menoscabar el bienestar animal.

- Los SSPi propician claramente una mayor producción sostenible con posibles beneficios de mitigación del clima.

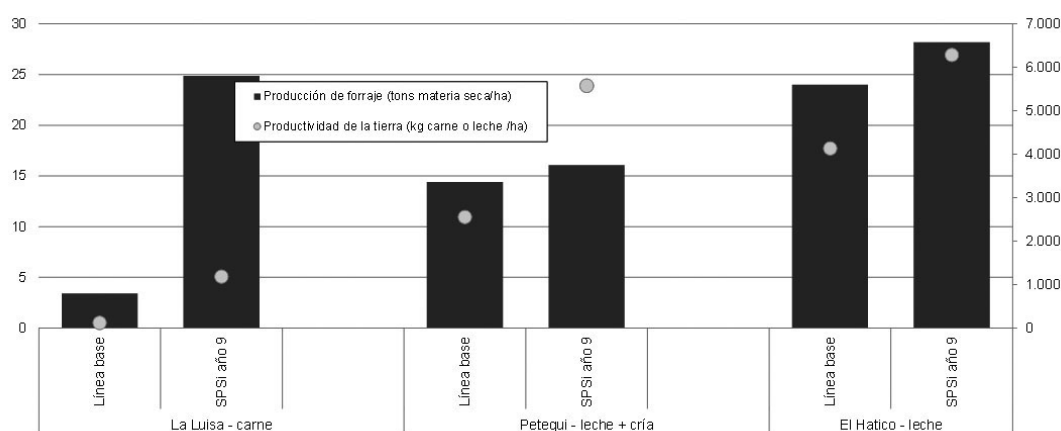
La Figura 1 ilustra aumentos significativos en la productividad del factor tierra. Cabe señalar que los escenarios de partida (o escenarios base) de las explotaciones tenían diferentes niveles de gestión y productividad antes de adoptar los SSPi. Por ejemplo, La Luisa (carne) presentaba una marcada menor productividad al comienzo del proceso, mientras que las otras dos explotaciones partieron de mejores niveles de gestión y productividad.

La figura 2 muestra el impacto de los SSPi en los ingresos, costos y margen de ganancia.

En este estudio de caso queda demostrado que:

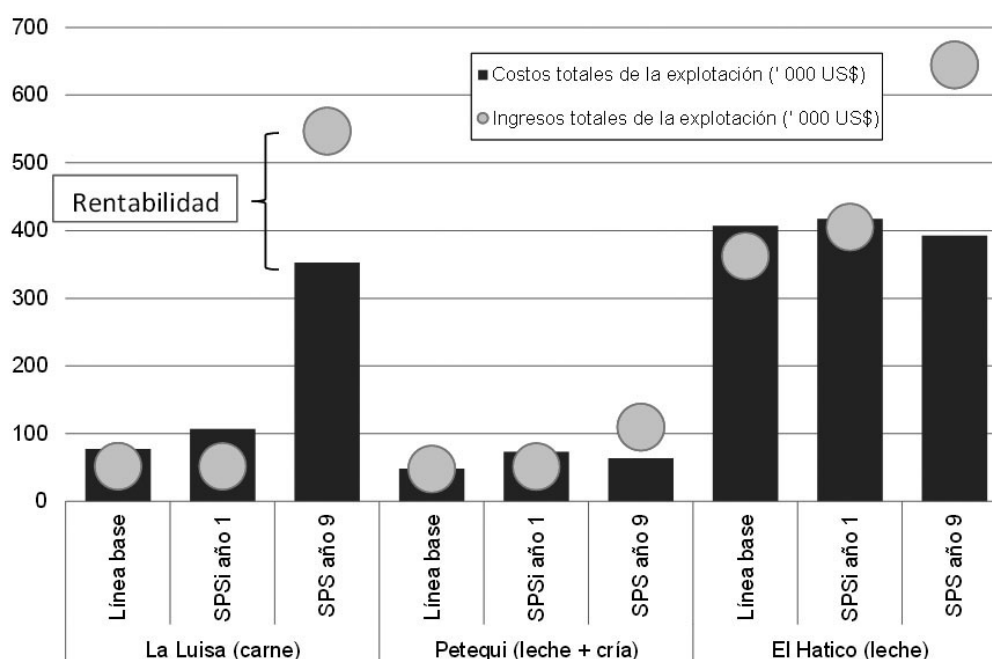
- Las explotaciones pueden mejorar significativamente su margen de ganancia
- El primer año de establecimiento se caracteriza por una inversión alta y por lo consiguiente un margen de ganancia reducido.

Figura 1. Rendimientos productivos de los SSPi



(Línea base vs. SSPi en el año 9 de implantación)

**Figura 2.** Ingresos, costos y rentabilidad de los SPSi  
(Línea base vs. SSPi en el año 9 de implantación)



## La integración del bienestar animal (BA) en la producción ganadera sostenible

El bienestar animal se define como el estado de un animal en su intento para enfrentar a su entorno (OIE, 2004). Se puede medir tanto en términos del potencial de una explotación para ofrecer un buen bienestar a través de los recursos previstos: *- como alimento de calidad, atención veterinaria, el permitir comportamientos importantes de su especie y reducir el estrés*, como también mediante la medición del bienestar para el animal.

El consenso internacional entre los científicos, la industria y los organismos intergubernamentales (como la Organización Mundial de Sanidad Animal - OIE), define que el BA incluye tanto la salud del animal, como la conducta de bienestar del mismo. Otros enfoques se concentran en los factores que proporcionan dicho bienestar: buena alimentación, buena salud, buena acomodación, y permitir una conducta apropiada (ver [welfarequality.net](http://welfarequality.net)).

Técnicos y expertos de World Animal Protection, agri benchmark, FEDEGAN y CIPAV, trabajaron conjuntamente con el profesor Donald Broom, de la Universidad de Cambridge, para medir el BA asociado a las explotaciones del presente estudio de caso. Dicha evaluación realizó mediciones directas sobre la disponibilidad de alimentación y acceso al agua, comportamiento de la especie, estrés térmico, condición corporal y presencia de parásitos externos. Los SSPi demostraron tener un alto potencial para un buen BA.

- El diseño de las explotaciones proporciona un excelente fo-

rraje para satisfacer las necesidades nutritivas de los animales.

- Los animales tienen acceso libremente a las fuentes de agua y la distribución de los árboles y arbustos proporcionan sombra, factor determinante para evitar el estrés calórico.

- De la misma forma, los animales tuvieron en todo momento libertad de movimiento y pudieron exhibir comportamientos naturales. Dicho comportamiento incluía el pastoreo, caminar, acostarse, rumiar, y mostrar interacciones positivas con otros animales.

- Los animales podían seleccionar libremente donde estar y no estaban sujetos a restricciones de movimiento por superpoblación.

- Los animales se mostraron alertas, receptivos sin presentar signos o señales de temor.

La condición corporal buena, entre 3 y 4 puntos en una escala de cinco puntos (promedio 3,5).

Todas las anteriores medidas se realizaron en época de verano con altas temperaturas y sequía estacional. Igualmente se realizaron algunas comparaciones con algunos casos control en explotaciones de la región, mostrando diferencias significativas. La condición corporal fue superior en las explotaciones con SPSi, en comparación con el control (3,5 frente a 2,5). Igualmente dichas explotaciones control presentaron algunos signos de temor frente a la presencia de humanos y con muchas menos oportunidades para los animales de cambiar su entorno (de sol a sombra, comodidad, etc.).

## En síntesis

Los sistemas silvopastoriles intensivos demuestran que pueden generar ganancias en el amplio sentido de la sostenibilidad.

Los estudios de casos proporcionaron pruebas claras de la capacidad de dichos sistemas para ofrecer soluciones para una producción ganadera sostenible: mayores productividades, mayores márgenes de ganancia, mejoras ambientales y los beneficios de bienestar animal.

La adopción e implantación de los SSPi se ha visto limitada por el nivel de las inversiones necesarias, el acceso limitado al capital para los pequeños productores y el riesgo de inversión percibido. Dichos sistemas requieren igualmente una gran ca-

pacidad de gestión y servicios de asesoramiento técnico como un componente clave para la implantación exitosa.

En estos puntos es donde es esencial focalizar los mecanismos de diseño de políticas, y programas de cooperación técnica (donantes, gobiernos nacionales y locales).

Hacia el futuro se requiere profundizar este tipo de estudios donde claramente se analicen las necesidades de capital, y sus flujos de caja asociados, los riesgos involucrados y las necesidades por parte de los productores para una exitosa adopción de dichos modelos (vías de implementación). Los resultados muestran claramente los beneficios asociados en todas las posibles facetas de las

## Referencias y vínculos útiles

- Broom, D.M., Galindo, F.A., Murgueitio, E. 2013. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proc. R. Soc. B.* 280:
- Calle Z., Murgueitio E., Chará J. 2012. Integrating forestry, sustainable cattle-ranching and landscape restoration. *Unasylva* 63: 31-40.
- Deblitz, Claus [Ed.] (2013) Beef and sheep report 2013 : understanding agriculture worldwide. Braunschweig: Thünen Institute, 150 p.
- Deblitz, Claus (2010). AARES 54th Annual Conference 2010 : agri benchmark. Braunschweig: agri benchmark ; vTI, 20 Seiten, englisch
- Giraldo C., Escobar F., Chará J., Calle Z. 2011. The adoption of silvopastoral systems promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. *Insect Conservation and Diversity*: 4:115-122.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management* 261: 1654–1663.
- Rivera L., Armbrrecht, I., Calle, Z. 2013. Silvopastoral systems and ant diversity conservation in a cattle dominated landscape of the Colombian andes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 181: 188-194.
- World Organisation for Animal Health (OIE): Guiding Principles on Animal Welfare. <http://www.oie.int/en/animal-welfare/animal-welfare-key-themes/>

## Principales colaboradores en este estudio de caso

### FEDEGAN-FNG

**Federación Colombiana de Ganaderos y Fondo Nacional del Ganado.** Asociación ganadera colombiana sin ánimo de lucro, fundada en 1963. Representa los comités ganaderos regionales y otras entidades del sector, trabajando conjuntamente para el desarrollo sectorial.

### CIPAV

La **Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria - CIPAV** es una organización no gubernamental con más de 30 años de experiencia en la investigación, capacitación y divulgación destinada a construir sistemas sostenibles de producción agropecuaria. Lidera los sistemas silvopastoriles intensivos.

### agri benchmark Beef and Sheep Network/ Thünen

La Red global **agri benchmark - Beef and Sheep** - es un programa del Instituto Federal de Investigaciones agropecuarias de Alemania (Thünen Institute). Red independiente, sin ánimo de lucro que estudia, analiza y compara los sistemas de producción a nivel mundial, su economía y las principales perspectivas sectoriales.

### World Animal Protection

Es una ONG de carácter global, sin ánimo de lucro con más de 30 años luchando por el bienestar de los animales. Desarrolla programas a nivel mundial en más de 50 países, moviendo personas, comunidades, empresas, gobiernos, universidades, organizaciones intergubernamentales y locales, en campañas de alto impacto para el bienestar y la protección de los animales alrededor del mundo.

# Estrategia de comunicación para el Grupo Agroforestal de INTA Reconquista

*L.Margherit; C.G.Castro; M.C.Capozzolo \**

## Resumen

La inclusión del componente de comunicación en el trabajo sobre sistemas agroforestales del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Reconquista, Santa Fe, Argentina es el punto de partida de la investigación enactiva<sup>1</sup>.

Su propósito es investigar la dimensión comunicacional de la problemática agroforestal en el norte de Santa Fe desde la perspectiva de la Comunicación Estratégica, como un aporte al diseño y la implementación de la estrategia comunicacional del grupo. Su objetivo es la concertación de acciones para el desarrollo sostenible. Se presenta el desarrollo de la primera etapa. Las herramientas metodológicas desplegadas que permitieron abordar la multidimensionalidad de la situación y avanzar en diseño de acciones que posibiliten los cambios.

**Palabras Clave:** *Comunicación Estratégica, investigación enactiva, encuentro sociocultural, bosques nativos.*

## Communication strategy for the Agroforestry Group of INTA Reconquista

## Abstract

The starting point of the enactive research proposed in this work, has been the need to include a communication component at the Agroforestry Group of the National Institute of Agriculture and Livestock Technology, INTA, Reconquista (Santa Fe, Argentina). The aim of this work is to study the communicating dimension of the agroforestry issue in the North of Santa Fe, from a Strategic Communication point of view, as a contribution to the design and implementation of the communicating strategy of the group. The goal is to carry out some actions for the sustainable development. The progress of the first stage is presented here. The deployed methodological tools that allowed us to approach the multidimensional aspects of the issue, and to make progress in the design of certain actions that make changes possible.

**Keywords:** *Strategic Communication, enactive research, socio-cultural encounter, native forests*

<?> La Investigación enactiva, implica entender el mundo no como algo entregado previamente sino en permanente emergencia, a partir de los encuentros. El conocimiento es lo que hace emerger 'mundos' con la investigación, en una espiral sin límites precisables mientras el sistema se mantenga 'vivo' o 'activo' (Massoni, 2012). Para Francisco Varela, de quien se toma la noción de enacción "la cognición no es la representación de un mundo pre- dado por una mente pre- dada sino más bien la puesta en obra de un mundo y una mente a partir de una historia de la variedad de acciones que un ser realiza en el mundo" (Varela F. , 2000).

\* INTA Reconquista, Ludueña 765, Reconquista, Sta Fe, margherit.luciana@inta.gob.ar

## Introducción y antecedentes

El contexto en el que se desenvuelve la investigación es INTA Reconquista, una institución dedicada al desarrollo de innovaciones tecnológicas para el sector agropecuario. Los primeros trabajos en la organización destinados a la caracterización de ambientes con bosques nativos y al desarrollo de tecnologías pastoriles que intentan dar respuestas a las demandas sobre manejo ganadero, datan de la década del 80'. Estas experiencias se caracterizan por intentar dar respuestas a demandas técnicas puntuales, sin contemplar la problemática global sobre el bosque nativo y los sistemas silvopastoriles en el norte de Santa Fe. Sin embargo, desde el año 2012 tanto las investigaciones como las actividades de extensión rural cobraron un nuevo impulso: un conjunto de profesionales de diferentes áreas (extensión rural, investigación en ganadería, agricultura y economía) confluyeron para trabajar en torno a lo agroforestal en la región. Así, se impulsó un espacio en el que se prioriza el intercambio entre disciplinas desde donde sea posible delinear soluciones innovadoras. Sus principales líneas se centran en recuperar investigaciones y experiencias de extensión de manejo silvopastoril previas. En el fortalecimiento de las capacidades de gestión y organización en sistemas productivos con bosque nativo; la promoción y evaluación de tecnologías agroforestales desarrolladas en dichos sistemas y el estudio de prácticas sustentables que se podrían aplicar en los mismos.

En este marco, el componente de comunicación busca promover un espacio de conversación para generar acciones estratégicas que contemplen la diversidad que habita el grupo. Diversidad de ambientes, escalas productivas, culturales, económicas y de disciplinas, entre otras.

La situación - problema que aborda esta investigación enactiva fue consensuada por los técnicos que integran el grupo de trabajo en sistemas agroforestales de INTA Reconquista como: *"Desde INTA no tenemos una mirada compartida del bosque por lo que generamos acciones dispersas y segmentadas"*<sup>2</sup>.

El objetivo general de la investigación es diseñar la estrategia de comunicación del grupo, desde el enfoque de la Comunicación Estratégica<sup>3</sup>. Metodológicamente esta perspectiva cuenta con herramientas específicas: matrices socioculturales, mediaciones y marcas de racionalidad comunicacional que en diferentes niveles nos permiten la indagación y la operación en la trama de relaciones vinculadas a la problemática. Así, el principal aporte que se pretende desde la comunicación es el de propiciar un espacio estratégico de intervención en las dinámicas socioculturales.

La situación - problema se aborda como fenómeno multidimensional. Y la comunicación es entendida como "la dimensión en donde las transformaciones suceden" (Massoni S., 2007, pág. 36).

## Materiales y métodos

Los pasos que acompañan el diseño de la estrategia de comunicación<sup>4</sup> del Grupo Agroforestal se proponen como una guía flexible que contemplan:

- La definición de la *Versión Técnica Comunicacional (VTC)* de la situación abordada, como punto de partida del despliegue. Se estructura a partir del reconocimiento de distintos *componentes* vinculados al *problema*- entendido como aquello que está obstaculizando la transformación deseada- y sus *niveles*: *causas básicas*; *causas próximas*; *síntomas* y *consecuencias*.
- El reconocimiento y jerarquización de los *actores* vinculados a cada componente del problema comunicacional.
- La caracterización de *Matrices socioculturales* en torno al problema. Con ellas se busca captar las lógicas comunes a grupos y sectores y su vinculación con el problema. Se caracterizan en función de los intereses, necesidades, expectativas y saberes de cada grupo. (Massoni, 2013)
- Árbol de soluciones. Se orienta a promover procesos comunicacionales desde diferentes dimensiones de la comunica-

ción. En esta investigación trabajamos con cuatro dimensiones del fenómeno comunicacional: *informativa*, *interaccional*, *ideológica* y *del encuentro sociocultural*. Y se especifican acciones en las que se vinculan componentes, matrices y los procesos comunicacionales que se quiere propiciar. *Información*, *sensibilización*, *participación* y *encuentro sociocultural*, son los que se corresponden con las dimensiones propuestas (Massoni, 2003).

Se realizaron cuatro encuentros<sup>5</sup> en gabinete técnico de los que participaron los integrantes del grupo. En los mismos se fue desplegando consecutivamente la metodología mediante dinámicas de taller. El programa de los mismos estuvo a cargo de uno de los técnicos del grupo en conjunto con la comunicadora. Como producto de cada encuentro se realizaron los informes de avance. Entre talleres se realizaron reuniones con un grupo más reducido de participantes, con el fin de revisar, realizar ajustes al trabajo realizado en los encuentros y sistematizar la información para elaborar los informes.

<sup>2</sup> Esta definición es parte del taller que se realizó el 5 de junio de 2014, en INTA Reconquista.

<sup>3</sup> Para más información sobre se puede visitar: [www.escueladecomunicacionestrategica.org](http://www.escueladecomunicacionestrategica.org)

<sup>4</sup> En numerosos textos de la Dra. Sandra Massoni se desarrollan estos pasos. Como referencia proponemos recurrir a Estrategias. Los desafíos de la comunicación en un mundo fluido. Ed. Homo Sapiens. Rosario 2007 y 3 Movimientos y 7 pasos para Comunicar Estratégicamente.

<sup>5</sup> Los encuentros se realizaron el 5 de junio, el 12 de agosto, el 15 de diciembre de 2014 y el 10 de marzo de 2015 en INTA Reconquista. En diferentes instancias participaron técnicos pertenecientes a diferentes áreas de INTA: Ing. Ana Deambrosi; Ing. Hernán Pietronave; Ing. Marcelo Paytas; Méd. Vet. Marcela Menichelli; Méd. Vet. Claudio Martínez; Méd. Vet. Orlando Hug; Ing. Fernando Brandalise; Ing. Gabriel Lacelli; Méd. Vet. Eugenia Ocampo; Ing. Julieta Scares; Biól. Daniela Vitti; Méd. Vet. Sergio Crudeli; Ing. Germán Castro; Ing. Cecilia Capozzolo; Técnico Asesor Apícola Nino Pérez. La coordinación estuvo a cargo de: Mgter. Luciana Margherit y Lic. Jesica Massat. Ing. Fernando Brandalise; Ing. Gabriel Lacelli; Méd. Vet. Eugenia Ocampo; Ing. Julieta Scares; Bióloga Daniela Vitti; Méd. Vet. Sergio Crudeli; Ing. Germán Castro; Ing. Cecilia Capozzolo; Técnico Asesor Apícola Nino Pérez. La coordinación estuvo a cargo de: Mgter. Luciana Margherit; Mgter. Mariana Mascotti y Lic. Jesica Massat.

## Resultados

Se desplegó la Versión técnica comunicacional de la situación problema definida como: “Desde INTA no tenemos una mirada compartida del bosque por lo que generamos acciones dispersas y segmentadas”.

Tabla 1 – Síntesis de la Versión Técnica Comunicacional

Causas básicas
<ul style="list-style-type: none"> <li>.Modelo de desarrollo agropecuario argentino enfocado en la pampa húmeda.</li> <li>.Visión dominante productivista que no ve al bosque como un recurso productivo.</li> <li>.No se cumplen las leyes de contrato laboral y la ley de bosques.</li> <li>.Modelo agropecuario/ tecnológico imperante.</li> <li>.Visión materialista de los recursos naturales, que prioriza los productos (bienes), por sobre los procesos (servicios intangibles).</li> </ul>
Causas Próximas
<ul style="list-style-type: none"> <li>.No se identifican otros usos del bosque más allá de la leña y el pasto que ofrece.</li> <li>.No se identifica el problema y no se destinan recursos institucionales para su trabajo.</li> <li>. Falta de aplicación, regulación y control.</li> <li>.Tecnologías agropecuarias productivistas que son más accesibles que las ambientales.</li> <li>.Visión cortoplacista.</li> </ul>
Aspectos
<ul style="list-style-type: none"> <li>.Sobreexplotación del monte:               <ul style="list-style-type: none"> <li>. Sobrecarga ganadera.</li> <li>. Extracción de leña.</li> </ul> </li> <li>. Corta historia de trabajo en el tema en INTA Reconquista.</li> <li>.Informalidad del mercado en los productos del bosque.</li> <li>.Manejos productivos que no contemplan la sustentabilidad ambiental.</li> <li>.No se visualiza al bosque como espacio de desarrollo regional.</li> </ul>
Síntomas
<ul style="list-style-type: none"> <li>.Suelo degradado (erosión, pérdida del horizonte orgánico, suelo compactado).</li> <li>.No hay información sistematizada.</li> <li>.Pobreza de las familias trabajadoras del monte.</li> <li>.Altas tasas de deforestación.</li> <li>.Desarticulación y disgregación familiar.</li> </ul>
Consecuencias
<ul style="list-style-type: none"> <li>.Baja productividad silvopastoril.</li> <li>.Dificultad e inseguridad para abordar el tema.</li> <li>.Bajos ingresos y malas condiciones de los trabajadores de la cadena del carbón y leña.</li> <li>.Pérdida de la calidad ambiental.</li> <li>.Economía regional no desarrollada.</li> </ul>

Se realizó un mapa de actores vinculados a cada componente.

Tabla 2 – Reconocimiento de actores de un aspecto del Componente Técnico

Aspectos	Actores
2. Sistemas complejos que requieren intervenciones integradas (mirada integrada).	Comercializadores, industriales, otros organismos del estado (vialidad, MinAgri, entre otros).

Se agruparon las *Matrices socioculturales* según su vinculación con el problema como: *Los que gobiernan; los que investigan y asesoran; los que forman; los que gestionan para el desarrollo; los que producen; los que comercializan; los que consumen.* Se propusieron acciones por componentes que conecten su despliegue, con objetivos, acciones y matrices socioculturales.

Tabla 3 – Árbol de Soluciones (síntesis componente político – institucional)

Componente político institucional			
Aspectos	Matrices	Objetivo comunicacional	Acciones
Corta historia de trabajo en el tema en INTA Reconquista.	Los que investigan y asesoran	Sensibilización, Información. <i>Para habilitar la continuación del grupo de trabajo en el contexto de la asunción de un director en la unidad.</i>	Realizar una presentación ante el nuevo director y los coordinadores de área. Realizar una presentación visual (PREZI) <i>Ejes:</i> Líneas de trabajo propuestas. Metodología empleada. Dinámica y conformación del grupo. <i>Tono:</i> Presentación oral, en la que se resalte la potencia del trabajo interdisciplinario. La visión de la complejidad con la que se trabaja (enfocarse en la parte sin perder de vista el todo). La importancia político institucional de la problemática. Trabajar con la metáfora del bosque nativo como sistema para graficar el funcionamiento del grupo.

## Conclusiones

A lo largo del trabajo dimos cuenta como se fue desplegando esta primera etapa de diseño de la estrategia comunicacional para el Grupo Agroforestal de INTA Reconquista.

En este sentido, el aporte específico de la VTC al grupo reside en que funciona como un dispositivo analítico que nos permite “*hacer ver*”. Este poner sobre la mesa que se despliega con los aspectos y niveles contribuye a tener presente el contexto aun cuando se trabaja sobre un aspecto específico. Permite también “*hacerse cargo*” de la propia visión sobre el problema.

Los pasos sucesivos habilitaron a reconocer esas otras miradas con las cuáles conversar. Con las *Matrices socioculturales* se puso atención a esas otras formas de vincularse con el problema, indispensables a tener en cuenta para poner en marcha las transformaciones. El Árbol de soluciones<sup>6</sup> colaboró en este mismo sentido. El diseño de acciones se plantea como una

vuelta a vincular esos aspectos desplegados en la VTC.

Este ejercicio de poner en práctica una metodología nueva para la mayoría de los participantes permitió reflexionar sobre lo que trasciende el producto y moviliza en el encuentro. “Se necesitan constructores de caminos que aún no existen”, se apuntó en el primer taller con la aclaración de que “no están hechos los caminos, ni los constructores”.

Los técnicos en cada encuentro buscaron ver “más allá del árbol”. Como grupo se se puso en valor que asumir la “propia versión del problema” es una instancia previa indispensable a la investigación científica. Se reconoció la importancia de los vínculos y la convivencia del tiempo: el de la naturaleza, de la organización y de los otros para delinear las soluciones. La estrategia se proyecta como un mapa dinámico que permitirá a medida que avance el proyecto y el diseño estratégico su ajuste y monitoreo<sup>7</sup>.

## Bibliografía

- Deleuze, G. (1990). Michel Foucault filósofo. Barcelona: Gedisa.
- Massoni, S. (2007). Estrategias. Los Desafíos de la Comunicación en un Mundo Fluido. Rosario: Homo Sapiens.
- Massoni, S. (2011). Comunicación Estratégica. Comunicación para la Innovación. Rosario: Homo Sapiens.
- Massoni, S. (2013). Metodologías de la Comunicación Estratégica. Del inventario al encuentro sociocultural. . Rosario: Homo Sapiens.
- Maturana, H. R., & Varela, F. G. (2003). El Árbol del Conocimiento. Buenos Aires: Lumen.
- Morin, E. (1990). Introducción al Pensamiento Complejo. España: Gedisa.
- Najnamovich, D. (2008). Mirar Con Nuevos Ojos. Buenos Aires: Biblos.
- Varela Francisco J., T. E. (2011 ). De Cuerpo Presente. Las ciencias cognitivas y la experiencia humana. Gedisa.

<sup>6</sup> En 2015 se concluirá el Árbol de soluciones y llevar adelante acciones. A su vez se plantea una investigación a campo con el fin de indagar las matrices socioculturales.

<sup>7</sup> El monitoreo de la estrategia plantea incorporar la VTC a la plataforma online de Indicadores de Comunicación en Dimensiones Múltiples (PID – IPOL 172), para el seguimiento de las acciones. El proyecto que lo está desarrollando está radicado en la Maestría de Comunicación Estratégica de la Facultad de Ciencias Políticas y Relaciones Internacionales de la UNR. Lo coordina la Dra. Sandra Massoni. Info: <http://indicadoresdecomunicacion.blogspot.com.ar/>

# **Análisis Económico de Programas Silvopastoriles**

## **Economic analysis of silvopastoral programs**

*Alejandro Acosta\**

### **Resumen**

El análisis económico debe ser el primer paso en la planificación y diseño de cualquier programa de fomento de sistemas silvopastoriles. Uno de los métodos más utilizados y simples para evaluar económicamente un programa de fomento de sistemas silvopastoriles es el análisis costo-beneficio. Este es un análisis que está compuesto de cinco pasos principales: i) la identificación adecuada de los costos y beneficios, ii) la estimación y cuantificación del valor monetario de cada costo y beneficio, iii) la construcción de la matriz de costo-beneficio, iv) el análisis de impacto fiscal del programa sobre los diferentes actores y v) la evaluación financiera de las diferentes alternativas técnicas propuestas. Este documento como objetivo brindar elementos conceptuales básicos que permitan avanzar en el análisis económico de programas de fomento de sistemas silvopastoriles.

**Palabras clave:** *programa de fomento, valor monetario, costos, impacto fiscal*

\* Livestock Policy Officer. FAO. Alejandro.Acosta@fao.org



## Introducción

Una evaluación reciente sobre el nivel de sostenibilidad institucional de los sistemas silvopastoriles, encontró que uno de los factores que ha limitado el fomento y la adopción de sistemas silvopastoriles en varios países Latinoamericanos ha sido la falta de evidencias empíricas sólidas sobre el nivel de viabilidad económica que poseen los sistemas silvopastoriles (Acosta, et al, 2014). Este documento tiene como objetivo contribuir a este vacío, aportando algunos elementos técnicos y conceptuales básicos que faciliten y promuevan el desarrollo de análisis económicos de programas de fomento de sistemas silvopastoriles. El análisis económico debe ser el primer paso en la formulación y diseño de cualquier programa de fomento de sistemas silvopastoriles. El análisis económico debe analizar los costos y beneficios desde el punto de vista privado, social y ambiental, aunque conceptualmente se infiere que en un análisis económico estos costos y beneficios están incorporados. El análisis económico brinda información básica y fundamental sobre el nivel de cambio neto en el nivel de bienestar de la sociedad como resultado de una intervención a través del tiempo, permitiendo a tomadores de decisiones definir la magnitud del programa, la duración, qué supuestos deben existir y los recursos necesarios para alcanzar los objetivos acordados.

Claramente el éxito de un programa de fomento de sistemas silvopastoriles dependerá en gran medida de la solidez técnica de la estrategia agroecológica que se proponga. En el análisis económico la solidez de la estrategia técnica es un supuesto dado, es decir que se asume que las estrategias pro-

puestas son idóneas técnicamente y factibles de implementar en función de los recursos existentes. Por lo tanto el análisis económico se focaliza no tanto en evaluar si el alcance de los objetivos técnicos planteados es factible o no, pero en identificar si el beneficio neto de alcanzar los objetivos es superior al costo a precios sociales. Es importante anotar que el análisis económico no podrá ser realizado de manera independiente, sin tomar en cuenta el contexto político, macroeconómico e institucional en donde se ejecutara el programa, pues su interrelación con las políticas nacionales, estrategias sectoriales, interés del sector privado y capacidad de las instituciones gubernamentales para poner en marcha y acompañar su implementación son factores fundamentales que determinarán su sostenibilidad.

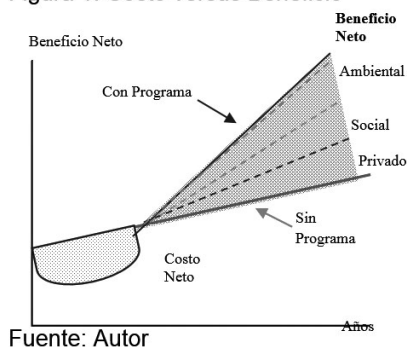
Los análisis económicos y financieros están bastante relacionados y en muchas ocasiones tienden a confundirse, sin embargo es importante anotar que el análisis financiero analiza el programa desde el punto de vista de la institución implementadora, mientras que el análisis económico lo analiza desde el punto de vista del país o de la sociedad. Podríamos decir que el análisis financiero utiliza principalmente precios de mercado, mientras que el análisis económico utiliza precios sociales. En este sentido el análisis económico nos permite examinar quien se beneficia, quien pierde y lo más importante quien debe pagar. Esta información es de gran importancia al momento tipo instrumento económico de política que le dará la sostenibilidad financiera al proyecto en el largo plazo.

## Conceptos básicos para el análisis económico de un programa de fomento de sistemas silvopastoriles.

Desde un punto de vista económico el efecto de la implementación de un programa de fomento de sistemas silvopastoriles se puede entender con la reducción de los costos y el incremento de beneficios para la sociedad. El análisis dinámico de la diferencia, en términos monetarios, de los costos y beneficios "Con" y "Sin" programa nos permite estimar los cambios en el nivel de beneficio neto para la

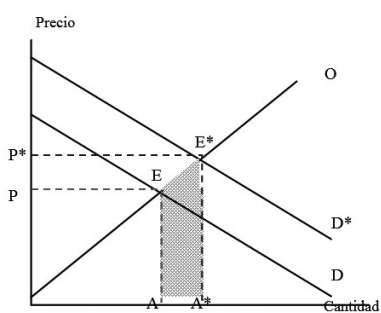
sociedad. A manera de ejemplo la figura 1, nos presenta el efecto en los costos y beneficios de la implementación de un programa de fomento de sistemas silvopastoriles sobre el nivel de beneficio neto de la sociedad. Como lo muestra la figura los cambios en los niveles de producción podría ocurrir con y sin programa, sin embargo con programa la tasa de crecimiento sería significativamente superior. Es

Figura 1. Costo versus Beneficio



Fuente: Autor

Figura 2. Beneficio económico neto



decir que si la tasa de crecimiento esperada del sector sin programa es del 2 por ciento y con programa del 5 por ciento, la contribución neta del proyecto sería un incremento marginal de un 3 por ciento por año.

Por su parte la figura 2, ilustra la situación “Sin” y “Con” programa. En el primer escenario (línea base) asumimos que “Sin” programa la economía alcanzaría un punto de equilibrio E en el cual a un precio P se produciría una cantidad. En el segundo escenario asumimos que la implementación del programa le permitiría país alcanzar un punto de equilibrio más alto (E\*) asociado a una mayor

participación de sus productos en el mercado. Como lo muestra la figura 2 este aumento en la demanda se vería traducido en un desplazamiento de la curva de la demanda hacia la derecha pasando de (D) a (D\*), lo cual se estaría acompañado de un incremento en el nivel de precios de (P) a (P\*). A su vez este incremento en la demanda y precios se vería reflejado en un aumento en los niveles de producción pasando de (A) a (A\*). Bajo este escenario la implementación del programa tendría como efecto un aumento en el beneficio incremental dado por el área (A, A\*, P\*).

## Análisis Costo Beneficio

Uno de los métodos más simples para evaluar económicamente un programa de fomento de sistemas silvopastoriles es el análisis costo-beneficio. El análisis costo beneficio de un programa de fomento de sistemas silvopastoriles debe empezar por definir claramente el objetivo del análisis. El análisis costo beneficio se basa en la comparación de la situación “Con” y “Sin” programa en donde el objetivo es identificar el incremento marginal del costo de oportunidad de la alternativa propuesta. En la mayoría de los casos, un programa puede poseer diferentes alternativas técnicas, de ser este el caso el análisis deberá contemplar los costos y beneficios privados, sociales y ambientales asociados a cada una de las alternativas técnicas del programa por separado y comparar cual opción ofrece el mayor beneficio económico neto.

El análisis costo beneficio está compuesto de cinco pasos principales: i) la identificación adecuada de los costos y beneficios, ii) la estimación y cuantificación del valor monetario de cada costo y beneficio, iii) la construcción de la matriz de costo-beneficio, iv) el análisis de impacto fiscal del programa sobre los diferentes actores y v) la evaluación financiera de las diferentes alternativas técnicas propuestas. Los costos y beneficios se deben analizar desde el punto de vista privado, social y ambiental, aunque conceptualmente el análisis enfoque económico infiere que los costos privados, sociales y ambientales están incorporados.

En el análisis económico, el pasado es el pasado y lo que importa es el futuro. Es decir que los costos incurridos en el pasado son costos hundidos “sunk cost” y no deberían ser contemplados en el análisis, esto significa que se deben considerar solo los costos y beneficios futuros. Si bien los subsidios los impuestos no afecta el costo económico del programa al ser una transferencia de costos y beneficios al interior de la economía, es importante tomarlos en consideración ya que son importantes al momento de determinar quienes ganan, quienes pierden y quienes debería pagar.

Un aspecto de importancia que debe estar presente en todo el proceso es la transparencia sobre los supuestos utilizados para la realización del análisis. Estos supuestos incluyen parámetros técnicos, variables macroeconómicas, microeconómicas,

capacidades institucionales, precios, tasas de crecimiento, tasas de retorno, etc. De la claridad con la que se justifiquen y presenten estos supuestos dependerá la confiabilidad y solides del análisis.

### Identificación de Beneficios y Costos

El primer y más importante paso en el análisis costo-beneficio de un programa de fomento de sistemas silvopastoriles consiste en la identificación adecuada de los beneficios y costos del programa. Es importante ser cuidadoso de no incluir ningún costo o beneficio que no sea real. Una manera de poder facilitar la identificación de beneficios y costos es subdividiéndolos en costos y beneficios privados, sociales y ambientales. Claramente el desafío está en la monetización adecuada de cada uno de estos costos y beneficios.

Un aspecto importante a considerar cuando estamos hablando de países con una alto porcentaje de pequeños productores, es que la estrategia de intervención posiblemente requerirá de una amplia participación de líderes comunitarios. En este sentido la identificación de los incentivos para movilizar esta mano de obra es un aspecto que se deberá analizar con detenimiento, pues en varios países los programas han fracasado en lograr sus objetivos al no tomar consideración los aspectos socioeconómicos y culturales que caracterizan a su población objetivo.

### Estimación de Costos y Beneficios

El segundo paso en el análisis costo beneficio consiste en cuantificar el valor de cada costo y beneficio en términos monetarios “Sin” y “Con” programa. Para la estimación del costo o beneficio del programa es necesario contar con parámetros técnicos que nos permitan cuantificar el efecto de una alternativa sobre la categoría de análisis. Estos parámetros pueden ser capturados utilizando modelos econométricos, informes estadísticos, fuentes de información secundaria, o en último caso de la opinión de expertos. Independientemente de la fuente de la información, lo más importante es reportar la fuente de información de la cual proviene cada uno de los parámetros utilizados.

Tabla 1. Estimación de Costos y Beneficios

Beneficios y Costos	Valor Neto	Año						
		0	1	2	3	4	5-10	10-20
Beneficios								
Incremento en productividad	5,750	0	200	300	400	500	.....	.....
Incrementos en producción	4,400	200	400	500	550	600	.....	.....
Reducción de perdidas	1,235	25	50	75	75	100	.....	.....
Incremento de exportaciones	2,750	0	100	200	300	400	.....	.....
Costos								
Personal	(1,450)	(500)	(300)	(50)	(50)	(50)	.....	.....
Equipos	(825)	(400)	(100)	(100)	(50)	(50)	.....	.....
Vehículos	(925)	(500)	(100)	(50)	(50)	(50)	.....	.....
Entrenamiento	(800)	(500)	(200)	(50)	(50)	(50)	.....	.....
Materiales y Equipos	(1550)	(1000)	(100)	(50)	(50)	(50)	.....	.....
Ingreso perdido	(215)	(50)	(50)	(50)	(30)	(10)	.....	.....
Beneficio Neto	8,370	(-2725)	(-100)	725	1045	1340	.....	.....

Nota: La matriz de flujo de capital se deberá realizar para cada uno de los escenarios: Sin Programa, Con Programa A, Con Programa B.

Una de las primeras decisiones que se deberá tomar durante la realización del análisis costo beneficio es definir con qué tipo de moneda se va a trabajar. Una segunda decisión será definir si utilizar precios reales o nominales. Frente a estas dos decisiones se recomienda trabajar en millones de dólares para facilitar la comparación entre países, y utilizar precios reales, ya que realizar proyecciones tomando en cuenta a inflación puede complejizar el análisis. Una vez estimado cada costo y beneficio, se deberá construir el flujo de capital del programa identificando en que periodo del proyecto se causara cada beneficio o costo durante la vida útil del programa. El flujo de caja del programa mostrará las necesidad de capital que el programa demandara durante los primeros años de implementación y que deberá estar disponible para mantener el programa mientras adquiere sostenibilidad. Un aspecto importante a

considerar es ser cuidadoso de no sobreestimar los beneficios y subestimar el los costos.

#### Construcción de la Matriz Costo Beneficio

El tercer paso consiste en construir la matriz costo-beneficio. En este paso se deberán comparar los diferentes programas técnicos propuestos y seleccionar con base a los indicadores financieros adecuados el programa que mayor beneficio neto genere.

Es factible que en los primeros años de ejecución del programa los beneficios netos sean negativos, debido a que los costos son significativamente superiores a los beneficios, sin embargo deberán ser los indicadores adecuados como el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) los parámetros determinen la viabilidad financiera del proyecto.

Tabla 2. Matriz Costo-Beneficio con y sin proyecto (US\$ Millones)

Año	Sin Proy		Proy (A)		Proy (B)		Flujo Beneficio Neto (A)			Flujo Beneficio Neto (B)		
	Cos (a)	Ben (b)	Cos (c)	Ben (d)	Cos (e)	Ben (f)	Cos (a-c)	Ben (b-d)	Ben Neto	Cos (a-e)	Ben (b-f)	Ben Neto
0	1.0	2.0	4	2.0	6	2.0	-3.0	0.0	-3.0	-5.0	0.0	-5.0
1	1.1	2.1	3.5	2.5	4	2.5	-2.4	0.4	-2.0	-2.9	0.4	-2.5
2	1.2	2.2	3.0	3.0	3.0	3.0	-1.8	0.8	-1.8	-1.8	0.8	-1.0
3	1.3	2.3	2.5	3.5	2.5	3.5	-1.2	1.2	0.0	-1.2	1.2	0
4	1.4	2.4	2.0	4.0	2.0	4.0	-0.6	1.6	1.0	-0.6	1.6	1.0
5	1.5	2.5	1.5	4.5	1.5	4.5	0.0	2.0	2.0	0	2.0	2.0
6	1.6	2.6	1.0	5.0	1.0	5.0	0.6	2.4	1.8	0.6	2.4	1.8
7	1.7	2.7	1.0	5.5	0.5	5.5	0.7	2.8	2.1	1.3	2.8	1.5
8	1.8	2.8	0.5	6.0	0.5	6.0	1.3	3.2	1.9	1.4	3.2	2.2
9	2.0	3.0	0.5	7.0	0.5	7.0	1.5	4.0	2.5	1.5	4.0	3.5

Fuente: Autor

Si el VPN de alguna de los programas propuestos es negativo ese programa deberá ser rechazado.

### Indicadores de evaluación financiera

El cuarto paso consiste en realizar la evaluación de la viabilidad económica de las diferentes alternativas propuestas. Existen diferentes tipos de indicadores financieros que pueden ser utilizados para realizar la evaluación de la viabilidad económica del proyecto. Entre estos se encuentra el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR).

El VPN es uno de los criterios económicos más utilizados en la evaluación financiera de un programa de inversión. El VPN permite calcular el valor presente de un determinado flujo de caja futuros, originados por una inversión. Su estimación consiste en descontar a valor presente todos los flujos de caja del proyecto a futuro, restándole a este valor la inversión inicial del proyecto de tal manera que el monto obtenido sea el valor neto del proyecto. Si el VPN es superior a cero, se considera que el proyecto es rentable es decir crea valor, cuando el VPN es menor que cero el proyecto no es rentable es decir destruye valor, y cuando el VPN es igual a cero el proyecto no crea ni destruye valor. Cuando se comparan diferentes alternativas de inversión por lo general el VPN no permite escoger aquella que posea una mayor rentabilidad.

Otro indicador que por lo general acompaña el análisis financiero es la Tasa Interna de Retorno (TIR). La TIR se puede definir como el promedio de rendimientos futuros esperados

de una inversión. De manera simple este indicador se puede entender como la tasa de interés a la cual el VPN se convierte en cero. De manera conjunta con el VPN la TIR se utiliza para aceptar o rechazar un proyecto de inversión. Para esto la TIR se compara con una tasa mínima, es decir el costo de oportunidad del capital. Si la TIR es mayor que el costo de oportunidad del capital  $r$ , significa que la rentabilidad superior al costo de oportunidad del dinero, si por el contrario la TIR es menor que el costo de oportunidad se rechazará el proyecto debido a que el proyecto genera una rentabilidad menor a la requerida.

### Identificación de Ganadores y Perdedores

Finalmente el quinto y último paso del análisis costo beneficio consiste en la identificación del impacto fiscal de la implementación de un programa sobre los diferentes actores. Este es un paso importante y que la identificación de ganadores y perdedores nos permite identificar si el proyecto debería ser mayoritariamente financiado por el sector público o privado y quienes debería pagar por su implementación.

A manera de ejemplo la tabla 3. Muestra el impacto fiscal que el programa podría tener sobre diferentes actores económicos tales como gobierno, consumidores, productores e industria. La tabla muestra que el ganador con la implementación del programa sería los productores y los perdedores el gobierno. En este sentido el análisis sugiere que la manera como se debería eventualmente financiar el programa en el largo plazo sería a través de un impuesto al productor.

Tabla 3. Análisis de Ganadores y Perdedores

Categoría	Valor Neto	Estado	Consumidores	Productores	Industria
<b>Beneficios</b>					
Incremento en productividad	5,750	750	0	5000	
Incrementos en producción	4,400	400	1000	3000	
Reducción de pérdidas	1,235	0	0	1,000	235
Incremento de exportaciones	2,750	1250	0	500	1,000
<b>Costos</b>					
Personal	(1,450)	(1000)	0	(400)	(50)
Equipos	(825)	(800)	0	(0)	(25)
Vehículos	(925)	(600)	0	(0)	(325)
Entrenamiento	(800)	(500)	0	(0)	(300)
Materiales y Equipos	(1550)	(1000)	0	(0)	(550)
Ingreso perdido	(215)		(200)	(15)	(0)
<b>Beneficio Neto</b>	8,370	(1,500)	800	9085	(15)

## Conclusiones

En los últimos años los programas de fomento de sistemas silvopastoriles han capturado el interés de gobiernos, organismos de cooperación internacional, institutos de investigación, productores, consumidores y de la sociedad civil de manera general. Sin embargo a la fecha la implementación de estos tipos programa están basados principalmente en la trasferencia directa de recursos provenientes de donaciones, programas de gobierno y agendas de investigación. Esto ha traído como consecuencia que un bajo nivel de sostenibilidad económica de los mecanismos propuestos. Como es ampliamente conocido, el fondo de este problema recae en la presencia de externalidades positivas derivadas de la implementación de programas silvopastoriles no reflejados en el precio de los productos obtenidos en el sistema. Un primer paso en este desafío está en capturar y analizar desde un punto de vista económico los costos y beneficios privados, sociales y ambientales derivados de la implementación de programas de fomento de sistemas silvopastoriles.

## Bibliografía

- Acosta, A. Murgueitio, E. Zapata, C, Solarte, A (2014). Fomento de Sistemas Agrosilvopastoriles Institucionalmente Sostenible. En: Lineamientos de Política para el Desarrollo Sostenible del Sector Ganadero. FAO, 2014.
- Belli, P., Anderson, J., Barnun., H., Dixon, J., Tan, J (2001). Economic Analysis of Investment Operations. Analytical Tools and Practical Applications. World Bank Institute, Washigton, D.C

# Análisis económico financiero de un sistema agroforestal apícola en el centro norte de la Provincia de Buenos Aires

A. Signorelli<sup>1</sup>, P. Ferrere<sup>2</sup>; S. Cabrini<sup>3</sup>, M. Sorondo<sup>4</sup>

## Resumen

La provincia de Buenos Aires presenta un gran potencial para el desarrollo de proyectos agroforestales, tanto en suelos aptos para la agricultura tradicional, como también en aquellos usualmente utilizados con fines ganaderos. Estos sistemas resultan especialmente beneficiosos en zonas periurbanas contra la deriva de agroquímicos y su aporte a la conformación del paisaje rural. Este trabajo tiene como objetivo la evaluación de un sistema agroforestal apícola para el centro norte de la provincia de Buenos Aires, considerando estimaciones de costos y beneficios asociados a la producción y venta de madera, forraje y miel, considerando los aportes no reintegrables del Estado previstos en la Ley nacional 25.080 y los beneficios de la Ley provincial 12.662, ambas de promoción forestal. Los resultados obtenidos indican un valor actualizado neto positivo y una tasa interna de retorno que oscila entre el 72% y 33%, con y sin aporte económico del Estado, respectivamente, sin considerar el valor de la tierra. Estos valores nos muestran que según los resultados económicos de estos sistemas podrían ser atractivos para los productores de la región.

**Palabras Claves:** álamo, valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR).

## Economic and financial analysis of a bee-agroforestry system in the northern center of the Province of Buenos Aires

## Abstract

Buenos Aires province has a great potential for the development of agroforestry projects both in soils suitable for crop or live-stock production. Forestry systems have advantages in particular for peri-urban areas because of the low use of agrochemicals and fertilizers, the protection from agrochemical air contamination and their positive impact on landscape. The objective in this study is to evaluate a beekeeping - agroforestry system for the north-central region of Buenos Aires province, considering costs and benefits of the associated production and sale of timber, forage and honey, and government forestry incentives under national Law 25,080 and provincial Law 12,662. Results indicate a positive net present value (NPV) and internal rates of return (IRR) values of 72 % and 33 % for projects *with* and *without* forestry incentives, respectively. These values show that these systems could be judged economically attractive for farmers in the region.

**Key words:** poplars, Net present value (NPV), Internal rate of return (IRR).

<sup>1</sup> MAGyP, Dirección de Producción Forestal, alejandrosignorelli@hotmail.com<sup>2</sup>AER INTA 9 de Julio Mitre 857 (6500), 9 de Julio, Buenos Aires, ferrere.paula@inta.gob.ar<sup>3</sup> EEA INTA Pergamino Av. Frondizi (Ruta 32) Km 4,5 (2700), Pergamino, Buenos Aires cabrini.silvina@inta.gob.ar<sup>4</sup>FAUBA Av. San Martín 4453 CABA sorondo@agro.uba.ar

## Introducción

En los últimos años la región pampeana ha experimentado cambios importantes en cuanto a las actividades extensivas con el objetivo de aumentar la productividad y obtener un mejor resultado económico (Pengue, 2009). Esto generó la disminución del área destinada a la producción ganadera debido a la expansión del cultivo de soja (Reboratti, 2010; Aizen *et al* 2009). La soja es hoy el cultivo más importante de la Argentina, ocupando más del 64% del área sembrada del país (Laufer, 2010). Estos cambios han generado una creciente preocupación por el deterioro de los suelos, por el bajo aporte de materia orgánica, el riesgo a la erosión y planchado en épocas de barbecho, determinados por la baja producción de biomasa del cultivo y la poca cobertura que deja su rastrojo (Ferrerías *et al*, 2002).

Si bien la búsqueda de una mayor productividad está principalmente asociada al uso de cultivos genéticamente modificados, con incrementos en el uso de fertilizantes y productos químicos, la incorporación de alternativas productivas que generan valor a las comunidades locales y protegen los recursos naturales es un tema de creciente interés (Tittonel, 2014). En este sentido, los sistemas agroforestales apícolas se proponen como una alternativa de diversificación productiva para el norte de la provincia de Buenos Aires. Estos sistemas consisten en la producción de árboles, generalmente especies de rápido crecimiento como álamos y otras Salicáceas, junto con la producción de cultivos agrícolas o forrajeros y la instalación de colmenas en un mismo lote y al mismo tiempo, con la finalidad de manejar las interacciones de manera diversificada, rentable y sustentable (Suárez, 2009).

Este tipo de producción es especialmente valiosa en la cercanía de poblados, cascos, o escuelas rurales donde la pro-

tección contra la deriva agroquímicos y la conformación del paisaje rural representan un mayor beneficio. Asimismo los sistemas agroforestales apícolas enmarcados en una gestión forestal sostenible están asociados a la provisión de otros servicios ambientales como la captura de permiten mantener su diversidad biológica, productividad, capacidad de regeneración, vitalidad y su potencia de cumplir, ahora y en el futuro funciones ecológicas, económicas y sociales pertinentes a escala local, nacional y global, sin causar daño a otros ecosistemas (Fracassi *et al*, 2014).

Los álamos bajo manejo intensivo se encuentran ampliamente difundidos en el Delta del Paraná (Borodowski, 2006). El rápido crecimiento de esta especie, la posibilidad de incluir la ganadería en el turno forestal y el desarrollo de una industria asociada, hacen de la misma una alternativa productiva relevante en la zona (Casabon *et al.*, 2012; Cornaglia *et al.*, 2011; Borodowski *et al.* 2010; Signorelli *et al.*, 2010). En la zona continental de la región pampeana el cultivo de Salicáceas (*Salix spp*, *Populus spp*) cuenta en la actualidad con 5.000 ha de plantaciones en macizo, predominantemente de álamos (Achinelli *et al.*, 2006). En muchos de estos casos los sistemas productivos se asocian a la ganadería bovina de cría (Prada, 2014, com.pers.).

Este estudio tiene como objetivo evaluar económicamente un sistema agroforestal apícola para la región Pampeana continental, considerando costos y beneficios privados asociados a la producción y venta de madera, forraje y miel, y a los aportes del Estado a través de los pagos previstos en la ley nacional 25080, que cubre el 80% de los costos de implantación y la ley provincial 12.662 que otorga el material de plantación en forma gratuita.

## Materiales y métodos

El planteo técnico se basó en una matriz tradicional de tareas para este tipo de actividad basada en gran parte en resultados de talleres de costos forestales de Salicáceas efectuados por la Dirección de Producción Forestal del MAGyP. Se analizaron los costos y beneficios de incorporar un sistema agroforestal apícola dentro de un establecimiento agrícola-ganadero de la zona centro-norte de la provincia de Buenos Aires.

El planteo forestal incluye una típica forestación de álamo para obtención de madera de calidad a partir de una plantación de estacas a una densidad de 625 pl/ha con su respectiva preparación de terreno, control de plagas y malezas, y posterior mantenimiento. El planteo forrajero contempla la implantación de una pastura consociada con el objetivo de realizar un aprovechamiento a partir de la conformación y venta de rollizos de pasto. En cuanto a la actividad apícola se asume que se realiza en sociedad con un apicultor, quien es dueño de las colmenas y entrega parte de la producción de miel (12 kg.ha<sup>-1</sup>) al dueño del monte.

La productividad de la plantación forestal es un dato clave para el análisis. La misma se estimó en base a mediciones realizadas oportunamente descriptas en Ferrerías *et al*, 2014), en un sitio experimental en Morse (Junín – Bs As)<sup>1</sup>, durante los meses de octubre y noviembre de 2013 dentro de rodales de álamos pertenecientes al establecimiento forestal “San José”. Con los datos de edad de los rodales y el Volumen (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) se ajustó un modelo lineal simple para estimar la producción al turno.

Los datos de productividad de la pastura se basan en resultados de ensayos de evaluación de recursos forrajeros del INTA Pergamino (Bertin 2015, comm. personal). A los valores promediados se les aplicó un coeficiente del 50% para la producción de forraje en rollos a partir del cuarto año de la plantación del rodal, contemplando de esta forma la menor producción de pasto por el sombreado de los árboles.

No se considera el costo de oportunidad de la tierra en el análisis y se utilizaron precios promedios en dólares del pe-

<sup>1</sup> Clima: templado húmedo, temperatura promedio anual de 15,9°, precipitaciones promedio anuales de 1014 mm (Servicio Meteorológico Nacional, 2014). Suelo: franco arenoso (*Hapludol*).

riodo 2012-2014 para insumos y productos. Por otro lado en el análisis de rentabilidad no se considera el riesgo por incendios y ataques de plagas.

Para evaluar el resultado económico de los sistemas de producción se elaboró un flujo de fondos de la inversión calculándose el valor actualizado neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) (Calcaterra, 1994) para todo el sistema comparando a su vez el sistema forestal, forrajero y apícola por separado. Se consideró un período de 16 años para el proyecto de inversión basado en los turnos de corte comunes en la región (Urionagüena 2014, comm personal). La tasa

de descuento utilizada fue del 8% anual. Este valor representa la suma de la tasa de interés real, que mide el costo de oportunidad del capital en inversiones sin riesgo, y un componente que depende del nivel de riesgo de la inversión considerada (Ghida Daza, 2009). Adicionalmente se calcula la anualidad equivalente para comparar los resultados obtenidos con indicadores económicos para cultivos anuales. Como valor de referencia se utiliza el margen bruto (MB) promedio del cultivo de soja de 1ra para el período (2012-2014), en la región de estudio, según datos publicados en la Revista Agromercado.

## Resultados

La Figura 1 presenta la relación entre la edad de los rodales y el volumen de madera estimado. Los puntos negros corresponden a las mediciones a campo y la recta muestra la relación lineal estimada entre volumen y edad. Utilizando los coeficientes estimados se calculó una producción esperada de madera de la plantación de álamos en el turno de corte de 16 años de 353 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.

Las tablas 1 y 2 muestran un resumen de los costos e ingresos de los sistemas de producción forestal y de forraje, respectivamente. Para el análisis de sistema agroforestal apícola se considera también un ingreso anual de 27,48 u\$s.ha<sup>-1</sup>, proveniente de la venta de miel, considerado como un porcentaje que el apicultor le paga al dueño del campo, en concepto de alquiler.

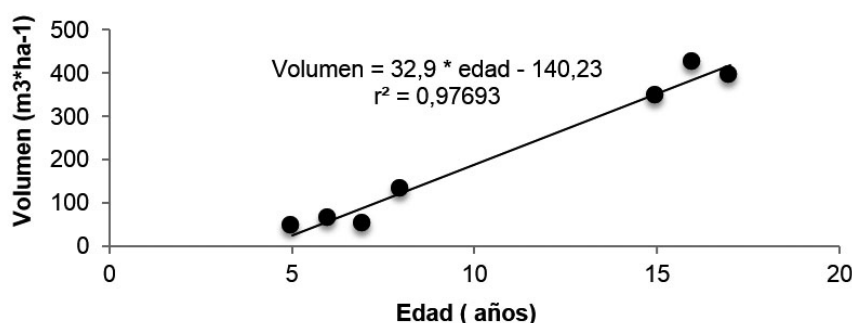


Figura 1. Relación entre la edad y el volumen estimado (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>)

Tabla 1. Detalle de los egresos e ingresos de la componente forestal del sistema propuesto.

Costo por Actividad	u\$/ha	Ingreso	u\$/ha
Preparación del terreno	87,49	Madera para debobinado	3318,76
Plantación forestal	644,77	Madera de aserrado (tabla)	13441,69
Reposición de plantas	59,72	Madera triturada (celulosa)	2561,42
Mantenimiento año 1 (Control de malezas)	59,61		
Mantenimiento año 2 (Control de malezas)	19,87		
Mantenimiento año 4 (Poda)	31,28		
Mantenimiento año 8 (Poda y raleo)	109,48		
Servicio de aprovechamiento	3581,05		
Flete	4249,54		

Nota: El rendimiento total estimado de madera es de 353 m<sup>3</sup> o 265 tn. El 15% se destina para debobinado, el 70% a aserrado y el 15% a triturado. Fletes con destino a Tigre(debobinado y aserrado) y San Pedro(triturado)



Tabla 2. Detalle de los egresos e ingresos de la componente forrajera del sistema propuesto.

Año	N° rollos	Costo de implantación (U\$S.ha <sup>-1</sup> )	Costo de mantenimiento y confección de rollos (U\$S.ha <sup>-1</sup> )	Ingreso por venta de rollos (U\$S.ha <sup>-1</sup> )
Año 0	4	231,24	118,24	262,76
Año 1	10		349,55	656,90
Año 2	10		349,55	656,90
Año 3	8		290,43	525,52
Año 4	2	258,89	113,07	131,38
Año 5	5		201,75	328,45
Año 6	5		201,75	328,45
Año 7	4		172,19	262,76

Nota: Implantación en el año 0 no considera preparación del terreno porque se incluye en el planteo forestal

El VAN calculado es de 3588 u\$S.ha<sup>-1</sup> para el sistema agroforestal apícola y de 3344 u\$S.ha<sup>-1</sup> y 2464 u\$S.ha<sup>-1</sup> para los sistemas agroforestal y forestal, respectivamente. Estos valores no consideran el subsidio que pueden recibir productores de menos de 300 ha en el marco de la Ley 25080. Los valores muestran que la apicultura solo representa un aporte menor al resultado económico del sistema. En cambio, el resultado de la producción de forraje es más importante. Si consideramos los aportes no reintegrables, los valores del VAN son de 4562 u\$S.ha<sup>-1</sup>, 4319 u\$S.ha<sup>-1</sup> y 3439 u\$S.ha<sup>-1</sup>, para los sistemas apícola agro-forestal, agro-forestal y forestal, respectivamente. Es interesante transformar estos valores en una anualidad equivalente, para comparar los resultados obtenidos con indicadores económicos para cultivos anuales. En el caso del sistema completo las anualidades equivalentes son de 405 u\$S.ha<sup>-1</sup> y 515 u\$S.ha<sup>-1</sup>, sin y con subsidio, respectivamente. Teniendo en cuenta que el margen bruto promedio de la soja 1° en el norte de la provincia de Buenos Aires, para los años

considerados en el estudio es de 477 u\$S.ha<sup>-1</sup>, se observa que si se toma en cuenta el subsidio que reciben los productores forestales, el resultado económico del sistema es atractivo, aún cuando se compara con el cultivo de soja.

La Figura 2 muestra la TIR de los tres sistemas, sin considerar y considerando el subsidio forestal. Los valores de la TIR calculados fueron de 33%, 30% y 18%, para el sistema agroforestal apícola, agroforestal y forestal, respectivamente, cuando no se consideraron los ingresos por subsidios. Al incorporar estos aportes, la tasa de retorno aumentó a 72%, 64% y 28% respectivamente. Los altos valores de la TIR en comparación con el costo de oportunidad generalmente considerado para evaluar inversiones en producción agropecuaria (8 al 12%), confirman que se trata de una inversión atractiva para productores de la región pampeana argentina. Los valores resultan considerablemente mayores a los reportados para un sistema similar pero con ganadería bovina en el Delta del Paraná (Suarez, 2009).

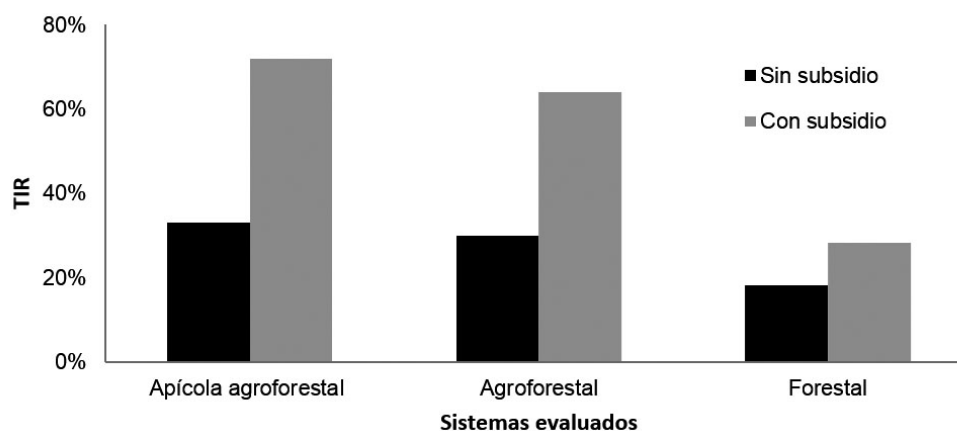


Figura 2 Tasa Interna de Retorno. (Para la realización del cálculo se consideró: tasa de descuento 8%, Ley de inversiones para bosques cultivados N° 25.080 (80% de costos de implantación, 70% de podas y raleos) y Ley provincial 12.662 (entrega de estacas y eximición del impuesto inmobiliario)).

## Conclusiones

El análisis del VAN arroja resultados altamente favorables para la consideración del sistema agroforestal apícola como inversión en el centro norte de la provincia de Buenos Aires. El establecimiento de una industria forestal ayudaría a bajar ostensiblemente el precio de los fletes que representan el 46% de los costos del proyecto.

La complementación de la actividad forestal a las agro-ganaderas tradicionales es un objetivo deseable en un marco de sustentabilidad orientado a la producción de madera de

alto valor en la región pampeana. Aun cuando existe una ley de promoción de inversiones para bosques cultivados (Ley 25080) y resultados económicos favorables, el desarrollo de estos emprendimientos se ve limitado. Esto se debe principalmente a la falta de un mercado activo, a la carencia de información sobre rendimientos, costos e ingresos, y por otro lado a la visión a corto plazo del agro argentino que motiva que los productores se decidan por actividades las tradicionales de la región.

## Bibliografía

- Achinelli, F. 2006. Silvicultura de álamos y sauces en la Pampa húmeda. Actas Jornadas de Salicáceas, CABA, pp 21-36.
- Aizen, M. A., Garibaldi, L. A., & Dondo, M. 2009. Expansión de la soja y diversidad de la agricultura argentina. *Ecología austral*, 19(1), 45-54.
- Bertin, O. 2015. Comunicación personal, grupo Producción de Forrajes. INTA Pergamino.
- Borodowski E. 2006. Álamos y sauces en el Delta del Paraná: situación del sector y silvicultura. Actas Jornadas de Salicáceas, CABA, pp61-70.
- Borodowski E., Signorelli A. Gaute M. 2010. Producción forestal sustentable en el Bajo Delta del Paraná. Simposio Científico Académico Delta del Paraná: Historia, Presente y Futuro. 4 y 5 de Octubre de 2010. San Fernando, Buenos Aires.
- Calcaterra, C. 1994. Manual de Evaluación de Proyectos de Inversión” Programa de Intercambio Rural. INTA Pergamino.
- Casaubon, E., Anano, A., Tassano Viaña, J. 2012. Manual de buenas prácticas silvopastoriles para producir madera de álamo y carne bovina. Ediciones INTA. 123 pp.
- Cornaglia, P., Clavijo, M., Rodríguez, D., Signorelli, A., Borodowski, E. 2011. Management practices that maximize the herbaceous productivity in temperate sylvopastoral systems. IX Internacional Rangeland Congress. Rosario, Argentina. 2 al 8 de abril de 2011
- Ferreras, L., Toresani, S., Pecorari, C. 2002. Parámetros edáficos, crecimiento y rendimiento del cultivo de trigo bajo diferentes manejos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, Vol. II, pp. 051-067.
- Fracassi, N., Quintana, R., Pereira, J., Mujica, G., Lando, R., 2014. Protocolo de Estrategias de Conservación de la Biodiversidad en Bosques Plantados de Salicáceas del Bajo Delta del Paraná. EEA Delta del Paraná, CRBN. Ediciones INTA. Noviembre 2014. ISBN 978-987-521-466-8
- Laufer, 2010. Presente y perspectivas de la “asociación estratégica” China-América Latina. XXII Jornadas de Historia Económica. Asociación Argentina de Historia Económica. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, 21 al 24 de septiembre de 2010
- Pengue, W. A. 2009. Cuestiones económico-ambientales de las transformaciones agrícolas en las Pampas. *Problemas del desarrollo*, 40(157).
- Reboratti, C. 2010. Un mar de soja: la nueva agricultura en Argentina y sus consecuencias. *Revista de Geografía Norte Grande*, 45: 63-76.
- Servicio Meteorológico Nacional. 2014. En internet: <http://www.smn.gov.ar/?mod=clima&id=30&provincia=Buenos%20Aires&ciudad=Junin>. Acceso enero 2014.
- Signorelli A., Borodowski, E., Gaute M. 2010. Situación forestal en el Delta del Paraná. Actualidad y perspectivas. Simposio Científico Académico Delta del Paraná: Historia, Presente y Futuro. 4 y 5 de Octubre de 2010. San Fernando, Buenos Aires.
- Suarez, R. 2009. Álamos integrados con ganadería vacuna en forma asociativa y sustentable. Actas del 1° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Posadas, Misiones, pp 396-400
- Tittonell, P. 2014. Ecological intensification of agriculture — sustainable by nature. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8, 53-61

## Aspectos sociales y económicos de los Sistemas Silvopastoriles en Corrientes y Misiones (Argentina)

Jorge Esquivel (h)<sup>1</sup>, Cristina Goldfarb<sup>2</sup> y Santiago Lacorte<sup>1</sup>

A través de esta presentación intentamos describir lo aprendido entre los años 1990 y 2015. La región nordeste de la República Argentina contaba con una buena ventaja competitiva, existían conocimientos tanto en la actividad forestal como en la ganadería, esto permitió que sea más corto el camino transcurrido hasta llegar a implementar sistemas silvopastoriles. Tomando como base una de las definiciones de Sistemas Silvopastoriles (SSP): "Combinación intencional de árboles, forraje y animales produciendo en la misma superficie para alcanzar la sostenibilidad ambiental, social y económica", se iniciaron una serie de investigaciones, experiencias, desarrollo de productos y conceptos que fueron afianzándose durante los últimos años. Se hará foco en los aspectos sociales y económicos de los SSP sin desestimar los ambientales.

Desde el punto de vista técnico es importante definir principalmente dos cuestiones: El producto forestal final (madera libre de nudos/madera total) y el período de ocupación ganadero (años de pastoreo/años de turno de corte de la forestación). Estos dos indicadores definen el diseño de la plantación, la especie forestal, la especie forrajera, la actividad ganadera (Cría, recría, terminación o las combinaciones) y el manejo silvícola. (Cuadro 1)

Podemos clasificar a los sistemas silvopastoriles como permanentes, cuando el período de pastoreo finaliza con la cosecha total de la forestación (tala rasa) y como temporarios cuando el sombreado impide el pastoreo hasta la tala rasa. La cantidad total de madera y el porcentaje de madera podada en los SSP, dependerá del número de árboles, la altura de poda y el diámetro a la altura del pecho final.

Lo aprendizajes y con no pocas discusiones fueron: si se podan los árboles seleccionados hay que ralea los restantes, la poda

tiene que ser a tiempo para mantener el cilindro defectuoso dentro de ciertos límites, la falta de raleo sombrea las pasturas, el comportamiento de las especies forrajeras es diferente según el porcentaje de luz recibido, no existen inconvenientes en tener rodeos de cría pariendo en los SSP, el riesgo de incendios forestales disminuye, el crecimiento diamétrico es mayor, los turnos de corte forestal disminuyen, la radiación incidente en las pasturas depende de la especie forestal, las ramas de los árboles es más gruesa en plantaciones con bajas densidades, la protección de los árboles favorece a las pasturas en períodos de sequía y heladas, entre otras más. Nos resta estudiar: la producción animal adicional de los SSP comparados con aquellos sin árboles, la calidad de la madera, distintas configuraciones de plantación (líneos apareados), el ciclo de nutrientes en el suelo, la dinámica del agua comparado con forestaciones puras, el complemento con la agricultura durante los primeros años de clausura, los costos de cosecha forestal en SSP, etc. .

Gracias a las empresas forestales extranjeras que invirtieron en la región, se incorporaron buenas prácticas de manejo en las forestaciones, sobre todo en lo concerniente a la protección laboral, viviendas, higiene, salarios. Las leyes laborales existen y se deben cumplir, el productor tiene otras opciones para ganar dinero en el campo, antes que a costas del trabajo marginal.

La decisión de implementar un SSP por parte de un productor está ligada principalmente a cuestiones culturales (ganadería o forestación como actividad única) y secundariamente a la capacidad financiera para invertir en plantaciones o en animales. El primer obstáculo se puede vencer con buenos análisis económicos que demuestren las ventajas de complementar ambas actividades, en cambio la falta de recursos financieros es más compleja. El arrendamiento, pastaje o capitalización de gana-

Cuadro 1: Indicadores productivos de distintos modelos silvopastoriles.

Modelo	A	B	C	D
DAP Final cm	30	45	36	30
Densidad final árb/ha	300	80	100	250
Alt total m.	20	25	22	22
Alt poda m.	5,5	9	5,5	5,5
Diám. Punta fina podada	26	37	32	26
Madera total tn/ha	212	159	112	194
Madera podada tn/ha	100	95	49	83
Madera no podada tn/ha	112	64	63	111
% Podado/total	47%	60%	44%	43%
Turno de corte años	16	20	14	14
Primer pastoreo años	3	2	2	3
Sombreado años	10	11	14	14
Período de pastoreo años	7	9	12	11
% pastoreo/turno corte	44%	45%	86%	79%

<sup>1</sup> Actividad Privada, <sup>2</sup> INTA EEA Corrientes.

## Area 2: Aspectos económicos y sociales de los sistemas silvopastoriles y agroforestales

Cuadro 2: Características de un proyecto SSP en las Provincias de Misiones y Corrientes.

Productor	Inversión Ganadera	Inversión Forestal	Producción SSP	Personal ganadero	Personal forestal	Barrera de salida
Misiones	Alta	Alta	Alta	Pocos	Muchos	Alta
Corrientes	Media	Baja	Media	Muchos	Pocos	Baja

do aporta los ingresos ganaderos al SSP en Establecimientos forestales que se transforman en SSP y carecen de capital para invertir en animales. En cambio los productores ganaderos que se inician en la forestación tienen regímenes de promoción del Estado (ley 26.432) como principal estímulo. Debido al atraso en el cobro de estos planes, el descreimiento de los productores frenó el crecimiento de hectáreas forestadas durante la década del '90. Una buena alternativa sería simplificar las normativas para que se puedan deducir impuestos a cambio de nuevas plantaciones, que cumplan los requisitos determinados por la autoridad forestal. El arrendamiento forestal o los créditos forestales son modalidades que todavía no están desarrolladas en el País. Al igual que en el Uruguay o el Brasil, a medida que el precio de la hectárea aumente, existan restricciones ambientales o la concentración de tierras sea regulada, comenzará a forestarse en sociedad entre las empresas forestales y los productores ganaderos, claro está, en SSP. En nuestra zona las primeras forestaciones se realizaron con aporte de capital proveniente de la ganadería y hoy una vez concluido el turno forestal, se encuentran debatiendo en hacer el segundo ciclo con forestaciones puras (si no tiene una tradición ganadera). Con esto dejamos claro que el negocio forestal es más atractivo que el negocio ganadero.

Las características de los productores de las Provincias de Misiones y Corrientes son diferentes, tanto en escala (superficie de sus propiedades) como en las tradiciones productivas. En el cuadro 2 se detallan las principales características de dichos productores.

Al no existir infraestructura ganadera, la inversión a realizar por los productores misioneros es alta, superando en la mayoría de los casos a la forestal. Esto debe tenerse muy presente en el momento de disminuir la densidad cuando el sombreado afecte el crecimiento de las pasturas. Contratar personal que trabaje con el ganado es una debilidad de los SSP de Misiones, la capacitación es esencial. En contraposición a los SSP de Corrientes donde es menor la inversión en plantar una forestación

y existen muchas personas capacitadas para el trabajo ganadero; la producción es menor (asociada a los suelos). La barrera de salida es más alta en Misiones que en Corrientes, donde la mayor superficie de los Establecimientos permite cambiar de potreros los animales si la receptividad disminuye debido al sombreado ya que la proporción de forestaciones en SSP no utiliza todas las hectáreas del Establecimiento.

El trabajo realizado por los trabajadores ganaderos y forestales tiene diferencias importantes, en el cuadro 3 se detallan algunas.

En un trabajo realizado junto a la Dra. María Cristina Goldfarb relevamos los modelos silvopastoriles desarrollados en la zona, pudimos detectar más de 80 situaciones diferentes. (Especies forestales: Pinos, Eucaliptos, Kiri, Toona, Grevillea, Araucarias, Paraísos. Especies forrajeras: Brachiarias, Pasto Elefante, Pasto Estrella, Pastizales Naturales, Setaria. Configuraciones: Macizos, Líneos Apareados. Con y sin Agricultura previa. Actividades ganaderas: Cría, Recría, Engorde, Ciclo Completo. Manejos Silvícolas: Directos o Graduales.) Esto demuestra la gran variación existente sólo desde el punto de vista productivo, la combinación aumentaría más de cinco veces si incorporamos aspectos empresariales.

El objetivo SSP dependerá de muchas variables, a modo de ejemplo, describiremos algunos modelos productivos existentes en la región. Productor A: Es una empresa ganadera y forestal con industria del aserrado. Los SSP permitieron aumentar el área forestal sin disminuir el área ganadera. Sus esquemas de manejo son sencillos para evitar problemas operativos en los raleos. Productor B: Comenzó a forestar y manejar los SSP sólo para aprovechar la promoción del Estado (no reintegrable), una vez que se complicó la cobranza discontinuó el ritmo de plantación. Productor C: El objetivo principal es forestar, utiliza los SSP para no dejar de tener ganadería porque le permite financiar los gastos anuales hasta que se cosechen las forestaciones. Productor C: Introdujo los SSP para diversificar su empresa y tener un crecimiento patrimonial mayor que con la ganadería.

Cuadro 3: Diferencias entre el trabajo ganadero y forestal

Trabajo ganadero	Trabajo forestal
Diversificado	Rutinario
Sin horarios	Con horarios determinados
Vida rural	Vida rural - urbana
Menores riesgos de accidentes	Mayores riesgos de accidentes
Recibe menos capacitación	Recibe más capacitación
Mayor contacto con los jefes	Menor contacto con los jefes
No sujeto a auditorías	Foco de las auditorías
Destrezas adquiridas, difíciles de transmitir	Tareas forestales fáciles de aprender

Productor D: Utiliza los SSP como complemento entre las dos actividades, potencia ambas. Actúa en consecuencia, tratando de mantener el equilibrio. Productor E: Aún sabiendo que las forestaciones darán escala a su empresa, no quiere perder las tradiciones ganaderas heredadas de sus antepasados. Limitó la superficie SSP. Productor F: Busca con los SSP generar trabajo más estable para su personal, dada la pequeña dimensión de su propiedad. Productor G: Crecimiento patrimonial y que sirva de reserva económica para momentos que requieran altas inversiones, sin vender su rodeo de cría. Productor H: La inferior calidad de los suelos limita el crecimiento ganadero, existiendo un techo cercano, busca aumentar la productividad con los SSP. Productor I: A través de la arborización de sus pasturas busca mejorar el confort de sus animales además de agregar valor al campo. Productor J: Diversificar actividades sin reemplazar a la ganadería. Paralelamente se desarrolló un proyecto arrocero en los sectores inundables inaccesibles para el ganado. Productor K: Aumentar la escala con los SSP para disminuir los costos del único personal en la producción ganadera. Productor L: Aumentar el patrimonio preparándose para una división familiar en el mediano plazo. El objetivo es que el patrimonio forestal sea mayor al 50% del valor de la tierra. Productor M: Incorpora los SSP sin comprometer los pastizales naturales altamente productivos, recurre a un diseño de líneas apareados con callejones anchos.

Un concepto interesante de remarcar es la diferencia que vimos entre diversificación y complementación. Un productor puede diversificar su producción incorporando a la forestación y desplazar la ganadería, en este caso no sería un SSP permanente. En cambio cuando diversifica sin desplazar a la ganadería, hablamos de "complementación". Esto tiene implícito efectos sinérgicos que potencian ambas actividades.

Trabajar con dos productos: madera y carne, permite estudiar las modificaciones entre las relaciones de cambio para decidir aumentar el ritmo de venta, compra o plantación así como actuar a "contraciclos". En el cuadro 4 se muestra una serie de precios y las relaciones entre el kg ternero y la tonelada de Pino. El planeamiento de los SSP puede realizarse mediante el método denominado de los Presupuestos Totales, tomando como base cálculos previos que consideren un análisis financiero de la inversión. La Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Actual Neto (VAN) y el período de repago fueron utilizados tradicionalmente en los cálculos realizados por los economistas

forestales. Cuando la actividad con la que debía compararse el negocio forestal tenía un resultado anual (Ganadería o Agricultura. Margen Bruto), se necesitó transformar el VAN mediante un factor de anualidad en un valor anual (Ingreso Anual Equivalente). Si bien estos cálculos nos permitían comparar las distintas opciones forestales, ganaderas y agrícolas con el fin de elegir la que tenga el mejor resultado, no incluía restricciones impuestas tanto por el productor (preferencias, capital circulante, sensaciones de mercado, mano de obra, etc.), como por el ambiente (distintos tipos de suelos presentes en el Establecimiento, Reservas). Para solucionar este inconveniente recurrimos con éxito a la Programación Lineal como mejor método para planificar en sistemas silvopastoriles.

Hoy, llegado el momento de cortar las forestaciones o estar muy próximos a ese momento, es importante ubicarnos en el otro extremo del análisis del negocio silvopastoril. Debemos calcular en base a los costos incurridos, ajustados con una tasa de interés, el costo de producción de la tonelada a vender. Este costo comparado con el precio de venta del mercado permite conocer si estamos tomando ganancias o debemos elaborar otras estrategias para alcanzarlas.

La tecnología existente, próxima a incorporarse masivamente, permitirá gestionar mejor los recursos naturales. La ayuda de *scanner* para auditar la calidad de la poda en el momento de venta, Ceptómetros para medir la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA), Procesadores para los trabajos de raleos y cosecha, Tijeras eléctricas para las tareas de poda, Drones para observar la cobertura de copas, sistemas automáticos de aguadas en los potreros, etc. Sumando todo esto a los cambios en el confort de la vida rural.

La sensación del equipo de profesionales y productores que trabajamos en conjunto es que a medida que transcurre el tiempo aparecen nuevas situaciones que requieren que ajustemos nuestros modelos; volvemos nuevamente a comenzar e imaginar nuevas situaciones que no tardan en aparecer. Estamos transitando tiempos donde es probable que cometamos errores por falta de modelos tan específicos donde podamos reflejarnos. Quizás en el mediano plazo estemos incorporando un nuevo concepto hasta ahora no profundizado como es el Valor Ambiental de los SSP. Como conclusión podemos decir que la mejor lección aprendida se resume en el poema de Antonio Machado: "caminante, no hay camino, se hace camino al andar"

Cuadro 4: Precios y relaciones de cambio entre el kg de Ternero y la tonelada de Pino

Ejercicio	Terneros U\$S/kg	Pino U\$S/tn en pie	Kg terneros comprados por tn de Pino	Kg terneros necesarios para plantar una ha de Pino
2003/2004	0,65	8,30	13	230
2004/2005	0,76	12,00	16	197
2005/2006	0,93	12,00	13	215
2006/2007	0,88	14,10	16	228
2007/2008	0,97	18,30	19	205
2008/2009	0,89	20,20	23	230
2009/2010	1,29	22,40	17	155
2010/2011	2,5	20,10	8	80
2011/2012	2,62	14,50	6	84
2012/2013	1,65	13,20	8	133
2013/2014	1,33	13,46	10	165
Promedio	1,32	15,32	13	175

# AREA

---

## 3

### **Sistemas silvopastoriles y agroforestales: aspectos ambientales y mitigación al cambio climático**



# Descomposición y liberación de nutrientes de heces ovinas en bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) bajo uso silvopastoril

H.A. Bahamonde<sup>1,2,\*</sup>; V. Gargaglione<sup>1,2</sup>; P.L. Peri<sup>1,2,3</sup>

## Resumen

Se presentan datos preliminares sobre la tasa de retorno de nutrientes y de descomposición de heces de oveja en bosques de ñire en el SO de la provincia de Santa Cruz, Argentina. Se colectaron heces frescas de oveja que pastorearon en 3 potreros, con las que se realizaron muestras a las que se analizó el contenido de materia orgánica (MO), nitrógeno (N) y fósforo (P). Para cuantificar la descomposición de MO y liberación de nutrientes, en noviembre de 2012 se instalaron bolsitas plásticas con heces (previamente pesadas) en los 3 rodales de ñire y luego fueron colectadas, pesadas y analizadas a los 2, 5, 9 y 11 meses. Según cálculos de receptividad ovina y digestibilidad del forraje para la zona de estudio las ovejas aportarían 108 kg MS de heces ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, cuya contribución de MO, N y P de las heces sería de 81; 1,9 y 0,3 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. La MO de las heces se redujo en un 32 % al final del periodo de evaluación, observando las mayores tasas durante los dos primeros meses. El 24% del N de las heces fue liberado durante los dos primeros meses, manteniéndose la mayor proporción inmovilizada durante el tiempo evaluado. Un 34 % del P de las heces fue liberado al final del estudio. Se considera que esta información contribuye a una estimación más integral de los flujos de nutrientes en bosques de ñire bajo uso silvopastoril.

**Palabras claves:** descomposición, nitrógeno, fósforo, materia orgánica.

## Decomposition and nutrients release of sheep feces in *Nothofagus antarctica* (ñire) under silvopastoral use

## Abstract

The aim of this study was to inform preliminary data on nutrients return from sheep dung decomposition in paddocks with ñire forests of SW of the Santa Cruz province, Argentina. Fresh feces of sheep that grazed in 3 ñire forests were collected and analyzed for organic matter (OM), nitrogen (N) and phosphorus (P). To quantify the OM decomposition and nutrient release, in November 2012 plastic bags were installed using the composite samples in the 3 ñire stands. Samples were collected, weighed and analyzed at 2, 5, 9 and 11 months. Based on sheep carrying capacity and forage digestibility of the study area, sheep provide 108 kg DM of feces ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>, with a contribution of OM, N and P of 81; 1.9 and 0.3 kg ha<sup>-1</sup>, respectively. The OM of feces decreased by 32% at the end of the evaluated period, mainly after the first 2 months. The N was released in 24% during the first two months being immobilized for the rest of evaluated time. Finally, 34% of P in feces was released at the end of the study. This information contributes to a more comprehensive estimation of nutrient fluxes in forests ñire under silvopastoral use.

**Key words:** decomposition, nitrogen, phosphorus, organic matter.

\* Autor de correspondencia: bahamonde.hector@inta.gov.ar <sup>1</sup>INTA <sup>2</sup>UNPA <sup>3</sup>CONICET



# Exportación de nutrientes en bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) raleados para uso silvopastoril. Pautas para su atenuación

H.A. Bahamonde<sup>1,2\*</sup>; P.L. Peri<sup>1,2,3</sup>; V. Gargaglione<sup>1,2</sup>

## Resumen

Este trabajo analizó flujos de nutrientes en bosques de ñire con y sin uso silvopastoril en Patagonia Austral, como base para sugerir pautas de manejo sustentable en estos sistemas. Basados en datos reportados en bibliografía, se calcularon valores de cada nutriente a nivel de árbol individual en función de su edad, clase de copa (CC) y la clase de sitio (CS). Se estimaron los contenidos de nutrientes a nivel rodal para bosques sin intervención (BSI) y las exportaciones generadas por raleos para uso silvopastoril (USP). Similarmente, con datos medidos durante 10 años se calculó la variación en el aporte de nutrientes provenientes de hojarasca en función de raleos en diferentes CS. Los cálculos se hicieron para dos tipos de raleo determinados por diferencias en las proporciones de CC remanentes y dos CS. Los valores de exportación de (C) por raleo tendrían distintas intensidades dependiendo de la CS y de cada tipo de raleo. Al modificar las proporciones de CC remanentes post raleo en ambas CS se redujo la exportación de C, de 31 a 20% y de 16 a 8% para CS IV y V, respectivamente. El porcentaje de exportación de otros nutrientes varió entre CS. La reducción del retorno potencial de nutrientes anual por hojarasca, no varió entre CS para un mismo tipo de raleo. No obstante, tales pérdidas también se verían disminuidas modificando la estructura de los árboles remanentes posterior al raleo para ambas CS. Esta información permite proponer pautas de manejo silvícola que tiendan a disminuir las exportaciones de C y otros nutrientes generadas por los raleos a corto plazo.

**Palabras clave:** Bosque nativo, carbono, remoción de árboles.

## Export of nutrients in *Nothofagus antarctica* (ñire) forests thinned for silvopastoral use. Guidelines for attenuation

## Abstract

This work analyzed nutrient fluxes in managed and unmanaged ñire forests for silvopastoral use in Southern Patagonia, as a basis to suggest guidelines for sustainable management in these systems. Based on literature data, nutrient values at individual tree level depending on their age, crown class (CC) and site class (SC) were calculated. From this, nutrient contents at stand level for unmanaged forests (UF) and exports generated by thinning for silvopastoral use (TSU) were estimated. Similarly, using data measured from 10 years, the variation in the supply of nutrients from litterfall was calculated in different SC. Calculations were made for two types of thinning determined by differences in the proportions of CC remnants and two SC. Carbon (C) export values by thinning had different impacts depending on the SC and each type of thinning. By modifying the proportions of remaining CC trees post thinning, C export was reduced from 31 to 20% and from 16 to 8% for SC IV and V, respectively. The export percentage of other nutrients varied between SC. The potential annual nutrient return from litter did not differ between SC for the same type of thinning. However, such losses would also be decreased by modifying the remaining structure after thinning for both SC. This information provides a guideline for silvicultural management that aim to reduce C and other nutrients exports generated by thinning in the short term.

**Keywords:** Native forest, carbon, tree removal.

\* Autor de correspondencia: bahamonde.hector@inta.gov.ar <sup>1</sup>INTA <sup>2</sup>UNPA <sup>3</sup>CONICET

## Introducción

La especie *Nothofagus antarctica* (ñire) cubre una superficie aproximada de 431.000 ha en la porción Austral de Patagonia argentina (Santa Cruz y Tierra del Fuego) distribuida en distintas calidades de sitio, de las cuales un 70% tiene potencial uso silvopastoril enmarcado en la Ley Bonasso (26.331) de Presupuestos Mínimos Ambientales de bosques nativos (Collado 2001; Peri y Ormaechea 2013). Esto implica la posibilidad de aplicar raleos a los bosques de ñire que permitan una mayor entrada de luz para aumentar su producción forrajera y receptividad ganadera (Peri 2009; Bahamonde y Peri 2013). Asimismo, este tipo de prácticas silvícolas generan modificaciones como cambios en la diversidad del sotobosque (Quinteros et al. 2010), regeneración por semillas (Bahamonde et al. 2013a), y producción y calidad forrajera del sotobosque (Bahamonde et al. 2012a). Bien conocido es el rol fundamental de los nutrientes en el desarrollo de los sistemas boscosos y los servicios ecosistémicos que éstos entregan (Adams, 2007). Particularmente,

en los bosques de ñire existen varios estudios relacionados a los flujos de nutrientes y su modificación con el uso silvopastoril de los mismos: acumulación de carbono y otros nutrientes en biomasa aérea y subterránea (Peri et al. 2006; 2010; Gargaglione et al. 2013); caída y descomposición de hojarasca (Bahamonde et al. 2012b; Bahamonde et al. 2014); mineralización de N del suelo (Bahamonde et al. 2013b). Sin embargo, esta información se encuentra disponible como trabajos individuales inconexos entre sí. Por otro lado, la citada Ley 26.331 vigente en Santa Cruz y Tierra del Fuego, implica que para el uso silvopastoril de los bosques de ñire se deban presentar planes de manejo tendientes a minimizar los impactos negativos que ello conlleve. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue analizar en forma integrada la información existente respecto a los flujos de nutrientes en bosques de ñire con y sin uso silvopastoril en Patagonia Austral, y que esto sirva como base para sugerir pautas de manejo sustentable en estos sistemas.

## Materiales y Métodos

En base a los datos reportados por Peri et al. (2006, 2008 y 2010) y Gargaglione et al. (2013), donde se informan valores medidos de acumulación de nutrientes (C, N, P, K, Ca, S y Mg) en árboles de ñire (parte aérea y raíz) para distintas edades, clases de sitio (CS) y clases de copa, se calcularon los valores de cada nutriente a nivel de árbol individual en función de su edad, clase de copa (dominante, codominante, intermedio y suprimido) y la CS. De esta manera se estimaron los contenidos de nutrientes a nivel rodal para bosques sin intervención (BSI) y se calcularon las exportaciones que se producirían debido a raleos para uso silvopastoril (USP). Similarmente, con datos medidos

durante 10 años en rodales con y sin intervención creciendo en distintas CS (Bahamonde et al. 2014) se calculó la variación anual en el aporte de nutrientes provenientes de la hojarasca en función de raleos en diferentes CS. Los cálculos de exportación de nutrientes se realizaron comparando BSI en CS IV y V ya que representan más del 90 % de los bosques de ñire en Santa Cruz (Peri y Ormaechea 2013). Asimismo, los cálculos se hicieron para dos tipos de raleo (Casos 1 y 2) determinados por diferencias en las proporciones de clases de copa remanentes (Tabla 1), basados en las parcelas evaluadas en Bahamonde et al. (2014)

**Tabla 1.** Principales parámetros dasométricos de rodales de *Nothofagus antarctica* creciendo en dos diferentes clases de sitio (CS) y dos tipos de raleo (Casos) en Patagonia sur (basados en parcelas evaluadas en Bahamonde et al. 2014).

Uso	CS	Caso 1					Caso 2					
		Cob. (%)	Densidad (árb ha <sup>-1</sup> )	ÁB (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Dom (%)	Cod (%)	Int (%)	Sup (%)	Dom (%)	Cod (%)	Int (%)	Sup (%)
BSI	IV	85	895	58	33	23	27	17	33	23	27	17
USP	IV	55	460	31	35	30	22	13	65	25	10	0
BSI	V	80	962	44	21	28	22	29	21	28	22	29
USP	V	49	440	25	36	27	23	14	65	25	10	0

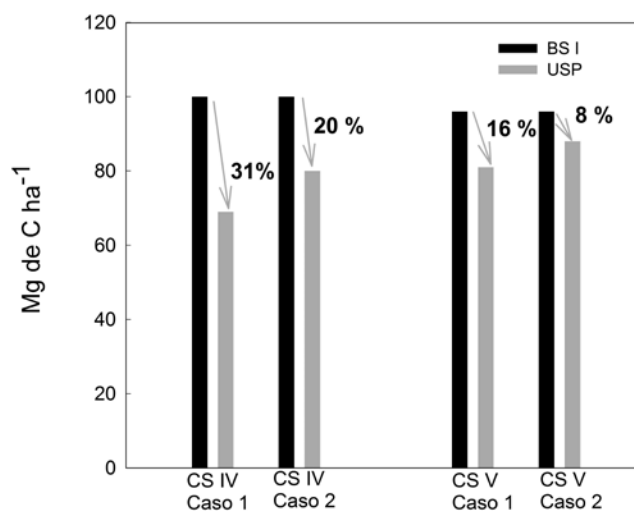
BSI: bosque sin intervención; USP: uso silvopastoril; Cob: cobertura de copas; Dom: dominantes; Cod: codominantes; Int: intermedios; Sup: suprimidos.

## Resultados y Discusión

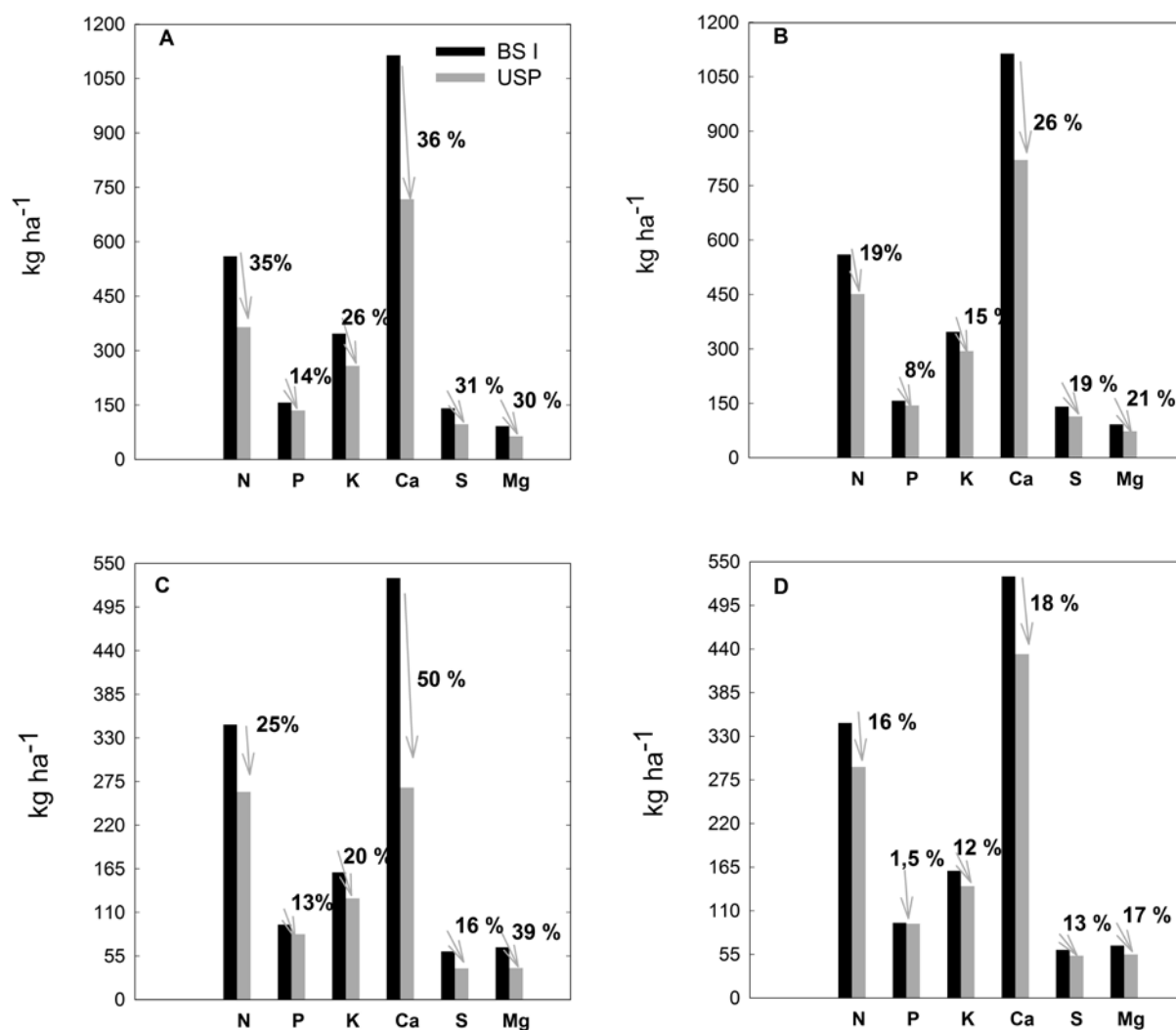
Los valores de exportación de C por la remoción de árboles tendrían distintas intensidades dependiendo de la CS y de cada tipo de raleo o caso (Fig. 1). En CS IV ante un mismo tipo de raleo la exportación de C es mayor que en CS V, a pesar de que en ambas CS el área basal remanente después del raleo es similar (53 y 56 % para CS IV y V, respectivamente). Esto se debe a que los árboles creciendo en CS V acumulan mayor proporción de biomasa y C en la parte subterránea (Peri et al. 2010; Gargaglione et al. 2013). Por otro lado, al modificar las proporciones de clases de copa remanentes después del raleo (Casos 1 y 2, Tabla 1) en ambas CS se redujo la exportación de C, disminuyendo de 31 a 20% y de 16 a 8% para CS IV y V, respectivamente (Fig. 1). Esto era esperable considerando que los árboles dominantes acumulan mayor cantidad de C que las demás clases de copa (Peri et al. 2010). Antecedentes indican que en el mediano plazo los bosques de ñire con manejo silvícola para uso silvopastoril fijan más C que un rodal sin ralear (Peri 2011), lo cual estaría dado por una mayor producción de biomasa herbácea (Bahamonde et al. 2012a) y mayor actividad en el ciclado de nutrientes en bosques raleados (Sharro e Imail 2004). La comparación hecha en este trabajo, permite cuantificar la disminución de C fijado generada por los raleos en estos bosques nativos de ñire para su uso silvopastoril en lo inmediato después de su intervención. Asimismo, estos datos permiten sugerir que al realizar un raleo para USP en estos bosques de ñire se podrían disminuir las exportaciones de C modificando las proporciones de clases de copa remanentes.

El porcentaje de exportación de cada nutriente varió entre CS (Fig. 2). Por ejemplo, para el raleo en caso 1, mientras que la exportación de N, K y S resultó menor en CS V, para

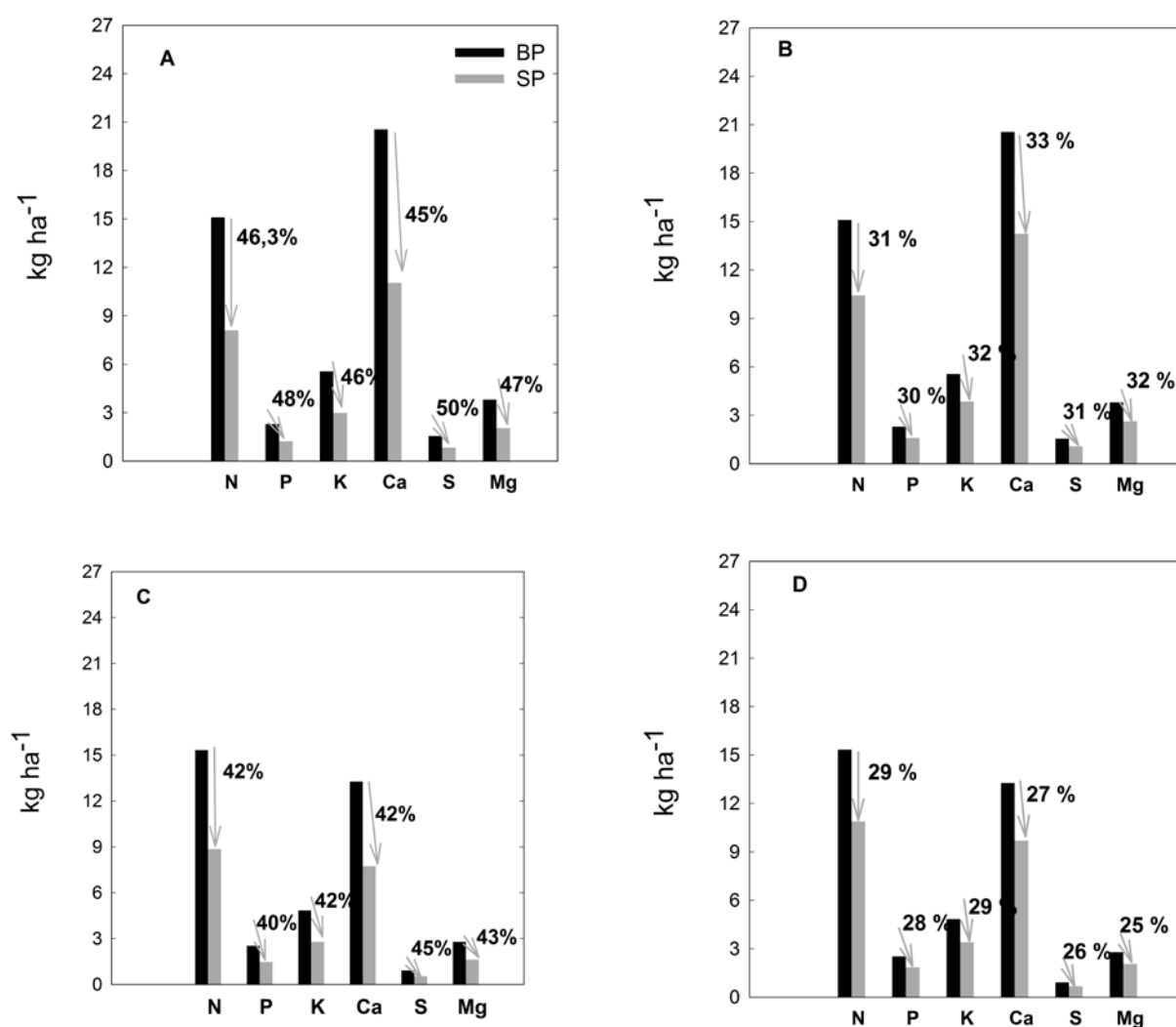
el Ca y Mg fue mayor (Fig. 2A y 2C). Esto se debe a que en CS V; N, K y S se acumulan en mayor proporción en raíces (Peri et al. 2008; Gargaglione et al. 2013). Por otro lado, se observó una reducción en la exportación de nutrientes con el raleo "caso 2" para ambas CS (Fig. 2B y 2D). Destacan en CS V la disminución en la exportación de P y Ca entre los dos casos de raleo, donde el P extraído se reduciría de 13 a 1,5 % mientras que el Ca se vería reducido de un 50 a 18 % (Fig. 2C y 2D). Estas altas reducciones en la exportación de P y Ca serían el producto de una combinación de mayor acumulación en raíces y árboles dominantes que se dejan posterior al raleo, de acuerdo a los datos medidos en Peri et al. (2008). También se ha informado que en estos bosques la apertura del canopeo producida por los raleos incrementa la tasa de descomposición de hojas (Bahamonde et al. 2012b), lo cual incrementaría la tasa de respiración del suelo. Sin embargo, en el mismo trabajo no se detectaron diferencias en la tasa de liberación de nutrientes entre distintas coberturas de copa. De manera similar, Bahamonde et al. (2013b) informaron que aperturas intermedias del dosel no modificaron la mineralización neta de N de suelo comparadas con aperturas similares a un bosque sin raleo. En relación al retorno potencial de nutrientes anual por la caída de hojarasca, las pérdidas ocasionadas por los raleos no se manifiestan diferencialmente entre CS para un mismo caso de raleo (comparación Fig. 3A con Fig. 3C; Fig. 3B con Fig. 3D). No obstante, tales pérdidas también se verían disminuidas modificando la estructura de los árboles remanentes posterior al raleo para ambas CS. Esto era esperable si consideramos que los árboles dominantes y codominantes aportan entre un 70 y 80% del total de hojas y ramas finas en rodales de ñire de distintas edades (Peri et al. 2008).



**Figura 1.** Exportación de C en bosques de *Nothofagus antarctica* sin intervención (BSI) y bajo uso silvopastoril (USP) en dos clases de sitio (CS)\* sometidos a dos tipos de raleo (casos) (ver Tabla 1). \*CS IV: altura de árboles dominantes entre 8 y 10 m; CS V: altura de árboles dominantes < 8 m.



**Figura 2.** Exportación de nutrientes por extracción de árboles en bosques de *Nothofagus antarctica* sin intervención (BSI) y bajo uso silvopastoril (USP) en dos clases de sitio (CS)\* sometidos a dos tipos de raleo (casos) (ver Tabla 1). \*CS IV: altura de árboles dominantes entre 8 y 10 m; CS V: altura de árboles dominantes < 8 m. A: CS IV caso 1; B: CS IV caso 2; C: CS V caso 1; D: CS V caso 2.



**Figura 3.** Exportación de nutrientes por hojarasca de árboles en bosques de *Nothofagus antarctica* sin intervención (BSI) y bajo uso silvopastoril (USP) en dos clases de sitio (CS)\* sometidos a dos tipos de raleo (casos) (ver Tabla 1). \*CS IV: altura de árboles dominantes entre 8 y 10 m; CS V: altura de árboles dominantes < 8 m. A: CS IV caso 1; B: CS IV caso 2; C: CS V caso 1; D: CS V caso 2.

## Conclusiones

Considerando la importancia que tiene la fijación de C en un contexto de aumento de su concentración como gas invernadero en la atmósfera, contar con este tipo de información permite proponer pautas de manejo silvícola que tiendan a disminuir las pérdidas generadas por los raleos a corto plazo. Asimismo, reconociendo la relevancia del ciclado de nutrientes como base de la productividad de estos ambientes en donde no hay fertilización externa, es importante contar con

este tipo de cuantificación. En este contexto, se propone como criterio que la estructura remanente de rodales de ñire después de su raleo para uso silvopastoril, conserve altas proporciones de árboles dominantes y codominantes, para reducir la exportación de C y otros nutrientes. También se propone que no se extraiga todo el material raleado, dejando en el lugar las ramas finas, y en lo posible realizar los raleos posterior a la caída de hojarasca para que esta quede en el suelo.

## Bibliografía

- Adams, M., 2007. Nutrient Cycling in Forests and Heathlands: an Ecosystem Perspective from the Water-Limited South. En: Nutrient Cycling in Terrestrial Ecosystems, Petra Marschner Zdenko Rengel (Eds.). ISBN 978-3-540-68026-0 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, pp: 333-360.
- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Alvarez, R., Barneix, A., 2012a. Producción y calidad de gramíneas en un gradiente de calidades de sitio y coberturas en bosques de *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst. en Patagonia. *Ecología Austral* 22, 62–73.
- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Alvarez, R., Barneix, A., Moretto, A., Martínez Pastur, G., 2012b. Litter decomposition and nutrients dynamics in *Nothofagus antarctica* forests under silvopastoral use in Southern Patagonia. *Agroforestry Systems* 84, 345–360.
- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., 2013. Receptividad ganadera en bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) bajo uso silvopastoril en Patagonia sur basado en los requerimientos energéticos de los animales. Pp. 10. 4° Congreso Forestal argentino y latinoamericano, 23-27 de Septiembre, Misiones, Argentina.
- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Monelos, L.H., Martínez Pastur, G., 2013a. Regeneración por semillas en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* bajo uso silvopastoril en Patagonia Sur, Argentina. *Bosque* 34, 89–101.
- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Alvarez, R., Barneix, A., Moretto A., Martínez Pastur, G., 2013b. Silvopastoral use of *Nothofagus antarctica* in Southern Patagonian forests, influence over net nitrogen soil mineralization. *Agroforestry Systems* 87, 259–271.
- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Martínez Pastur, G., Monelos, L., 2014. Litterfall and nutrients return in *Nothofagus antarctica* forests growing in a site quality gradient with different management uses in Southern Patagonia. *European Journal of forest research*. Doi: 10.1007/s10342-014-0837-z.
- Collado, L., 2001. Los Bosques de Tierra del Fuego. Análisis de su estratificación mediante imágenes satelitales para el inventario forestal de la Provincia. *Multequina* 10, 1–16.
- Gargaglione, V., Peri P. L., Rubio, G., 2013. Partición diferencial de nutrientes en árboles de *Nothofagus antarctica* creciendo en un gradiente de calidades de sitio en Patagonia Sur. *Bosque* 34, 291-302.
- Peri, P.L., Gargaglione, V., Martínez Pastur, G., 2006. Dynamics of above- and below-ground biomass and nutrient accumulation in an age sequence of *Nothofagus antarctica* forest of Southern Patagonia. *Forest Ecology and Management* 233, 85–99.
- Peri, P.L., Gargaglione, V., Martínez Pastur, G., 2008. Above and belowground nutrients storage and biomass accumulation in marginal *Nothofagus antarctica* forests in Southern Patagonia. *Forest Ecology and Management* 233, 85–99.
- Peri, P., 2009. Evaluación de Pastizales en bosques de *Nothofagus antarctica* – Método Ñirantal Sur. Pp 335-342 en Actas del 1° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, 14-16 Mayo, Misiones, Argentina.
- Peri, P.L., Gargaglione, V., Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., 2010. Carbon accumulation along a stand development sequence of *Nothofagus antarctica* forests across a gradient in site quality in Southern Patagonia. *Forest Ecology and Management* 260, 229–237.
- Peri, P.L., 2011. Carbon storage in cold temperate ecosystems in Southern Patagonia, Argentina. En: Biomass and remoting sensing of biomass, Islam Atazadeh (Ed.) ISBN 978-953-307-490-0, In Tech, Croatia, pp. 213-226.
- Peri, P.L., Ormaechea, S.G., 2013. Relevamiento de los bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Santa Cruz: base para su conservación y manejo, Ediciones INTA, Buenos Aires, pp. 88.
- Quinteros, P., Hanzen, N., Kutschker, A., 2010. Composición y diversidad del sotobosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) en función de la estructura del bosque. *Ecología Austral* 20, 225–234.
- Sharrow, S.H., Ismail, S., 2004. Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. *Agroforestry Systems* 60, 123-130.

# Silvopastoreo en robledales viejos con distintos grados de cobertura como una opción de manejo sustentable en la Región del BíoBío, Chile

F. Dube<sup>1\*</sup>; B. Müller-Using<sup>1</sup>; N. Stolpe<sup>2</sup>; E. Zagal<sup>2</sup>; M. Doussoulín<sup>3</sup>

## Resumen

Una parte importante del bosque nativo chileno se encuentra en un estado que no permite el aprovechamiento de sus productos madereros. Un ejemplo son los robledales adultos en la zona andina del BíoBío que, a pesar de varios floreos que han experimentado a través del tiempo ejercen valiosas funciones ambientales y juegan un rol en el sustento de las comunidades campesinas. Un uso no maderero socio económicamente muy importante es el silvopastoreo. Sin embargo, en la práctica no es objeto de planes de manejo con fines no madereros, sino que este uso se está practicando sin reglamentación alguna, en la mayoría de los casos sin respetar el criterio de la sustentabilidad. Se instaló a mediados de 2014 un ensayo silvopastoril en el predio Ranchillo Alto de la Universidad de Concepción en los Andes, Región del BíoBío. Los principales objetivos de este proyecto son: (i) Rejuvenecer eficazmente con especies nativas el recurso forestal sobremaduro; (ii) Evaluar la cantidad y calidad del pasto sembrado bajo diferentes grados de cobertura arbórea, y su efecto sobre la producción animal; e (iii) incentivar el establecimiento de módulos silvopastoriles en las propiedades de las comunidades aledañas al predio. Se identificaron 3 grados de cobertura, a saber: abierto, semi abierto y semi cerrado, con una superficie total de 24 ha. Se establecieron plantaciones complementarias con plantas altas de roble y raulí, debidamente protegidas. Se cercaron todas las parcelas para poder establecer un sistema de pastoreo rotativo. Se prepararon áreas de producción de fardos de avena-vicia para asegurar la alimentación del ganado en invierno. Se medirá periódicamente la producción de pasto y su calidad forrajera, así como la ganancia de peso vivo del ganado. El principal resultado esperado es mejorar la calidad de vida y bienestar de los productores rurales, usando los conocimientos adquiridos del sistema silvopastoril propuesto.

**Palabras claves:** Bosque sobremaduro, CONAF, *Nothofagus obliqua*, rejuvenecimiento

<sup>1</sup> Department of Silviculture, Faculty of Forest Sciences, University of Concepción, Victoria 631, Casilla 160-C, Concepción, Chile. Tel: +56 41 220 4982; Email: fdube@udec.cl. <sup>2</sup> Department of Soils and Natural Resources, Faculty of Agronomy, University of Concepción, Vicente Méndez 595, Chillan, Chile. <sup>3</sup> Department of Animal Production, Faculty of Agronomy, University of Concepción, Vicente Méndez 595, Casilla 537, Chillan, Chile.

# Conversión a una ganadería sustentable sector Peña Larga, Cuenca del Masparro, Barinas, Venezuela

## Conversion to sustainable livestock at Peña Larga, Masparro basin, Barinas, Venezuela

*E. Delgado.<sup>1,3</sup>; N. Pérez<sup>2</sup>; L. Toledo<sup>1</sup>; M. Rodríguez<sup>1</sup>; E. Briceño<sup>3</sup>, J. Paredes<sup>3</sup>*

### Resumen

La comunidad de Peña Larga está ubicada en un área bajo régimen especial (ABRAE) entre tres grandes represas Masparro en Barinas y Bocono-Tucupido en Portuguesa. Estas represas han sido afectadas por la intervención antrópica durante muchos años. En este sentido la comunidad de Peña Larga sensibilizada con el impacto negativo sobre el ecosistema consideró la conversión a un sistema más amigable con el ambiente que les permita mitigar el efecto de la ganadería. En este sentido la Academia de Ciencias Agrícolas de Venezuela (ACAV) propuso la implementación de un programa agrosilvopastoril de cambios escalonados cuantitativos y cualitativos para un proceso de diversificación pecuaria, agrícola y forestal participativo en tres fases: en la primera se realiza un diagnóstico de las unidades de producción, en la segunda fase se toman en cuenta las características de cada unidad de producción diagnosticada y se formula el plan de conversión concertado y en la tercera fase se evalúa el resultado del plan de conversión implementado. En este trabajo se presentan los resultados de la primera fase: en mayo del 2014 se realizó el diagnóstico en 15 unidades de producción mediante la aplicación de un cuestionario para determinar la situación inicial y los recursos existentes en las unidades de producción, las variables estudiadas fueron: Datos del propietario, tenencia de tierra, datos de la ubicación de la unidad de producción, servicios básicos existentes, superficie de la unidad de producción, infraestructura presente, maquinarias y equipos, números y tipos de animales, cultivos existentes, tipos de pastos y especies y número y tipo de árboles presentes. Los resultados del diagnóstico indican que los productores no poseen títulos de las tierras, solo derecho a uso; escasos servicios básicos, superficie promedio de 20 ha, actividad agrícola principal la ganadería con 10 animales en promedio y diversificación de especies como; ovinos, caprinos, porcinos, equinos y aves, escasa división de potreros, poca infraestructura, maquinaria y equipos, pastos introducidos presentes en pobres condiciones, escasa a nula presencia de árboles, entre los principales cultivos se identifican: yuca, maíz, caña, ají y musáceas. Para aplicar el programa de manejo integral ganadero, se tomara en cuenta la rotación de potreros, días de usos y descanso, carga animal, aporte integral de forraje, plan de fertilización alternativo, recursos alternativo de alimento, suplementación estratégica y plan de sanitario ecológico.

**Palabras claves:** *sistemas agrosilvopastoriles, manejo de cuenca, investigación acción*

**Key words:** *agroforestry system, livestock conversion, watershed management*

<sup>1</sup> Academia de Ciencias Agrícolas de Venezuela, <sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, <sup>3</sup> Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora "UNELLEZ", \* delgadohej@gmail.com



# Monitoreo de copas empleando fotos hemisféricas en raleos de *Nothofagus antarctica* en Tierra del Fuego

G. Martínez Pastur; J.M. Cellini; M.V. Lencinas; R. Soler; H.A. Bahamonde; P.L. Peri. \*

## Resumen

La propuesta de manejo para bosques de *Nothofagus antarctica* es el manejo silvopastoril, que incluye raleos. Sin embargo, no está claro que variables son las más efectivas para cuantificar la influencia de los raleos. El objetivo fue analizar el uso de fotos hemisféricas en monitoreos de largo plazo en bosques raleados en Tierra del Fuego. Se analizaron dos niveles de raleos y un testigo a lo largo de 6 años después de la corta mediante fotos hemisféricas. Se encontraron diferencias significativas en las variables analizadas (cobertura de copas, índice de área foliar relativo y diferentes medidas de radiación) entre tratamientos y años estudiados. El empleo de las fotografías permitió cuantificar la respuesta de las intervenciones silvícolas y el ataque de una plaga (*Ormiscodes amphimone*) frente a diferentes condiciones de rodal (bosques manejados vs. bosques no manejados). El uso de las fotos hemisféricas permitió, en forma económica y rápida, estimar variables que influyen sobre el sotobosque. El empleo de estos indicadores es una herramienta útil para diseñar nuevas estrategias de manejo forestal al predecir la respuesta del canopeo ante diferentes situaciones (e.g., ataque de plagas).

**Palabras clave:** cobertura, índice de área foliar, radiación, plagas, monitoreo.

## Overstory cover monitoring using hemispherical photographs in thinnings of *Nothofagus antarctica* in Tierra del Fuego

## Abstract

The proposals of use for the *Nothofagus antarctica* forests is the silvopastoral management, which includes thinnings. However, it is not clear which variables are the most effective to quantify the thinnings influence. The objective was to analyse the use of hemispherical photographs during long-term monitoring in thinned stands in Tierra del Fuego. Two levels of thinning were studied along six years after cuttings, as well as a control site, using hemispherical photographs. Significant differences were found in the studied variables (crown cover, relative leaf area index and different radiation measurements) between treatments and studied years. The employment of these photographs allows us to quantify the responses of the silvicultural interventions and the insect attack (*Ormiscodes amphimone*) in a wide range of stand conditions (managed vs. unmanaged stands). The use of hemispherical photographs give the chance, both quickly and feasible economically, estimate those variables that directly influence over the understory. The use of these indicators is a powerful tool that allowed developing new forest management strategies, due to they can predict the canopy response in different growth conditions (e.g., insect attack).

**Keywords:** crown cover, leaf area index, radiation, insect plague, monitoring.

\* Laboratorio de Recursos Agroforestales, Centro Austral de Investigaciones Científicas (CONICET). Houssay 200 (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego. E-mail: gpastur@conicet.gov.ar.

## Introducción

La propuesta de manejo para bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) en Patagonia Sur es el manejo silvopastoril, que apunta a favorecer las interacciones beneficiosas para lograr un incremento de la producción (Martínez Pastur et al., 2013b). Esta propuesta incluye la apertura del dosel (30% a 60% de cobertura final) para mejorar las pasturas, así como el crecimiento y la calidad maderera de los árboles remanentes (Peri et al., 2012). Al presente, es insuficiente la información acerca de la respuesta de los bosques de ñire ante la realización de este tipo de manejo (e.g., Ivancich et al., 2010; 2012; Peri et al., 2012; 2013; Martínez Pastur et al., 2013a; 2013b), y no está claro que tipo de indicadores son

los más adecuados para efectuar los monitoreos. Trabajos previos, establecieron que el uso de parcelas permanentes permite conocer la evolución y respuesta de los árboles a las intervenciones silvícolas, y frente a eventos naturales (bióticos o abióticos) que puedan afectar su estructura forestal (e.g. plagas) (Martínez Pastur et al., 2013a), así como cuantificar otras variables de alto impacto sobre la productividad del dosel arbóreo y del sotobosque (Bahamonde et al., 2013; 2015). El objetivo de este trabajo fue analizar la efectividad del uso de las fotos hemisféricas en monitoreos de largo plazo (6 años) en un bosque raleado de *Nothofagus antarctica* en la Ea. San Pablo (Tierra del Fuego).

## Materiales y Métodos

La Ea. Cabo San Pablo en la provincia de Tierra del Fuego ha comenzado a manejar sus bosques para integrarlos dentro de un manejo silvopastoril. Dentro de este plan de acciones, se estableció un ensayo experimental de raleos (5 ha) de bosques secundarios (54°15'46"LS 66°59'41"LO) de calidad media (altura media dominante de 10,1 m y 48 años de edad) (Ivancich et al., 2011) durante el invierno del año 2009. En estos bosques secundarios se seleccionaron tres rodales con similares características. Dos de ellos fueron raleados con diferentes intensidades: un raleo fuerte (RF) dejando un área basal (AB) remanente de 12 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, y un raleo suave (RS) donde el AB remanente fue de 18 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>; mientras que un tercero fue dejado como un bosque control sin intervención (C). Datos de la estructura original y la respuesta durante los primeros años después de la corta han sido previamente informados (Ivancich et al., 2010; Ivancich et al., 2012; Martínez Pastur et al., 2013a).

Para evaluar la evolución de los raleos se estableció un sistema de monitoreo de las copas del dosel remanente, definiendo cinco puntos fijos por tratamiento, homogéneamente distribuidos en los rodales. En cada uno de estos puntos fijos, se tomaron fotos hemisféricas del canopeo forestal a 1 m de altura desde el nivel del piso forestal durante seis años en el mes de enero (2010-2015). Las fotos fueron obtenidas mediante el uso de un lente ojo de pescado marca Sigma (Japón) 8 mm montado en un cuerpo de cámara digital de 35 mm marca Nikon (Japón) con un trípode nivelado para asegurar la posición horizontal del lente y la altura. Cada foto fue tomada de modo que la misma estuviera orientada con referencia

al norte magnético. Previo al análisis, las fotos fueron procesadas mediante el software Photoshop (USA) a través del uso de un filtro azul con la herramienta mezclador de canales para disminuir el contraste del cielo y las copas generando una imagen nueva con diferentes tonos de grises. Para el análisis de las fotos se empleó el software Gap Light Analyzer v.2.0 (Robison y McCarthy, 1999) obteniendo: (i) la cobertura de copas (CC) como el porcentaje de canopeo forestal en la foto; (ii) el índice de área foliar relativo (IAFR) integrado sobre el zenit considerando un ángulo entre 0° y 60° (Stenberg et al., 1994); (iii) la radiación total transmitida (RT) al nivel del sotobosque, diferenciada entre radiación directa (RDIR) y difusa (RDIF), ambos expresados en términos relativos. El programa fue suplementado con las siguientes variables: (a) una proyección de la distorsión provistas por el fabricante del lente; (b) una grilla de división del cielo compuesta por 20 azimuts y 4 regiones de cenit; (c) una constante de 1367 W.m<sup>2</sup> para la radicación solar que llega a la Tierra y un coeficiente de transmisión de claridad del cielo de 0,6; (d) un índice de nubosidad, fracción espectral y una relación entre la radiación directa y global obtenidos a partir de serie de datos de radiación (años 2004-2005) de la Universidad de Magallanes y la Estación VAG-Ushuaia (Global Atmospheric Watch Station). Las variables obtenidas fueron evaluadas mediante un análisis de la varianza (ANOVA) múltiple, analizando como factores a los tratamientos (C, RS, RF) y los años desde la corta (2010-2015). Se empleó el test de Tukey para comparar las medias con una significancia de p=0,05, utilizando el software Statgraphics (USA).

## Resultados y Discusión

Las ANOVAs presentaron diferencias significativas para todas las variables analizadas para los dos factores (tratamiento y años desde la corta) estudiados (Tabla 1). La cobertura de copas y el IAFR promedio mantuvieron la relación del diseño experimental propuesto ( $C > RS > RF$ ), al igual que las variables de radiación estudiadas que tuvieron una relación inversa ( $C < RS < RF$ ). En promedio para los años estudiados el raleo suave representó una disminución del 11% y el raleo fuerte un 27% de la cobertura canopeo respecto del bosque control, permitiendo incrementar la radiación transmitida al nivel del

sotobosque desde un 26% (C) a un 37% (RS) y un 54% (RF). Esto se refleja claramente en las fotografías obtenidas, presentando en la Fig. 1 una comparación entre el primer y el sexto año después de las intervenciones. Las fotos hemisféricas permitieron capturar las variaciones en las copas de los rodales abarcando toda la esfera celeste incluyendo la mortalidad de individuos o partes de los mismos.

A lo largo de los años estudiados, las intervenciones silvícolas mejoraron los niveles de radiación, y como fuera informado previamente, los niveles de humedad del suelo

**Tabla 1.** ANOVAs para la cobertura de copas (CC), índice de área foliar relativo (IAFR), porcentaje de radiación directa transmitida (TDIR), porcentaje de radiación difusa transmitida (TDIF) y porcentaje de radiación total (RT) analizando los tratamientos de raleo (C: control, RS: raleo suave, RF: raleo fuerte) y los años después de la corta (2010 a 2015).

Factor		CC (%)	IAFR	TDIR (%)	TDIF (%)	RT (%)
A: Tratamiento	C	80,6 c	1,69 c	27,7 a	25,7 a	26,0 a
	RS	71,9 b	1,25 b	38,1 b	37,0 b	37,1 b
	RF	58,5 a	0,73 a	56,1 c	53,2 c	53,6 c
	F	296,26	161,47	110,57	293,26	264,02
	(p)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)
B: Años	2010	67,0 ab	1,15 ab	45,7 bc	41,7 bc	42,4 bc
	2011	71,4 c	1,25 abc	40,9 bc	38,1 b	38,6 b
	2012	65,5 a	1,03 a	47,4 c	43,2 c	43,9 c
	2013	70,3 bc	1,18 ab	38,9 b	38,8 bc	38,7 b
	2014	71,6 c	1,27 bc	40,8 bc	37,2 ab	37,8 b
	2015	76,1 d	1,45 c	30,2 a	32,8 a	32,2 a
	F	16,65	6,75	9,82	10,22	11,33
	(p)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)
A x B	F	2,98	1,46	1,66	2,03	1,96
	(p)	(0,003)	(0,172)	(0,108)	(0,042)	(0,051)

F(p): Test de Fisher y probabilidad. Letras diferentes indican diferencias por el test de Tukey ( $p = 0,05$ ).

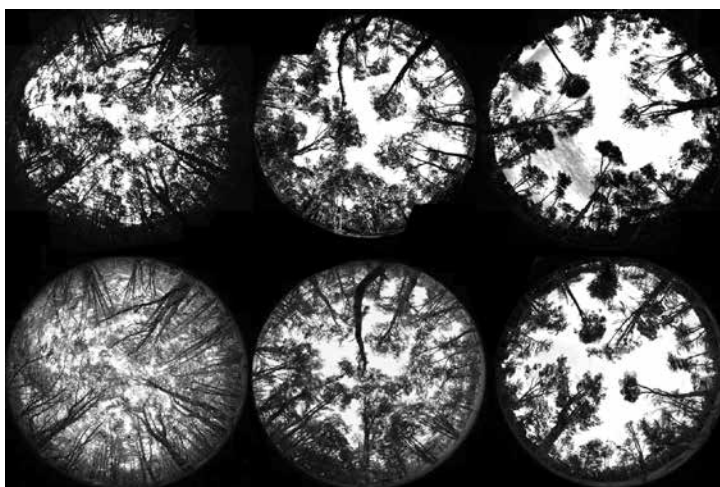


Figura 1. Cobertura de copas en el control, raleo suave y raleo fuerte (de izquierda a derecha) en los años 2010 (arriba) y 2015 (abajo).

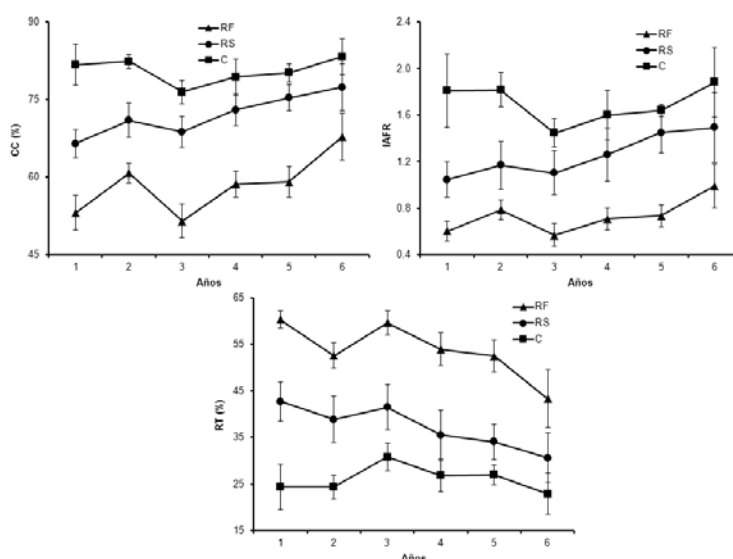


Figura 2. Evolución de la cobertura de copas (CC), índice de área foliar relativo y porcentaje de la radiación total transmitida (RT) en el raleo fuerte (RF), raleo suave (RS) y el control (C) a lo largo de los años después de la corta. Los desvíos son  $\pm$ desviación estándar.

y crecimiento del dosel remanente (Ivancich et al., 2010; 2012; Peri et al., 2012; 2013; Martínez Pastur et al., 2013a; 2013b), cumpliendo con los objetivos del manejo silvopastoril. Sin embargo, eventos naturales como el ataque de plagas pueden influir sobre la dinámica de los bosques naturales y manejados, cuyos efectos podrían perdurar por más de una temporada de crecimiento (Martínez Pastur et al., 2013a). Los bosques estudiados sufrieron un severo ataque de cuncuna defoliadora (*Ormiscodes amphimone*) durante el verano de 2012, que afectó gran parte del canopy de los árboles. Este ataque quedó reflejado en los ANOVAs realizados (Tabla 1) cuando se compararon los años después de la corta, observando un aumento en CC e IAFR y una disminución de la radiación (RDIR, RDIF y RT) entre 2010 y 2011, seguido de una caída abrupta en CC e IAFR y un aumento de la radiación durante el ataque de cuncuna (año 2012), y de una lenta recuperación (2013 y 2014) que solo llega a los valores iniciales recién durante la presente temporada de crecimiento (año 2015). La evolución promedio para las diferentes variables puede

observarse en la Fig. 2, evidenciando que el efecto de las intervenciones en el raleo fuerte aún no iguala al testigo, mientras que el raleo suave ya presenta valores que se superponen en los desvíos estándar.

Estos efectos descriptos generaron interacciones en el análisis de ANOVAs (Tabla 1) para dos de las variables estudiadas (CC y TDIF) evidenciando que el ataque de la cuncuna y la combinación con los efectos del raleo generaron diferencias en las respuestas esperadas de los diferentes tratamientos. En particular el bosque control presentó un patrón de respuesta diferencial respecto de los bosques intervenidos, lo que explica mayormente las interacciones observadas.

El empleo de fotos hemisféricas permite capturar las variaciones en el dosel remanente a lo largo de los años. Este dosel impacta directamente sobre el sotobosque influyendo sobre su potencial desarrollo y productividad. En este trabajo se analizó la radiación transmitida (en cantidad y calidad), y otros trabajos han puesto en evidencia su influencia sobre la humedad y el aporte de nutrientes (Bahamonde et al., 2013; 2015; Martínez Pastur et al., 2013a; 2013b).

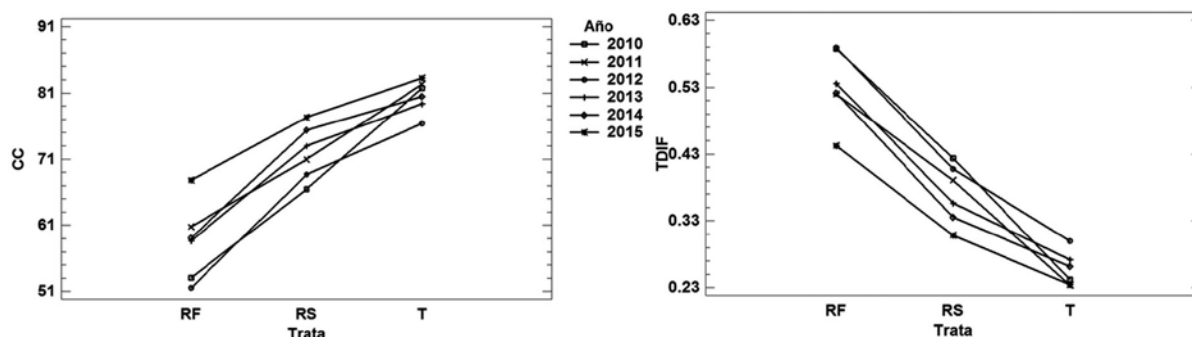


Figura 3. Interacciones observadas en los análisis de ANOVA para la cobertura de copas (CC) y el porcentaje de radiación difusa transmitida (TDIF) en el raleo fuerte (RF), raleo suave (RS) y el control (T) a lo largo de los años después de la corta (2010-2015).

## Conclusiones

El monitoreo de variables de alto impacto en la productividad del sotobosque es imprescindible para poder cuantificar la efectividad y duración de las intervenciones propuestas durante el manejo silvopastoril. El uso de las fotos hemisféricas permite, en forma económica y rápida, estimar estas variables, pudiendo aplicarse en una amplia gama de condiciones de rodal. El empleo de estos indicadores es una herramienta útil para diseñar

nuevas estrategias de manejo forestal al predecir la respuesta del canopy ante diferentes situaciones (e.g., ataque de plagas). Tener la capacidad de establecer sistemas de monitoreo empleando parcelas de estudio a largo plazo, y definiendo las variables más adecuadas a los objetivos de la producción, permiten obtener resultados confiables para el desarrollo de nuevas propuestas mejoradoras dentro del manejo propuesto.

## Agradecimientos

Al establecimiento agropecuario San Pablo (Tierra del Fuego) por su buena predisposición para la realización de estos ensayos de largo plazo.

## Bibliografía

- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Alvarez, R., Barneix, A., Moretto, A., Martínez Pastur, G., 2013. Silvopastoral use of *Nothofagus antarctica* in Southern Patagonian forests, influence over net nitrogen soil mineralization. *Agroforestry Systems* 87, 259-271.
- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Martínez Pastur, G., Monelos, L., 2015. Litterfall and nutrients return in *Nothofagus antarctica* forests growing in a site quality gradient with different management uses in Southern Patagonia. *European J. Forest Research* 134, 113-124.
- Ivancich, H., Martínez Pastur, G., Peri, P.L., Soler, R., Lencinas, M.V., 2010. Primeros resultados de raleos en bosques de *Nothofagus antarctica* para el manejo silvopastoril en Tierra del Fuego (Argentina). *Actas Primer Congreso Internacional Agroforestal Patagónico*. Coyhaique, Chile, pp. 298.
- Ivancich, H., Martínez Pastur, G., Peri, P.L., 2011. Modelos forzados y no forzados para el cálculo del índice de sitio en bosques de *Nothofagus antarctica*. *Bosque* 32(2), 135-145.
- Ivancich, H., Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Soler, R., Peri, P.L., 2012. Respuesta del canopy y crecimiento de *Nothofagus antarctica* bajo manejo silvopastoril. *Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*. Santiago del Estero, Argentina, pp. 270-275.
- Ivancich, H., Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Cellini, J.M., Peri, P.L., 2014. Proposals for *Nothofagus antarctica* diameter growth estimation: Simple vs. global models. *J. Forest Science* 60(8), 307-317.
- Martínez Pastur, G., Cellini, J.M., Franco, G., Soler, R., Lencinas, M.V., Ivancich, H., Peri, P.L., 2013a. Dinámica de copas en bosques raleados de *Nothofagus antarctica* para uso silvopastoril en Tierra del Fuego. *Actas II Jornadas Forestales de Patagonia Sur*. Calafate, Argentina, pp. 101.
- Martínez Pastur, G., Peri, P.L., Lencinas, M.V., Cellini, J.M., Barrera, M., Soler, R., Ivancich, H., Mestre, L., Moretto, A.S., Anderson, C.B., Pulido, F., 2013b. La producción forestal y la conservación de la biodiversidad en los bosques de *Nothofagus* en Tierra del Fuego y Patagonia Sur. En: Donoso, P., Promis, A. (Eds.), *Silvicultura en bosques nativos: Avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelanda*, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, pp. 155-179.
- Peri, P.L., Monelos, L., Martínez Pastur, G., Ivancich, H., 2012. Propuestas de raleo para un bosque de *Nothofagus antarctica* con uso silvopastoril en Santa Cruz. *Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*. Santiago del Estero, Argentina, pp. 181.
- Peri, P.L., Monelos, L., Martínez Pastur, G., Ivancich, H., 2013. Raleo en bosque de *Nothofagus antarctica* para uso silvopastoril en Santa Cruz. *Actas II Jornadas Forestales de Patagonia Sur*. Calafate, Argentina, pp. 96.
- Robison, S.A., McCarthy, B.C., 1999. Potential factors affecting the estimation of light availability using hemispherical photography in oak forest understories. *Bull. Torrey Bot. Club* 126, 344-349.
- Stenberg, P., Linder, S., Smolander, H., Flower-Ellis, J., 1994. Performance of the LAI-2000 plant canopy analyzer in estimating leaf area index of some Scots pine stands. *Tree Physiology* 14, 981-995.

# Herramientas para la conservación de la biodiversidad en bosques bajo uso silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en Tierra del Fuego

G. Martínez Pastur; M.V. Lencinas; R. Soler; P.L. Peri; S. Schindler. \*

## Resumen

La propuesta de manejo para *Nothofagus antarctica* en Tierra del Fuego es el manejo silvopastoril, sin tener en cuenta aspectos de conservación. La elaboración de mapas de habitabilidad (habitat suitability) podría ser de utilidad para establecer diferencias en el potencial de conservación de los bosques. El objetivo fue elaborar un mapa de biodiversidad potencial en la zona central de Tierra del Fuego, y validarlo con muestreos independientes de plantas e insectos. A partir de censos en 87 estaciones de muestreo, se identificaron las especies de plantas del sotobosque con mayor cobertura y ocurrencia, generando 20 mapas de habitabilidad. Estos mapas se combinaron en un SIG. El mapa combinado fue validado a partir de 35 muestreos de campo independientes, analizando la riqueza de plantas e insectos. El mapa generado muestra un gradiente de biodiversidad potencial en tres calidades relacionado a la zona de contacto entre bosques de *N. antarctica* y *N. pumilio*, así como un gradiente oeste-este. Las calidades definidas pudieron ser relacionadas con variables topográficas y ambientales a escala de paisaje, y con los resultados de los censos de campo de plantas. Los modelos de habitabilidad son una potente herramienta para la predicción de nichos de diferentes especies, y a través de ellos sería posible establecer mejores estrategias que combinen el uso silvopastoril y la conservación a escala de paisaje.

**Palabras clave:** *hábitat de especies, plantas, insectos, variables climáticas, variables topográficas.*

## Tools for biodiversity conservation in silvopastoral managed *Nothofagus antarctica* forests in Tierra del Fuego

## Abstract

Silvopastoral use is the management proposal for *Nothofagus antarctica* in Tierra del Fuego, without any consideration of biodiversity conservation. The habitat suitability maps could be a useful tool to determine differences in the biodiversity conservation potentiality of the forests. The objective was to elaborate a potential biodiversity quality map for the central area of Tierra del Fuego, and to validate it independently through plant and insect surveys. Surveying 87 sites, it was possible to determine the most important plant species according to its cover and occurrence, and to generate 20 habitat suitability maps. These maps were combined into a biodiversity map in a GIS. The output map was validated using 35 field surveys, analysing plants and insects. The map showed a quality gradient classified in three classes related to the ecotone areas between *N. antarctica* and *N. pumilio*, as well as a west-east gradient. It was possible to relate the map qualities to the topographic and environmental variables at landscape level, as well as with the outputs of the field surveys, mainly with superior plants. The habitat suitability models were a potential tool for the prediction of the different niche species, and using them, it was possible to define better strategies that combine silvopastoral forest management and conservation at landscape level.

**Keywords:** *habitat suitability, plants, insects, climatic variables, topographic variables.*

\* Laboratorio de Recursos Agroforestales, Centro Austral de Investigaciones Científicas (CONICET). Houssay 200 (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego. E-mail: gpastur@conicet.gov.ar.

## Introducción

La propuesta de uso para bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) en Tierra del Fuego es el manejo silvopastoril, proponiéndose diferentes alternativas que apuntan a aumentar los parámetros económicos, sin tener en cuenta aspectos de conservación (Martínez Pastur et al., 2013a). La falta de inclusión de parámetros de conservación dentro del manejo forestal llevará a la pérdida de la biodiversidad propia del lugar (Luque et al., 2010). Es por ello, que es necesario establecer alternativas de conservación dentro de la matriz productiva a los fines de generar estrategias efectivas que conserven la biodiversidad in situ sin detrimento de la industria (Lindenmayer et al., 2012). El primer paso es determinar las diferencias a escala de paisaje dentro del potencial de conservación (Lencinas et al., 2008; Peri et al., 2013), y posteriormente, generar herramientas

que permitan implementar diferentes estrategias de manejo de acuerdo a los tipos de bosques (Martínez Pastur et al., 2012a; 2012b). La elaboración de mapas de habitabilidad (habitat suitability maps) para especies en peligro son una útil herramienta de conservación (Hirzel et al., 2002) que ha sido propuesta previamente para los bosques fueguinos (Martínez Pastur et al., 2012c; 2013b). El objetivo de este trabajo fue elaborar un mapa de biodiversidad potencial a partir de plantas indicadoras para los bosques de *Nothofagus antarctica* en la zona central de Tierra del Fuego, y validarlo con muestreos independientes de censos de plantas del sotobosque e insectos (coleópteros epígeos caminadores); a los fines de proponerlo como herramienta de consulta para la elaboración de estrategias de manejo y conservación a escala de paisaje.

## Materiales y Métodos

Para la construcción de los mapas de biodiversidad potencial, se empleó como indicadoras a las plantas del sotobosque (riqueza y cobertura), debido a la disponibilidad de datos en la Red PEBANPA: "Parcelas de Ecología y Biodiversidad de ambientes naturales en Patagonia Austral" (INTA, UNPA, CADIC CONICET), que se encuentran distribuidas a lo largo de un amplio espectro ambiental. Para ello, se seleccionaron 87 censos realizados en bosques puros de *Nothofagus antarctica* en Tierra del Fuego, los cuáles se encontraban sometidos a uso silvopastoril. De estas especies se seleccionaron las 20 especies nativas más importantes dentro de estos bosques en términos de cobertura (% del suelo del bosque) y ocurrencia (% de veces que fueron censadas sobre el total de parcelas). Para cada una de estas especies nativas se generaron modelos de hábitat con el método Environmental Niche Factor Analysis (ENFA) empleando el software Biomapper 4.0 (Hirzel et al., 2002) basados en predictores climáticos, ambientales y forestales. Para los predictores climáticos se empleó la base de Worldclim (Hijmans et al., 2005), para los topográficos se emplearon imágenes de elevación de terreno de 90 x 90 m (Shuttle Radar Topography Mission), y para los forestales mapas generados por el Fragstat (McGarigal et al., 2012) y la cobertura forestal de Tierra del Fuego. Los mapas de habitabilidad generados para las 20 especies de plantas se

combinaron en un solo mapa (Poirazidis et al., 2011) empleando el software Arcview 3.0, donde cada pixel (90 x 90 m) representa el promedio de habitabilidad (índice de 1 a 100) para las especies estudiadas, e.g. un mayor valor nos indica que un mayor número de especies encuentra mejores condiciones de hábitat allí. El mapa generado (una grilla de 90 x 90 m) presenta la biodiversidad potencial de los indicadores seleccionados, y fue clasificado en baja, media y alta potencialidad para los análisis posteriores.

Para validar el mapa se utilizó una base de datos independiente, que consistía en 35 censos de plantas del sotobosque realizados por medio del método de relevé en una hectárea de bosque de *N. antarctica*, y donde se realizó la captura de coleópteros caminadores mediante un set de cinco trampas pitt-fall por una semana durante el mes de enero. Los sitios de muestreo se encontraban distribuidos a lo largo del rango de distribución de la especie en Tierra del Fuego. Para cada parcela se obtuvo la riqueza total de plantas vasculares discriminadas en dicotiledóneas, monocotiledóneas y helechos, así como la riqueza de especies de coleópteros. Con estos datos se llevaron a cabo análisis de la varianza (ANOVAs) considerando como factor la potencialidad de biodiversidad, habiéndose clasificado las parcelas de acuerdo al mapa generado anteriormente. Las medias se compararon mediante el test de Tukey a un  $p = 0,05$ .

## Resultados y Discusión

Las 20 especies nativas más abundantes y frecuentes del sotobosque se presentan en la Tabla 1, presentando en general una baja cobertura dentro de los rodales (0,3% a 6,3%) pero una alta ocurrencia (27,3% a 81,8%). Sin embargo, estas variaciones presentan diferencias significativas a diferentes escalas de paisaje, tanto a escala predial (Lencinas et al., 2008) como regional (Martínez Pastur et al., 2012b). Dentro de las especies

nativas más abundantes y frecuentes hay varias dicotiledóneas (e.g., *Cotula scariosa*, *Osmorhiza depauperata*, *Galium aparine*) y monocotiledóneas (e.g., *Trisetum spicatum*, *Festuca magellanica*), y un helecho (*Blechnum penna-marina*). El mapa de biodiversidad potencial generado (Fig. 1) muestra diferentes patrones de distribución de bosques al clasificarlos de acuerdo a su potencial para conservar biodiversidad. Esta

*Area 3: Sistemas silvopastoriles y agroforestales: aspectos ambientales y mitigación al cambio climático*

Tabla 1. Especies nativas del sotobosque que presentan la mayor relación de cobertura (COB) y ocurrencia (OCU) en bosques primarios de *Nothofagus antarctica* en Tierra del Fuego.

ESPECIE	COB	OCU	ESPECIE	COB	OCU
<i>Cotula scariosa</i>	6,32%	77,27%	<i>Cardamine glacialis</i>	0,69%	60,61%
<i>Osmorhiza depauperata</i>	5,01%	75,76%	<i>Deschampsia flexuosa</i>	2,02%	45,45%
<i>Galium aparine</i>	3,08%	81,82%	<i>Acaena ovalifolia</i>	1,31%	46,97%
<i>Blechnum penna-marina</i>	4,68%	51,52%	<i>Acaena magellanica</i>	0,72%	51,52%
<i>Trisetum spicatum</i>	3,46%	62,12%	<i>Bromus unioloides</i>	1,28%	40,91%
<i>Festuca magellanica</i>	2,63%	65,15%	<i>Cerastium arvense</i>	0,53%	46,97%
<i>Schizeilema ranunculus</i>	2,28%	63,64%	<i>Uncinia lechleriana</i>	0,89%	39,39%
<i>Berberis buxifolia</i>	1,19%	69,70%	<i>Galium fuegianum</i>	0,44%	40,91%
<i>Osmorhiza chilensis</i>	3,79%	37,88%	<i>Taraxacum gillesii</i>	0,60%	36,36%
<i>Phleum alpinum</i>	1,77%	59,09%	<i>Vicia magellanica</i>	0,33%	27,27%

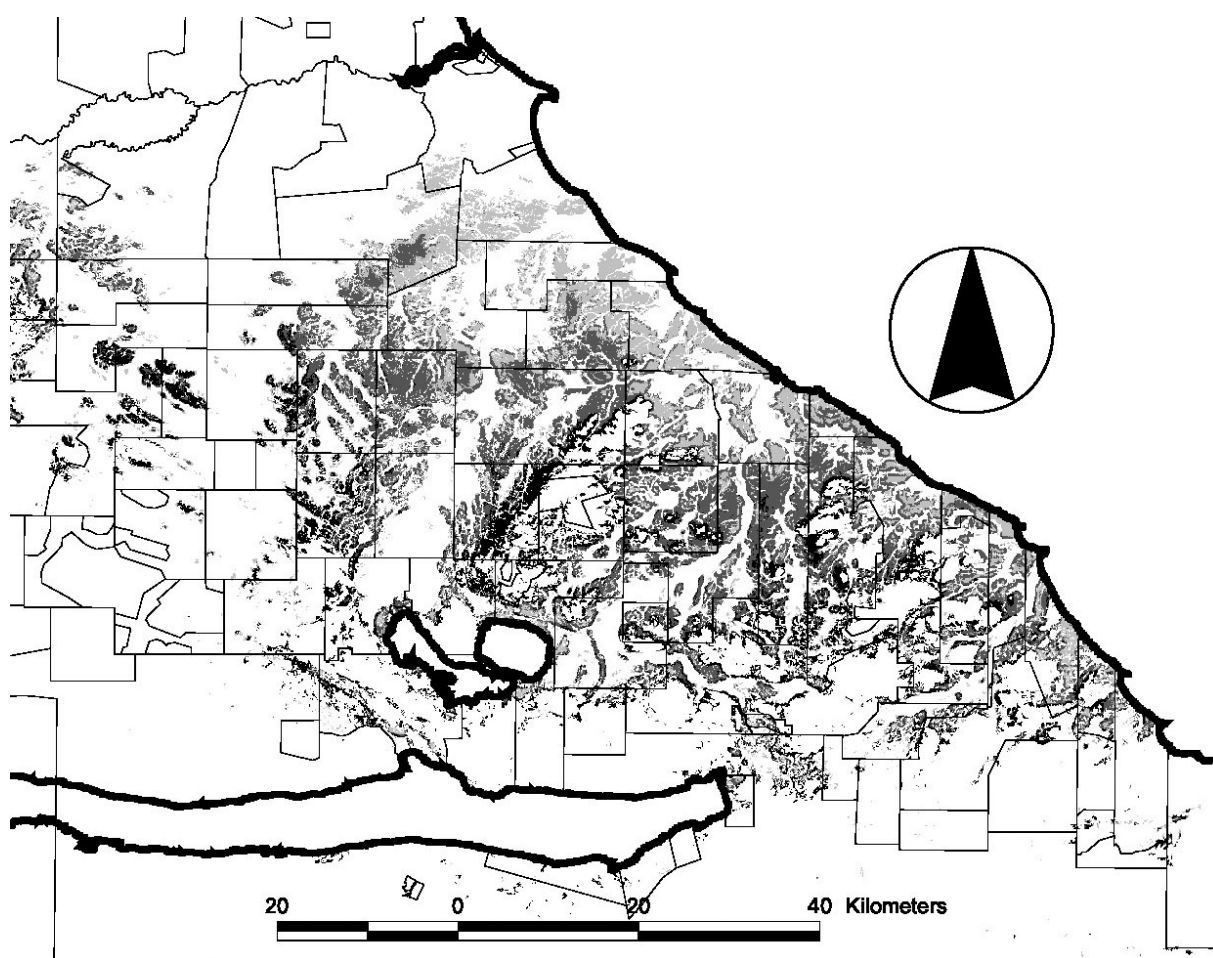


Figura 1. Mapa de potencial de biodiversidad para los bosques de *Nothofagus antarctica* en la zona central de Tierra del Fuego (negro = alta, índice 50-100; gris oscuro = media, índice de 42-50; gris claro = baja, índice de 1-42). Las líneas internas representan los límites de los establecimientos agropecuarios y otros (ejidos urbanos, parques y reservas nacionales).



clasificación se realizó de modo de obtener un mismo número de píxeles para cada clase: negro = alta, índice 50-100; gris oscuro = media, índice de 42-50; gris claro = baja, índice de 1-42. Los bosques de mayor potencial (color negro) se relacionan con las zonas de contacto o ecotonos entre bosques (*Nothofagus antarctica* - *N. pumilio*). Asimismo, se evidencia una declinación del potencial en un gradiente oeste - este, decreciendo el potencial a medida que los bosques se acercan a la costa atlántica.

La clasificación de biodiversidad potencial está íntimamente relacionada con los parámetros climáticos y topográficos empleados para el análisis, algunos de los cuáles se presentan en la Tabla 2. En la Tabla se puede ver el nicho que ocupan los bosques de *Nothofagus antarctica* respecto del promedio de Tierra del Fuego, y la forma en que la biodiversidad potencial se expresa en mayor medida; en la misma se ven reflejados claramente algunos de los gradientes que influyen en las diferentes calidades de los bosques (e.g., temperatura media anual, precipitación anual, precipitación del cuartil más cálido, evapo-transpiración global total, índice global de aridez o la altitud). Este análisis nos permitió establecer relaciones entre la biodiversidad y el ambiente, definiendo variables que influyen sobre la misma y que nos puedan orientar para la definición de estrategias de conservación a escala de paisaje

(Martínez Pastur et al., 2012a; 2012c; Peri et al., 2013).

La validación independiente mostró diferencias significativas entre las tres clases de potencial de la biodiversidad para la riqueza total de plantas del sotobosque, la riqueza de dicotiledóneas y monocotiledóneas (Tabla 3). Estas diferencias fueron significativas mayormente, entre la clase más baja y las clases superiores (media y alta). No se encontraron diferencias para los coleópteros. Este análisis nos permite comparar los resultados del mapa y los censos de campo. Otros análisis realizados en trabajos previos mostraron ensambles de especies diferenciales para los bosques de *Nothofagus antarctica* del oeste y del este en la zona central de Tierra del Fuego (Martínez Pastur et al., 2013a; 2013b; Peri et al., 2013). Esto implica que podrían existir diferencias en los ensambles de especies que no impliquen diferencias en la riqueza total, siendo necesarios análisis posteriores.

Trabajos previos destacaron que las estrategias de conservación propuestas para las diferentes escalas en la actualidad son inefectivas para conservar gran parte de la biodiversidad en los bosques en Tierra del Fuego (Martínez Pastur et al., 2012b; 2012c), y donde tampoco se promueven prácticas diferenciales de acuerdo a la calidad de los bosques desde un punto de vista de la conservación. Es necesario establecer para los bosques de *Nothofagus antarctica*, políticas de mane-

Tabla 2. Promedios (desviación estándar) de las variables climáticas y topográficas empleadas en el ajuste de los mapas de las especies del sotobosque clasificadas de acuerdo al potencial de biodiversidad para el sector argentino de la Isla Grande de Tierra del Fuego y los bosques de *Nothofagus antarctica*.

Variable	Tierra del Fuego	Baja	Media	Alta
TMA	4,6(1,1)	5,1(0,3)	5,0(0,2)	4,8(0,3)
MAXMC	13,2(1,3)	12,7(0,8)	14,0(0,2)	12,7(0,6)
MINMF	-2,5(1,1)	-2,1(0,3)	-2,1(0,3)	-2,3(0,3)
PA	452,8(97,0)	382,6(26,6)	390,6(15,7)	412,1(23,6)
PCC	126,4(24,5)	107,3(7,3)	129,3(11,9)	144,5(10,0)
EVTP	553,8(26,7)	577,1(8,8)	550,7(20,2)	549,7(13,2)
IGA	0,82(0,22)	0,65(0,08)	0,68(0,04)	0,72(0,04)
ALT	217,7(208,3)	103,2(51,2)	127,9(44,7)	163,7(55,9)

TMA = temperatura media anual (°C), MAXMC = max temperatura del mes más cálido (°C), MINMF = min temperatura del mes más frío (°C), PA = precipitación anual (mm.año<sup>-1</sup>), PCC = precipitación del cuartil más cálido (mm.año<sup>-1</sup>), EVTP = evapo-transpiración global total (mm.año<sup>-1</sup>), IGA = índice global de aridez, ALT = altitud (m.s.n.m.).

Tabla 3. ANOVAs simples analizando la riqueza total de plantas del sotobosque (PT), de dicotiledóneas (DICO), de monocotiledóneas (MONO), de helechos (HEL) y coleópteros epígeos caminadores (COL) para las tres clases de potencial de biodiversidad en bosques de *Nothofagus antarctica* de Tierra del Fuego.

Factor	PT	DICO	MONO	HEL	COL
Baja	10,8 a	7,2 a	3,4 a	0,2	6,7
Media	17,8 b	12,3 b	5,0 b	0,5	5,3
Alta	16,5 b	10,3 ab	5,5 b	0,7	6,4
F	12,60	8,28	4,85	0,73	0,61
(p)	<0,001	<0,001	0,015	0,490	0,553

F(p): Test de Fisher y probabilidad. Letras diferentes indican diferencias por el test de Tukey (p = 0,05).

jo y conservación con diferentes tipos y grados de retención que aseguren la conservación a escala de rodal, y adecuar la ordenación de los bosques que protegen sin un claro lineamiento algunos sectores de bosque sin valor de conservación.

En la actualidad, gran parte de los bosques categorizados en rojo por la ley 26331/07 son bosques marginales sin interés comercial y con muy bajo potencial de conservación (Martínez Pastur et al., 2013b).

## Conclusiones

Los modelos de hábitat son una potente herramienta para la predicción de nichos de diferentes especies, y combinando mapas para diferentes especies indicadoras es posible desarrollar herramientas potenciales para la determinación de la calidad de conservación potencial de la biodiversidad en bosques de *Nothofagus antarctica* en Tierra del Fuego. Los

resultados del mapa pueden ser explicados a partir de gradientes ambientales y topográficos, y pudieron ser parcialmente contrastados con datos de campo independientes. El empleo de este tipo de herramientas puede ser empleado para establecer mejores estrategias de manejo silvopastoril y de conservación, combinando ambos objetivos a escala de paisaje.

## Bibliografía

- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25, 1965-1978.
- Hirzel, A.H., Hausser, J., Chessel, D., Perrin, N., 2002. Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat- suitability maps without absence data?. *Ecology*, 83, 2027-2036.
- Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Rivero, P., Busso, C., 2008. Conservation value of timber quality vs. associated non-timber quality stands for understory diversity in *Nothofagus* forests. *Biodiversity and Conservation* 17, 2579-2597.
- Lindenmayer, D., Franklin, J., Lohmus, A., Baker, S., Bauhus, J., Beese, W., Brodie, A., Kiehl, B., Kouki, J., Martínez Pastur, G., Messier, Ch., Neyland, M., Palik, B., Sverdrup-Thygeson, A., Volney, J., Wayne, A., Gustafsson, L., 2012. A major shift to the retention approach for forestry can help resolve some global forest sustainability issues. *Conservation Letters* 5(6), 421-431.
- Luque, S., Martínez Pastur, G., Echeverría, C., Pacha, M.J., 2010. Overview of biodiversity loss in South America: A landscape perspective for sustainable forest management and conservation in temperate forests. En: Li, C., Laforzezza, R., Chen, J. (Eds.), *Landscape ecology and forest management: Challenges and solutions in a changing globe*, Springer, Amsterdam, Holanda, pp. 352-379.
- Martínez Pastur, G., Andrieu, E., Iverson, L., Peri, P.L., 2012a. Agroforestry landscapes and global change: Landscape ecology tools for management and conservation. *Agroforestry Systems* 85(3), 315-318.
- Martínez Pastur, G., Soler, R., Lencinas, M.V., Anderson, C.B., Peri, P.L., Cellini, J.M., Barrera, M., 2012b. Plant conservation in *Nothofagus* forests of Tierra del Fuego: The need for different landscape level analyses. *Actas IUFRO Landscape Ecology Conference*, Concepción, Chile, pp. 88.
- Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Soler, R., Kreps, G., Schindler, S., Peri, P.L., 2012c. Biodiversity conservation maps using environmental niche factor analysis in *Nothofagus* forests of Tierra del Fuego (Argentina). *Actas IUFRO Landscape Ecology Conference*, Concepción, Chile, pp. 89.
- Martínez Pastur, G., Peri, P.L., Lencinas, M.V., Cellini, J.M., Barrera, M., Soler, R., Ivancich, H., Mestre, L., Moretto, A.S., Anderson, C.B., Pulido, F., 2013a. La producción forestal y la conservación de la biodiversidad en los bosques de *Nothofagus* en Tierra del Fuego y Patagonia Sur. En: Donoso, P., Promis, A. (Eds.), *Silvicultura en bosques nativos: Avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelanda*, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, pp. 155-179.
- Martínez Pastur, G., Schindler, S., Lencinas, M.V., Peri, P.L., Soler, R., Gamondés Moyano, I., Kreps, G., 2013b. Conservation value of *Nothofagus* forests in Tierra del Fuego: Differences between maps defined by niche factor analysis and Government policies. *Actas VII Southern Connection Congress*, Dunedin, New Zealand, pp. A-23.
- McGarigal, K., Cushman S.A., Ene, E., 2012. *FRAGSTATS v4: Spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps*. University of Massachusetts, Amherst, US.
- Peri, P.L., Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Wardell-Johnson, G., Lasagno, R., 2013. Diversity patterns in the steppe of Argentinean Southern Patagonia: Environmental drivers and impact of grazing. En: Morales Prieto, M.B., Traba Díaz, J. (Eds.), *Steppe ecosystems: Biological diversity, management and restoration*, Nova Science Publishers, New York, USA, pp. 73-95.
- Poirazidis, K., Schindler, S., Kati, V., Martinis, A., Kalivas, D., Kasimiadis, D., Wrbka, T., Papageorgiou, A.C., 2011. Conservation of biodiversity in managed forests: developing an adaptive decision support system. En: Li, C., Laforzezza, R., Chen, J. (Eds.), *Landscape ecology and forest management: challenges and solutions in a changing globe*. Springer, New York, USA. pp. 380-399.

# Propiedades físico-químicas del suelo de bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) con y sin uso silvopastoril

RM Soler; G Martínez Pastur; MV Lencinas; M Toro Manríquez; P Alonso. \*

## Resumen

Este trabajo evalúa las propiedades físicas y químicas del suelo de bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) de Tierra del Fuego y los posibles cambios producidos por su uso silvopastoril. Se tomaron muestras de suelo en bosques primarios (BP), secundarios (BS) y con uso silvopastoril (SILVO) en bosques puros de ñire de Tierra del Fuego, Argentina. Se realizaron análisis de nutrientes (C, N, P, K y Mg), pH y CIC. Además, se midió la compactación y el estado hídrico del suelo dentro y fuera de clausuras contra herbívoros. Se analizaron los datos mediante ANOVAs y análisis multivariado. El contenido de nutrientes fue similar entre los tipos de bosque, sólo el %C fue menor y el %P mayor (marginamente significativo) en SILVO. Por otro lado, la humedad del suelo mostró niveles intermedios en SILVO respecto de BP y BS. Finalmente, la compactación fue mayor en SILVO que en BP y BS. A su vez, las clausuras contra herbívoros redujeron significativamente la compactación, aunque se observó una interacción entre el tipo de bosque y las clausuras. Esto se debió a que la compactación promedio en SILVO fuera de la clausura fue significativamente mayor que en BP y BS, pero dentro de la clausura todos los tipos de bosque mostraron valores similares de compactación. Esto demuestra la importancia de adoptar medidas (ej, uso de clausuras, manejo rotativo) que eviten la sobrecarga de animales en bosques de ñire utilizados como sistemas silvopastoriles. Los efectos de la ganadería podrían resultar negativos no solo para la producción de forraje, sino también para la regeneración natural del ñire que permita mantener el recuso forestal en el tiempo.

**Palabras clave:** carbono, nitrógeno, compactación, humedad

## Soil properties in ñire forests (*Nothofagus antarctica*) with and without silvopastoral use

## Abstract

This study evaluates the physical and chemical properties of soil in *Nothofagus antarctica* (ñire) forests, and the potential changes produced by silvopastoral use. We taken soil samples in primary forests (BP), secondary (BS) and silvopastoral use (SILVO) pure stands of ñire at the centre of Tierra del Fuego, Argentina. Nutrient analysis (C, N, P, K and Mg), pH and CIC were made. Furthermore, compaction and soil water status within and outside closures against herbivores were measured. Data were analyzed using ANOVA and multivariate analysis. The nutrient content was similar among forest types, only the %C was lower and P% higher (marginally significant) in SILVO than other treatments. In addition, soil moisture in SILVO showed intermediate levels in respect of BP and BS. Finally, compaction in SILVO was higher than in BP and BS. In turn, the closures against herbivores significantly reduced compaction, although an interaction between forest type and closures was observed. This was because the average compaction outside closures was significantly higher in SILVO than BP and BS, but inside closures all forest types show similar values of compaction. These results demonstrate the importance of taking action (eg, herbivore closures, rotational management) to avoid livestock overloading into ñire forests used as silvopastoral systems. The effects of livestock could be detrimental not only for forage production but also for natural regeneration and conservation of ñire forest in time.

**Key words:** carbon, nitrogen, soil compaction, soil humidity

\* Lab. de Recursos Agroforestales, CADIC-CONICET. Houssay 200 (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego. rosinas@cadic-conicet.gob.ar

## Introducción

La producción de ganado (vacuno y ovino) en los bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) de Patagonia Sur es una actividad creciente que necesita adecuarse a las características particulares de estos sistemas naturales. Dentro de los componentes que conforman dichos ecosistemas, el suelo forestal recibe un fuerte impacto directo debido principalmente al pisoteo y bosteo del ganado, e indirecto por la apertura del dosel que determina el mayor ingreso de agua y luz al suelo (Bahamonde et al., 2009). Ambos efectos podrían alterar la estructura del suelo mediante la compactación (cambios físicos), y la composición y el balance de nutrientes (cambios químicos). Los Sistemas Silvopastoriles aplicados a bosques nativos de ñire han surgido en Patagonia Sur como una estrategia para

el uso ganadero, proyectado hacia el manejo sustentable que combine criterios ecológicos, sociales y económicos (Peri, 2005). Estos sistemas buscan favorecer las interacciones beneficiosas tanto para lograr un incremento de la producción, como así también para promover la conservación del bosque (Peri et al., 2009). Hasta el momento, gran parte de las investigaciones se han enfocado en las interacciones entre los árboles, el ganado y la vegetación del suelo, prestando menos atención a comprender las interacciones del ganado con el suelo forestal. El objetivo de este trabajo es evaluar las propiedades físicas y químicas del suelo de los bosques de ñire en Tierra del Fuego y los posibles cambios producidos por su uso silvopastoril.

## Materiales y Métodos

En la Ea. Los Cerros (54°20'S y 67°52'O) se seleccionaron 4 rodales puros de ñire, primarios sin intervención forestal (80% de cobertura de copas), 4 rodales jóvenes o de crecimiento secundario (87% de cobertura) y 4 rodales maduros con uso silvopastoril (60% de cobertura y una carga de 7-8 vacas.km<sup>-2</sup>). En cada rodal se establecieron 5 transectas (5 m de largo) al azar. En cada una, se tomó una muestra de suelo (n=5 por rodal) hasta 10 cm de profundidad. Las muestras fueron secadas en estufa a 70°C, molidas (hasta <1mm) y tamizadas. En laboratorio se determinó: pH (peachímetro Orion), carbono orgánico (C), nitrógeno total (N), fósforo (P), potasio (K) y magnesio (Mg) disponibles, mediante equipos Leco (CR12) y ICPS Shimadzu (1000 III), y la capacidad de intercambio catiónico

(CIC). Por otra parte, sobre las mismas transectas se determinó la resistencia a la penetración (relacionado a la compactación de los suelos) mediante el uso de un penetrómetro manual (Eijkelkamp Agrisearch Equipment, The Netherlands). La misma fue tomada dentro (n=30 por sitio) y fuera (n=80 por sitio) de clausuras (150×40 cm) para herbívoros. El contenido de nutrientes y humedad del suelo fueron analizados mediante ANOVAs simples y análisis multivariados (PCA), usando el tipo de bosque como factor principal de análisis. La compactación del suelo fue analizada mediante ANOVA doble, utilizando tipo de bosque y efecto de clausuras para herbívoros como factores de análisis. En todos los casos se aplicó un test de Tukey a posteriori (p<0,05) para separar las medias.

## Resultados y discusión

El suelo del bosque de ñire presenta una elevada variabilidad en relación a los nutrientes que lo componen, como otros autores han descrito para los bosques de lenga y guindo en Tierra del Fuego (Moretto et al., 2005, Romanya et al., 2005, Klein et al., 2008). En este trabajo, no se observaron diferencias significativas en el contenido de nutrientes entre tipos de bosque (Tabla 1). Sólo se observó una disminución (marginal-

mente significativa) en el contenido de carbono orgánico (C), desde los sitios con mayor cobertura de copas hacia los más abiertos (BS>BP>SILVO). El pH del suelo fue ligeramente ácido, aunque los suelos del BS presentaron mayor acidez y mayor valor de CIC. Esta última, es una capacidad de los suelos atribuida a la arcilla (coloide mineral) y al humus (coloide orgánico), de manera que la CIC está influenciada por la can-

Tabla 1. Propiedades químicas del suelo en bosques primarios (BP), secundarios (BS) y con uso silvopastoril (SILVO) de ñire. C: carbono orgánico (%), N: nitrógeno total (%), P: fósforo disponible (%), K: potasio disponible (mg.kg<sup>-1</sup>), Mg: magnesio disponible (mg.kg<sup>-1</sup>), pH: acidez del suelo, CIC: capacidad de intercambio catiónico (meq/100g).

Tipo	C	N	P	K	Mg	pH	CIC
BP	15,6	1,2	0,8	454	300	5,7 b	25,5 a
BS	16,9	1,2	0,9	388	258	5,4 a	29,9 b
SILVO	13,7	1,1	1,1	488	263	5,6 b	24,1 a
F	3,43	1,21	3,39	2,34	3,24	5,11	8,99
(p)	(0,066)	(0,333)	(0,067)	(0,138)	(0,074)	(0,025)	(0,004)

F= prueba de Fisher, p= probabilidad. Las letras indican diferencias significativas (Tukey p<0,05).

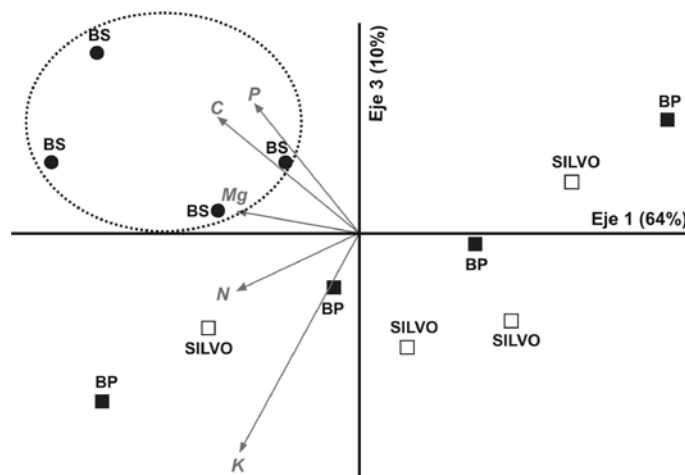


Figura 1. Análisis de Componentes Principales a partir del contenido de nutrientes (C, K, Mg, N, P) en los suelos de bosques de ñire. Cada eje indica el porcentaje de varianza explicado.

tividad y tipo de arcilla, la cantidad de humus y el pH o reacción del suelo (Romanya et al., 2005). Por el contrario, muchos de los elementos nutritivos del suelo (C, Mg, N) demostraron menores valores en SILVO que en el resto (aunque no de forma significativa). El piso forestal está sujeto a mayores variaciones con respecto al suelo mineral, debido a los pequeños disturbios naturales que se producen periódicamente (ej., caída de ramas), a los residuos que generan las intervenciones silvícolas (Moretto et al., 2005), o también debido a la frecuente presencia de desechos de herbívoros silvestres y domésticos (Borrelli y Oliva, 2001).

De acuerdo al Análisis de Componentes Principales, se observó una clara separación y agrupamiento de BS en relación al resto de los tratamientos (Figura 1). En relación a las variables, los porcentajes de C, P y Mg tuvieron una mayor influencia en el ordenamiento. Finalmente, no existió una clara diferenciación entre las propiedades edáficas de BP y SILVO. La humedad del suelo en SILVO mostró niveles intermedios entre BP y BS, pero no se observó un efecto significativo de las clausuras contra herbívoros sobre la humedad (Tabla 2). Esto podría relacionarse con las coberturas de copas, donde si bien SILVO presentó un 60% de cobertura, lo cual por un lado permite un mayor ingreso de precipitación efectiva que alcanza el suelo forestal (Soler, 2012), pero a su vez aumen-

ta la evapotranspiración en comparación a bosques de mayor cobertura (Bahamonde et al., 2009), particularmente durante años secos como lo fue 2014 y con veranos calurosos como 2014-2015.

En relación a la compactación (relacionada con la resistencia a la penetración), fue mayor en SILVO que en BP, que en BS (Tabla 2). A su vez, las clausuras contra herbívoros redujeron significativamente la compactación, aunque se observó una interacción entre el tipo de bosque y las clausuras. Esto se debió a que el valor promedio de compactación en SILVO fuera de la clausura fue significativamente mayor que BP y BS, pero dentro de la clausura todos los tipos de bosque mostraron valores similares de compactación (Figura 2). Según Borrelli y Oliva (2001), la susceptibilidad a la compactación depende de la textura, la estructura, la porosidad y contenido de humedad.

La producción ganadera altera la estructura de suelo al incrementar la densidad aparente, disminuyendo la porosidad, la capacidad de aireación y la infiltración, y aumentando la resistencia del suelo (Kozłowski, 1999; Godefroid y Koedam, 2004). Considerando que la compactación del suelo conduce a disfunciones fisiológicas en las plantas (Kozłowski, 1999), si no se controlan los efectos de la ganadería éstos podrían resultar negativos no solo para la producción de

Tabla 2. Contenido de humedad y resistencia a la penetración (N.cm<sup>-2</sup>) en suelos de bosques de ñire en Tierra del Fuego.

Factor		Humedad (%)	Resistencia (N.cm <sup>-2</sup> )
A: Tipo	BP	16,3 b	202,3 b
	BS	8,2 a	135,6 a
	SILVO	9,6 ab	299,1 c
	F (p)	4,2 (0,030)	22,4 (<0,001)
B: Clausura	Dentro	9,5	102,8 a
	Fuera	13,2	321,8 b
	F (p)	2,3 (0,146)	119,3 (<0,001)
A*B	F (p)	0,237 (0,790)	6,5 (0,007)

F= prueba de Fisher, p= probabilidad. Las letras indican diferencias significativas (Tukey p<0,05).

forraje y la productividad del sistema, sino también para la regeneración natural que permita mantener el recuso forestal en el tiempo. Por ello, es necesario el monitoreo de las con-

diciones edáficas en los sistemas silvopastoriles para evitar la degradación de los suelos y evitar una disminución del rendimiento a largo plazo.

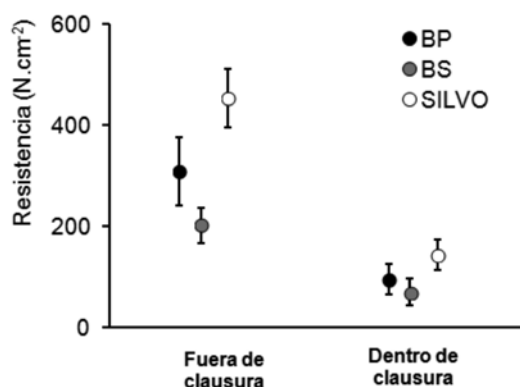


Figura 2. Interacción entre el tipo de bosque y las clausuras contra herbívoros sobre la compactación de suelos en bosques de ñire.

## Conclusiones

Las diferencias en las propiedades físicas del suelo en diferentes tipos de bosque son más acentuadas que las propiedades químicas como el contenido de nutrientes. Los sitios con uso silvopastoril evidencian mayor compactación, aunque el uso de clausuras pequeñas reduce dicho impac-

to. Estrategias como la exclusión de sectores de bosque, el manejo rotativo de animales entre distintos ambientes y el retorno de nutrientes al sistema a través residuos producto de los raleos (ramas, hojas, corteza) podrían reducir el impacto sobre el suelo.

## Bibliografía

- Bahamonde, H. A., Peri, P. L., Martínez Pastur, G., Lencinas, M. V., 2009. Variaciones microclimáticas en bosques primarios y bajo uso silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en dos Clases de Sitio en Patagonia Sur. *Actas 1º Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*. Posadas (Misiones), Argentina, pp. 145-149.
- Borrelli, P., Oliva, G., 2001. Efectos de los animales sobre los pastizales. En: *Ganadería ovina sustentable en la Patagonia austral. Tecnología de manejo extensivo*, editado por P. Borrelli y G. Oliva, pp. 101-130. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires.
- Godefroid, S., Koedam, N., 2004. Interspecific variation in soil compaction sensitivity among forest floor species. *Biological Conservation* 119: 207-217.
- Klein, D., Fuentes, J.P.B., Schmidt, A., Schmidt, H., Schulte, A., 2008. Soil organic C as affected by silvicultural and exploitative interventions in *Nothofagus pumilio* forests of the Chilean Patagonia. *Forest Ecology and Management* 255: 3549-3555.
- Kozłowski, T.T., 1999. Soil compaction and growth of woody plants. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 596-619.
- Moretto, A., Lázzari, A., Fernández, O., 2005. Calidad y cantidad de nutrientes de la hojarasca y su posterior mineralización en bosques primarios y bajo manejo con distintos sistemas de regeneración. *Aplicación de sistemas de regeneración con retención dispersa y agregada en bosques de Nothofagus pumilio de Tierra del Fuego*. Informe Técnico PIARFON. 17 p.
- Peri, P.L., 2005. *Sistemas Silvopastoriles en Ñirantales*. IDIA XXI Forestal 8: 255-259.
- Peri, P.L., Hansen, N., Rusch, V., Tejera, L., Monelos, L., Fertig, M., Bahamonde, H., Sarasola, M., 2009. Pautas de manejo de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* (ñire) en Patagonia. *Actas 1º Congreso de Sistemas Silvopastoriles*. Posadas (Misiones), Argentina, pp. 12-20.
- Romanya, J., Fons, J., Sauras-Yera, T., Gutiérrez, E., Vallejo, V.R., 2005. Soil-plant relationships and tree distribution in old growth *Nothofagus betuloides* and *Nothofagus pumilio* forests of Tierra del Fuego. *Geoderma* 124: 169-180.
- Soler, R.M., 2012. *Regeneración natural de Nothofagus antarctica en bosques primarios, secundarios y bajo uso silvopastoril*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba, 145 pp.

# Valoración de áreas de regeneración natural (rastrojos) para la conformación de sistemas agrosostenibles en paisajes ganaderos de la Amazonia colombiana

José Alfredo Orjuela Chaves; Wilmar Yovany Bahamón Díaz; Ana Isabel Díaz. \*

## Resumen

En la Amazonia colombiana, el establecimiento de pasturas para la alimentación animal se ha realizado tradicionalmente a partir de la tumba y quema del bosque, estas formas inapropiadas y destructivas han desencadenado una serie de problemas para la ecología, el ambiente y la sociedad. Esta investigación pretende reconocer los bienes y servicios ofertados por unidades del paisaje ganadero en la Amazonia colombiana conformados por vegetación secundaria a partir de procesos de regeneración natural, localmente llamados rastrojos. Se evaluó la composición florística y estructural de tres rastrojos ubicados en paisajes de lomerío con edad de formación de cinco años, ubicados en los Municipios de El Doncello, Florencia y Belén de los Andaquíes en Caquetá. En cada unidad de muestreo se realizó el inventario florístico de fustales, latizales, plántulas y brinzales. A partir de pruebas de cafetería con bovinos y un indicador de selectividad (IS) calculado en función del consumo y la abundancia de la especie consumida, se identificaron plantas con diferentes niveles de selectividad. Se censaron 2142 individuos en total, distribuidos en 60 familias, 143 géneros y 240 especies. Se determinó que la mayor cantidad de individuos para los estados de desarrollo fustal y latizal correspondieron a las familias Melastomataceae, Clusiaceae, Fabaceae, Myrtaceae, Monimiaceae, Rubiaceae, Flacourtiaceae, Piperaceae, Annonaceae, Sapindaceae, Euphorbiaceae, Bignoniaceae, Asteraceae y Boraginaceae; para el estado brinzal predominaron las familias Poaceae y Cyperaceae. Así mismo, se encontraron 43 especies consumidas por los bovinos en diferentes niveles de selección, identificando 16 especies con potencial forrajero en función de su calidad nutricional y el índice de selectividad, encontrando que las especies *Clibadium* sp., *Aegiphyla integrifolia*, *Acalypha diversifolia*, *Piper* cf *bredemeyeri* y *Vismia baccifera* se caracterizaron por niveles de PC, DIVMS y selectividad animal sobresalientes, lo que indica su viabilidad para ser incluidas en sistemas silvopastoriles para alimentación bovina.

**Palabras Clave:** sucesión vegetal, biodiversidad, selectividad animal, calidad nutricional.

## Rating natural regeneration areas (stubble) agrosostenibles shaping landscapes livestock systems in the Colombian Amazon

## Abstract

In the Colombian Amazon, the establishment of pastures for animal feed has traditionally made from slash and burn the forest, these inappropriate and destructive forms have triggered a series of problems for the ecology, environment and society. This research aims to recognize the goods and services offered by the livestock units in the Colombian Amazon landscape formed by secondary vegetation from natural regeneration processes, locally called stubble. Floristic and structural composition of three residues located in hilly landscapes with formation age of five, located in the municipalities of El Doncello, Florence and Bethlehem of Andaquíes in Caquetá was evaluated. In each sampling unit floristic inventory of upper-stem, saplings, seedlings and saplings was performed. From testing cattle café and an indicator of selectivity (IS) calculated according to consumption and abundance of species consumed, plants were identified with different levels of selectivity. 2142 individuals in total, distributed in 60 families, 143 genera and 240 species were counted. It was determined that the largest number of individuals to states latizal fustal and development corresponded to the families Melastomataceae, Clusiaceae, Fabaceae, Myrtaceae, Monimiaceae, Rubiaceae, Flacourtiaceae, Piperaceae, Annonaceae, Sapindaceae, Euphorbiaceae, Bignoniaceae, Asteraceae and Boraginaceae; brinzal state for families predominated Poaceae and Cyperaceae. Also, 43 species consumed by cattle at different levels of selection were found, identifying 16 species with forage potential in terms of its nutritional quality and selectivity index, finding that species *Clibadium* sp., *Aegiphyla integrifolia*, *Acalypha diversifolia*, *Piper* cf *bredemeyeri* and *Vismia baccifera* were characterized by levels of CP, IVDMD and Animal outstanding selectivity, indicating its feasibility to be included in silvopastoral systems for cattle feed

**Key words:** plant succession, biodiversity, animal selectivity, nutritional quality.

\* Docentes Universidad de la Amazonia. Autor para correspondencia: j.orjuela@uniamazonia.edu.co

## Introducción

La región Amazónica Colombiana está compuesta por los Departamentos de Caquetá, Putumayo, Vichada, Guaviare, Guainía, Amazonas y Vaupés, cubre el 35% de la superficie total del país. Esta región ha sufrido un proceso de colonización y ocupación del territorio, desde la década de los 40 y 50, especialmente en los Departamentos de Caquetá y Putumayo, por campesinos que buscan oportunidades de tierra y trabajo, estimulados por las bonanzas del caucho, minerales, extracción de madera, coca y conflictos sociales. Estos procesos han promovido la deforestación de más de 4'590.000 ha, de las cuales aproximadamente 2'012.000 ha se han convertido pasturas (Michelsen, 1990, CEGA, 1992).

La tumba y quema constituye el manejo del suelo más común en las regiones de colonización en el Caquetá. Generalmente, se práctica bajo condiciones de mano de obra escasa, buena disponibilidad de tierra, muy pocos recursos económicos y baja disponibilidad tecnológica. Este tipo de manejo puede considerarse como un sistema agroforestal secuencial, ya que los cultivos anuales (maíz, arroz), semiperennes (yuca, plátano) y perennes (frutales y palmas), se suceden temporalmente con relación a los árboles (bosque o rastrojos), es decir, unos anteceden a los otros cíclicamente. La práctica de tumba y quema incluye: el bosque o el rastrojo se socla (corte a machete de la vegetación arbustiva y árboles delgados), se tumba (corte con hacha o motosierra de los árboles de mayor diámetro), se deja secar y se quema; dependiendo del tipo de suelo (fertilidad natural, topografía, disponibilidad de agua, etc.) se cultiva durante dos a tres años y se establecen pasturas. Luego de 5 cinco años el suelo pierde la fertilidad y empieza un proceso de degradación física, química y biológica, manifestada en su decreciente capacidad productiva.

En ese momento, el productor designa una etapa de descanso al suelo y por regeneración natural, continua la etapa de formación de rastrojo que es más larga que el periodo de cultivo, y puede durar hasta 10 años, con el objetivo de restablecer el ciclo natural de nutrientes mediante la producción de biomasa, que pueda ser reincorporada al suelo a través del proceso de tumba y quema, y así restituir la capacidad productiva del suelo (García y col, 2002).

Por esta razón, se considera que el proceso descrito no puede ser una forma de manejo del suelo adecuada desde el punto de vista ecológico y posiblemente económico. Con la concentración de la población y el aumento de demanda por el uso de la tierra, el tiempo de duración de rastrojos se acorta a tal manera, que los periodos de descanso no pueden ser lo suficientemente largos para recuperar niveles aceptables de fertilidad; en estas condiciones los suelos se vuelven improductivos y evidencian niveles de degradación, incluyendo además, la presión sobre nuevas áreas de bosques para que sean incorporadas a los sistemas productivos (García y col, 2002).

Todo lo anterior ha justificado impulsar la reconversión de las prácticas ganaderas que permitan mejorar la sostenibilidad de estos sistemas agrícolas en la región. El objetivo de este trabajo es dar a conocer que en procesos de vegetación secundaria originados por regeneración natural (llamados localmente *rastrojos*) existen especies vegetales nativas con aceptables

características nutricionales, palatabilidad y adaptabilidad a las condiciones agroecológicas regionales, considerándose como alternativas nutricionales económicas y viables para el mejoramiento de los sistemas ganaderos regionales.

### Metodología

El área de estudio se ubica en el Departamento de Caquetá, al sur-oriente de Colombia situado entre 2°58' N y 0°40' S, y entre 71°30' y 76°15' O (IGAC 1993). El 20,2% del territorio del Caquetá se ubica en el piedemonte amazónico, a una altitud entre 400 y 1000 m.s.n.m (IGAC 1993), catalogado dentro del ecosistema de bosque húmedo tropical BhT (Ramírez *et al.*, 2012). Se registra una precipitación promedio de 3600 mm año<sup>-1</sup>, temperatura promedio anual de 25,1°C y una humedad relativa entre 79,5 y 88,6% (CORPOICA, 2001). La investigación se desarrolló en los municipios (sitios) del Doncello (GRD), Florencia (GRF), Belén de los Andaquíes (GRB) en donde se identificaron y seleccionaron tres áreas de rastrojos. En cada rastrojo seleccionado se delimitaron parcelas temporales de una hectárea y dentro de estas subparcelas de 1000 m<sup>2</sup> para determinar la composición florística. En el mismo terreno se desarrollaron *pruebas de cafetería* para identificación de especies forrajeras y generar indicadores de selectividad animal.

Se realizaron diferentes recorridos observando los animales para determinar la frecuencia de consumo de especies dentro de cada rastrojo. Los resultados fueron analizados en función de las variables: vegetación disponible para los animales, composición florística (abundancia relativa de especies) y selectividad animal.

Los animales usados para el muestreo, fueron bovinos de doble propósito con un peso promedio de 270 kg de peso vivo, considerando que los animales jóvenes son menos selectivos que los animales adultos y así poder identificar mayor diversidad de plantas. En cada rastrojo se introdujeron tres animales y a cada uno se les realizó seguimiento a tres recorridos hechos por el animal durante 10 minutos (llamados transectos); las observaciones se realizaron a partir de las 9:00 a.m. teniendo en cuenta que en las primeras horas del día el animal consume el forraje de forma más adecuada por la ausencia de factores estresantes como condiciones climáticas extremas. Las observaciones incluyeron una etapa previa de acostumbramiento de un día.

### Oferta vegetal.

Para conocer la diversidad y abundancia de especies presentes en los rastrojos, se realizó un inventario florístico de los brinzales (plantas de 0,10 a 0,30 m de altura) y latizales (plantas  $\geq 1,5$  m de altura y  $dap < 5$  cm), teniendo en cuenta que estos tipos de plantas pueden ser cespiteadas y/o ramoneados por los animales debido a su estructura.

### Cálculo del índice de selectividad.

La determinación del índice de selectividad (IS) tuvo en cuenta la proporción de cada especie en la dieta (frecuencia de consumo o bocados) y la proporción de cada especie en el ras-



trojo (abundancia relativa). El índice de selectividad (IS) para cada especie consumida por los animales se calculó mediante una fórmula sencilla tomada de Ngwa *et al.* (2000):

$$ISi = \frac{\text{Proporción de la especie "i" en la dieta (consumida)}}{\text{Proporción de la especie "i" en el rastrojo}}$$

Un IS de 1,0 significa que es la misma proporción de la especie en el consumo y su ocurrencia en la vegetación, por lo que se consideró que es una especie "neutra". Sin embargo, para propósito de interpretación se consideró que un valor de IS mayor que 1,3 indica que la especie en cuestión estuvo siendo preferida sobre otras, si está en un rango entre 1,3 y 0,7 se considera la especie como neutra y si el IS es menor de 0,7 se considera que la especie es rechazada o no es bien consumida por el animal.

### Calidad nutricional.

Mediante pruebas de cafeteria en los sitios GRD, GRF y GRB se seleccionaron 16 plantas con diferente IS de las cuales se tomaron muestras comestibles por los animales y se colocaron submuestras de 200 g en un horno a 70 °C por 72 horas. Las muestras fueron enviadas al laboratorio de Calidad de Forrajes del Centro Internacional de Agricultura Tropical donde se determinó: digestibilidad in vitro de la materia seca (Tilley and Terry, 1963); proteína cruda por el método de Kjeldhal (Licitra, *et al.*, 1996 y A.O.A.C., 1984); fibra en detergente neutra (FDN) y en detergente ácido (FDA), lignina, hemicelulosa y celulosa (Van Soest, *et al.* 1991) y fenoles totales (Barahona *et al.* 2003).

Los resultados obtenidos en el laboratorio se analizaron mediante pruebas de correlación para ver la relación entre las variables de composición química y el índice de selectividad de las especies seleccionadas.

## Resultados y discusión

### Calidad nutricional e índice de selectividad animal.

La tabla 1 presenta los resultados de caracterización nutricional y selectividad animal de las especies. Se observa que los valores de proteína cruda oscilaron entre 6,7 y 19,1%, sobresaliendo la especie *Aegiphyla integrifolia*, *Acalypha diversifolia* y *Piper cf bredemeyeri* (19,1, 17,5 y 13,7 respectivamente). Catorce especies presentan un porcentaje mayor al 8% de proteína cruda, el cual se considera como el nivel crítico por su influencia en el crecimiento bacteriano en el rumen (Ramírez 1998).

El nivel de acumulación de compuestos fenólicos en promedio fue de 5,3 y vario entre 3.1% para *Costus scaber* y *Acalypha diversifolia* con 7.2%. Según Lascano *et al.* (1995) esta posible acumulación de fenoles en algunas especies arbóreas depende del nivel de fertilidad del suelo, en cuanto a la acidez y al mismo genotipo de la especie (Lascano 2004), donde a pesar de los altos contenidos de proteínas, la propiedad antinutritiva de los taninos puede reducir el valor de forraje y hacer que estas plantas puedan ser casi inútiles para la alimentación animal (Hess *et al.* 2003).

Las 16 especies seleccionadas fueron clasificadas de acuer-

Tabla 1. Características nutricionales e índice de selectividad animal de 16 especies vegetales de rastrojos en el Piedemonte amazónico de Colombia.

Nombre científico	Sitio	Composición Nutricional								IS
		PC%	DIVMS%	FDN%	FDA%	Lig%	Hcel%	Cel%	FT%	
Marsypianthes	GRD	10,3	47,7	53,2	39,0	28,2	14,2	10,8	6,6	229,5
Clibadium sp.	GRF	10,8	39,1	59,0	50,6	43,8	8,5	6,8	4,1	67,2
Guatteria cf Trichoclonia	GRF	9,1	34,0	68,6	47,1	35,4	21,5	11,7	4,1	16,9
Vismia baccifera	GRF	6,8	13,9	84,2	78,4	44,9	5,8	33,5	6,9	16,9
Piper cf bredemeyeri	GRF	13,7	50,2	57,1	43,1	40,6	14,0	2,5	4,4	6,0
Acalypha diversifolia	GRD	17,5	48,9	46,2	26,6	23,1	19,6	3,5	7,2	5,5
Cissus erosa	GRF	9,3	42,8	63,8	48,1	28,9	15,7	19,3	4,4	4,5
Ocotea longifolia	GRD	12,8	21,7	83,4	51,6	43,3	31,8	8,3	5,9	3,3
Siparuna cf ovalis	GRF	11,4	26,4	67,1	51,4	46,4	15,7	5,0	4,9	3,1
Aegiphyla integrifolia	GRF	19,1	25,6	76,8	62,7	33,6	14,1	29,1	3,6	2,2
Sabicea villosa	GRD	12,0	38,2	65,4	50,1	28,7	15,3	21,5	7,0	2,1
Cecropia ficifolia	GRB	11,5	23,7	62,1	42,4	22,7	19,6	19,7	6,9	2,1
Blepharodon sp.	GRF	6,7	52,7	65,6	41,2	38,3	24,4	2,9	3,9	1,9
Miconia albicans	GRF	11,4	26,4	67,1	51,4	46,4	15,7	5,0	4,9	0,9
Miconia SP.	GRB	8,3	39,0	46,9	30,3	30,1	16,6	0,2	6,9	0,9
Costus scaber	GRD	8,6	23,0	80,2	50,4	17,9	29,8	32,5	3,1	0,7

PC: Proteína cruda; DIVMS: Digestibilidad in vitro de la materia seca; FDN: Fibra detergente neutra; FDA: Fibra detergente ácido; Lig: Lignina; Hcel: Hemicelulosa; Cel: Celulosa; FT: Fenoles totales; IS: Índice de selectividad

do al índice de selectividad animal, encontrando 13 especies catalogadas como preferidas y 3 como especies neutras. Sobresalen las especies arbóreas *Cecropia ficifolia*, *Vismia baccifera* y los arbustos *Clibadium sp.*, *Piper cf bredemeyeri* y *Acalypha diversifolia*.

El potencial forrajero, encontrado en rastrojos de la región ha sido estudiado recientemente por investigadores y técnicos locales. Guayara *et al.* (2009) identificaron especies con potencial forrajero en rastrojos en el municipio de San José del Fragua, Caquetá, reportando especies como boca de indio (*Pictocoma discolor*), yarumo blanco (*cecropia sp.*), pringamosa (*Urera caracasana*) y acalipha (*Acalypha macrostachya*).

Cipagauta y Velásquez (2004) en estudios sobre recursos arbóreos nativos en Caquetá y Putumayo reportaron las especies *Bambusa sp.*, *Browneaariza Benth*, *Calathea lutea (Aubl.) Meyer*, *Heliconia rostrata Ruiz & Pavón*, *Clibadium surinamense*, *Piper sp.*, *Hibiscus rosasinensis*, *Lantana trifolis L. s.l.*, *Solanum rugosum* Dunal, *Senna sp.*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Trichanthera gigantea*, *Crecentiacujete*, *Guarea trichinoides*, *Cecropia membranacea Tr.*, *Rollinia cf. Mucosa Baill.*, *Micropholis venulosa (Mart.&Eichl) Pierre*, *Bahinia tarapotensis Benth.*, *Cornutia microcalycina*, *Widelia trilobata (L.) Hitch*, *Heliocarpus popayanensis*, *Zygia longifolia (Phitecellobium longifolium)*.

### Correlación entre parámetros de valor nutritivo e índice de selectividad

En los análisis se establecieron correlaciones entre los contenidos de FDA, FDN, Celulosa y la DIVMS (Tabla 2). Los contenidos de la pared celular se relacionaron negativamente y de manera significativa con la DIVMS. Esto resultados coincide con lo reportado para 44 especies leñosas forrajeras para costa rica (Araza 1991) y con las tendencias señaladas para 187 forrajeras de diversas especies (Van Soest, 1994) y pueden servir para ubicar nutricionalmente, y de manera muy general, el potencial forrajero de las leñosas en base a uno de estos parámetros.

De acuerdo a lo anterior, el nivel de maduración de los arbustos evaluados genera un aumento del contenido de fibras y una reducción de la digestibilidad. Al igual se encontró una alta relación entre el FT (fenoles totales) y la cantidad de lignina en las especies forrajeras. Se observa una relación inversa entre el índice de selectividad y los niveles de FDA, FDN y hemicelulosa. Al relacionar variables de composición química y las especies por especie, se encontró que las especies *Blepharodon sp.*, *Piper cf bredemeyeri* y *Acalypha diversifolia* fueron las que presentaron una mayor DIVMS, PC, baja cantidad de fenoles y niveles de fibras adecuados, caso contrario lo que se presentó en las especies *Vismia baccifera* y *Aegiphyla integrifolia*.

Tabla 2. Correlación entre parámetros de valor nutricional e índice de selectividad animal de especies vegetales de rastrojos del piedemonte amazónico.

	PC%	DIVMS%*	FDN%*	FDA%*	Lignina%	Hemicelulosa%	Celulosa%	FT%*	IS
PC%	1								
DIVMS%*	0,05	1							
FDN%*	-0,14	-0,76	1						
FDA%*	-0,12	-0,71	0,83	1					
Lignina%	-0,1	-0,2	0,29	0,47	1				
Hemicelulosa%	-0,03	-0,05	0,24	-0,34	-0,34	1			
Celulosa%	-0,04	-0,6	0,66	0,68	-0,32	-0,08	1		
FT%*	0,04	-0,02	-0,35	-0,22	-0,17	-0,21	-0,09	1	
IS	-0,1	0,3	-0,29	-0,14	-0,08	-0,26	-0,08	0,18	1

PC: Proteína Cruda; DIVMS: Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca. FDN: Fibra Detergente Neutra; FDA: Fibra Detergente Ácida; FT: Fenoles Totales; IS: Índice de selectividad

## Conclusiones

Los resultados de este estudio tienen implicaciones prácticas para el desarrollo de tecnologías agroforestales debido a la importancia desde el punto de vista de calidad de especies que pueden ser potencializadas en diferentes arreglos silvopastoriles. Especies como *Cecropia ficifolia*, *Vismia baccifera*, *Clibadium sp.*, *Piper cf bre-*

*demeyeri* y *Acalypha diversifolia* que presentaron los valores más altos en DIVMS y menos cantidad de fibras y componentes celulares y más de 10% en PC las cuales las hacen potencial para ser implementadas como cercas vivas, bancos de forraje, en cultivos en franjas y servirá como potencial de alimentos en épocas críticas.

## Agradecimientos

A Colciencias por la financiación del proyecto “Manejo de la regeneración natural de rastrojos para la formación de sistemas ganaderos de doble propósito, en paisajes de lomeríos de la región consolidada del departamento de Caquetá Colombia” al cual está adscrita esta investigación.

## Bibliografía

- A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists). 1984. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists, (14th ed.). Washington.
- Araya J. 1991. Identificación y caracterización de especies de árboles y arbustos con potencial forrajeros en la región de Puriscal, Costa Rica. *In* Seminario Internacional de Investigación en cabras. Memorias El Zamorano, Honduras.
- Barahona, R; Lascano, C.E; Narváez, N; Owen, E; Morris, P; Theodorou, M. K. 2003. In vitro degradability of mature and immature leaves of tropical forage legumes differing in condensed tannin and non-starch polysaccharide content and composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Volume 83, Issue 12, 1256-1266.
- CEGA, 1992. Amazonia colombiana, diversidad y conflicto. Centro de Estudios Ganaderos y Agrícolas.
- Cipagauta, M., Velásquez, J.E. & Gómez, J.E. 1999. Estrategias de implementación y Experiencias silvopastoriles con pequeños productores en el Piedemonte Amazónico colombiano. En: Primer Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible. Disponible en <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/cipagaut.htm>.
- Cipagauta, H. M. y Velásquez, J. E. 2004. Contenido de taninos de especies arbóreas nativas e introducidas con potencial forrajero en el Piedemonte Amazónico Colombiano En (Memorias, Seminario Taller “Taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia”, Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, Cali, Mayo 18 de 2004).
- Cipagauta, M; Velásquez, J; Tapia, N; Trochez, J; Tique, F. 1999. Identificación y evaluación de la calidad nutritiva de especies arbóreas nativas con potencial forrajero. En: seminario técnico tecnologías para la producción de leche y carne en sistemas de producción bovina del trópico bajo colombiano: regiones Orinoquia y Amazonia. Corpoica - Minagricultura – Colciencias - Fedegan. 8 pp
- CORPOICA, (2001). Especies Promisorias de la Amazonia, Conservación, Manejo y Utilización del Germoplasma. COLCIENCIAS – BID. C.I. Macagual. Florencia, Caquetá. Colombia.
- FAO 2009: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Situación de los bisques del mundo. Roma.
- García, J., Cipagauta, M., Gómez, J.E. y Gutierrez, J. A. (2002). Descripción, especialización y dinámica de los sistemas de producción agropecuaria en el área intervenida del Departamento de Caquetá. CORPOICA, PRONATTA.
- Guayara A., 2010. Evaluación del potencial forrajero para rumiantes de *Acalypha macrostachya* y *Urera caracasana*, en la amazonia colombiana. Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Magister en Estudios Amazónicos. Universidad Nacional de Colombia Sede Leticia.
- Guayara A., Gamboa J. y Velásquez J. 2009. Ganadería Silvopastoril en la Amazonia Colombiana. Universidad de la Amazonia, Florencia Caquetá.
- Hess, H.D., Monsalve, L.M., Lascano, C.E., Carulla, Díaz, T.E. y Kreuzer, M., 2003. Supplementation of a tropical grass diet with forage legumes and Sapindussaponaria fruits: effects on in vitro ruminal nitrogen turnover and methanogenesis. *Australian Journal of Agricultural Research* 54: 703-713.
- IGAC - INPA 1993. Aspectos Ambientales para el Ordenamiento Territorial del Occidente del Departamento del Caquetá. 3 Tomos. (Proyecto INPA: Estudios en la Amazonia Colombiana VI). Santafé de Bogotá: Tercer Mundo Editores.
- Lascano, C. 2004. Efecto del ambiente y del genotipo en la composición y actividad biológica de los taninos presentes en leguminosas. En: Taninos En La Nutrición De Rumiantes En Colombia. Memorias de taller sobre taninos. CIAT-ETH. s.l.: Hess HD y Gómez J. 25-38 pp.
- Lascano, C.E., Maass, B.L. y Keller-Grein, G. 1995. Forage quality of shrub legumes evaluated in acid soils. En: Evans, D.O. y Szott Lawrence, T. (eds.). Nitrogen fixing trees for acid soils. Turrialba, Costa Rica. NFTA y CATIE. p. 228-236.
- Licitra, G., Hernández, T. M. and Van Soest, P. J. 1996. Standardization of of procedures for nitrogen fraction of ruminant feeds. *Anim. Sci. Tech.*, 57: 347-348
- Michelsen, H. 1990. Análisis del desarrollo de la producción de leche en la Amazonia tropical húmeda. El caso del Caquetá, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Documento de trabajo No. 60. 68p.
- Ngwa, A.T; Pone, D.K; Mafeni, J.M. 2000. Feed selection and dietary preferences of forage by samall ruminants grazing natural pastures in the Sahelian zone of Cameroon. *Animal Feed Science and Technology* 88: 253-266.
- Ramírez, C.L. 1998. Consumo, digestión ruminal y suministro de nitrógeno microbiano al duodeno en ovinos alimentados con pasto Taiwán (*Penisetumpurpleum*) suplementados con follaje de árboles [tesis maestría]. Mérida Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán; 1998.
- Ramírez BL, Lavelle P, Orjuela JÁ, Villanueva O. Caracterización de fincas ganaderas y adopción de sistemas agroforestales como propuesta de manejo de suelos en Caquetá, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 2012; 25:391-40
- Sierra J.O y Arcila, A. 2002. La biodiversidad vegetal de las pasturas tropicales: elemento indispensable para una producción. Asociación Colombiana de Criadores de Ganado Cebú. Medellín, PP. 36 – 40.
- Singh GP, Oosting SJ. 1992. A model for describing the energy value of straws. *Indian Dairym* XLIV:322–327
- Tilley, J. and Terry, K. 1963. A two stages technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*. 18(2): 131-136.
- Van Soest, P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd. Edition. Cornell University. 457 p.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.

# Planificación y diseño de sistemas agroforestales basados en la calidad del suelo: caso Estado de México

*Estrada-Becerra, C.M.<sup>1</sup>; Noriega-Altamirano, G.; Vergara-Sánchez, M.Á.; Rodríguez-Neave F.; Cárcamo-Rico, B.; Cruz-Hernández, S.*

## Resumen

El altiplano mexicano es una meseta con una altitud mayor a los 2200 msnm a la altura del trópico de cáncer, ahí se encuentra el Estado de México, destacando los volcanes Popocatepetl, Iztaccihualt y Citlatepetl con una vegetación natural de bosques de pinos, oyameles y encinos, donde nacen numerosos ríos que drenan al Atlántico y al Pacífico, aquí se encuentra la zona metropolitana de la ciudad de México con alrededor de 20 millones de habitantes, la tercer aglomeración mundial más grande, afectada por problemas de contaminación: calidad del aire, suelo, subsuelo y acuíferos. Con el objetivo de delimitar zonas de manejo agronómico se cartografiaron 2,233,759 ha en el Estado de México, se utilizaron puntos georeferenciados de 134 perfiles de suelos, 312 análisis de suelos y 250 estaciones meteorológicas; los resultados de los análisis químicos de suelos fueron interpolados con el análisis geoestadístico Kriging, la interpolación generó mapas de las variaciones de pH, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico y el riesgo de compactación de los suelos. La interacción de estas propiedades fundamenta la propuesta de diseñar sistemas agroforestales para la restauración del recurso suelo, producir servicios ambientales, incrementar la productividad agrícola garantizando soberanía alimentaria y conferir sustentabilidad a la zona metropolitana de la ciudad de México.

**Palabras clave:** Sistema de Información geográfica, compactación de suelos, zona metropolitana de la ciudad de México.

## Planning and design of agroforestry systems based on soil quality: State of Mexico case

## Abstract

The Mexican highland is a plateau with an altitude higher than 2200 m at the height of the Tropic of Cancer altitude, there is the State of Mexico, highlighting the Popocatepetl volcano Iztaccihualt and Citlatepetl with a natural vegetation of pine, fir and oaks where born numerous rivers that drain into the Atlantic and the Pacific, here is the metropolitan area of Mexico city with around 20 million inhabitants, the third largest global agglomeration affected by problems of pollution: air quality, soil, groundwater and aquifers. In order to establish areas of agricultural management were mapped 2,233,759 ha in the State of Mexico, 134 points georeferenced soil profiles, soil analysis 312 and 250 weather stations were used; the results of chemical analysis of soils were interpolated with Kriging geostatistical analysis, interpolation maps generated variations in pH, organic matter and cation exchange capacity and the risk of soil compaction. The interaction of these properties the proposed design based agroforestry systems for restoration of soil resources, producing environmental services, increase agricultural productivity to ensure food sovereignty and give sustainability to the metropolitan area of Mexico City.

**Keywords:** Geographic Information System, soil compaction, metropolitan area of Mexico City.

<sup>1</sup> Consultor Independiente., Allende 502, Barrio la Conchita, Texcoco, Estado de México. C.P. 56130. Email: monse.eb@outlook.com.

## Introducción

El suelo es un recurso natural, en él se desarrollan múltiples funciones, por ejemplo: regulación de la distribución del agua de lluvia, almacén de nutrientes, filtración del agua, albergue de microorganismos, interacción entre ciclos biogeoquímicos, almacén de carbono orgánico, entre otros, entonces el concepto de calidad permite dimensionar si el suelo funciona dentro de los límites del ecosistema o agroecosistema para mantener la productividad animal, vegetal, y los servicios ambientales, incluyendo el sustento para el hombre (GEM, 2009). La degradación de los recursos naturales, en particular del recurso suelo y el bosque se ha convertido en preocupación en la sociedad, dado que la población rural depende de estos recursos para su subsistencia (FAO, 1999). La calidad del suelo exige conocer las características físicas, químicas y biológicas asociadas a la fertilidad del suelo, a la salud del recurso y a la productividad agrícola. Gregorich *et al.*, (1994), reportan que la calidad de suelo es una medida de la capacidad para funcionar adecuadamente con relación a un uso específico, Arshad y Coen (1992), confieren a este concepto una connotación ecológica, definiéndola como la capacidad para aceptar, almacenar y reciclar agua, minerales y energía para la producción de cultivos, preservando un ambiente sano. Para determinar la calidad del suelo se requiere disponer de variables que sirvan para evaluar la condición. En este trabajo se integran indicadores como: (a) el contenido de la materia orgánica en el suelo que se asocia al incremento de la estabilidad y la fertilidad de los suelos; (b) la capacidad de intercambio catiónico que relaciona el contenido de materia orgánica del suelo y la capacidad de proveer nutrimentos a las plantas; (3) el pH, que incide en la disponibilidad de nutrientes, la solubilidad de iones tóxicos y la actividad microbiana. Además se incorpora un análisis del riesgo de compactación del suelo, que es la pérdida del volumen o aumento de la densidad que sufre una masa del suelo, atribuible a fuerzas externas que reducen la porosidad total (Baver *et*

*al*, 1972), este proceso puede ocurrir en condiciones naturales relacionadas con la formación del suelo; en la agricultura, la pérdida de los poros más grandes merma la infiltración del agua, la difusión del aire y el crecimiento radicular. Pieri (1995), desarrolló el Índice Estructural como un indicador para evaluar la compactación de suelos, el cual es útil para explicar la reducción de la capacidad del recurso suelo para proporcionar servicios ambientales

En México la agricultura producto de la revolución verde se ha caracterizado por el monocultivo, el uso intensivo de fertilizantes de síntesis química, así como de plaguicidas. Un modelo alterno de agricultura en suelos degradados debe transitar a la agroforestería, concebida como un sistema de producción y uso de la tierra caracterizado por el cultivo de diferentes especies de plantas leñosas perennes en asociación con cultivos anuales (Rasul y Thapa, 2006). Nair *et al.* (2008), señalan que los sistemas agroforestales, son estructural y funcionalmente complejos en la captura y utilización de recursos: nutrientes, luz y agua. La mayor diversidad estructural incluye ciclos biogeoquímicos, conservación del suelo, de la biodiversidad, y mejora en la calidad del agua. Tornquist *et al.* (1999), señalan que los sistemas agroforestales duplican muchas características de los agroecosistemas e incorporan atributos de conservación, aumentan la capacidad del suelo para mantener la productividad biológica, referida como la calidad del suelo, además los sistemas agroforestales constituyen innovaciones tecnológicas reconocidas por su potencial para secuestrar carbono (Noponen, *et al.*, 2013)

El objetivo del estudio es evaluar la calidad del suelo mediante tres propiedades químicas del suelo (materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, pH) y el riesgo de compactación de los suelos en el Estado de México para formular una propuesta de restauración de los suelos agrícolas mediante tecnologías que incluyan la agroforestería.

## Materiales y Métodos

El Estado de México en la república mexicana se localiza en las coordenadas extremas 18°22' - 20°17' latitud norte y 98°36' - 100°37' longitud oeste, cubre una superficie de 2,233,759 ha. En la evaluación de las propiedades del suelo se utilizaron 134 perfiles de suelo, 312 análisis de suelo georreferenciados, se evaluó la acidez actual del suelo, contenido de materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico de los suelos de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, donde

se establece las especificaciones de fertilidad de suelos. Para evaluar el riesgo de compactación del suelo se utilizaron 84 análisis de suelos georreferenciados que fueron interpretados para obtener el Índice Estructural de Pieri (1995). Ambos métodos fueron sometidos al análisis geoestadístico interpolado con Kriging mediante el programa ArcGIS versión 10.1, los mapas generados en formato raster se reclasificaron para identificar la distribución espacial de este índice en el territorio del Estado de México.

## Resultados y Discusión

**Materia orgánica actual del suelo.** El 50% de los suelos estudiados presentan valores de bajos a medios de materia orgánica, como se reporta en el Cuadro 1, ello indica pérdida de la calidad de los suelos, situación que afecta (a) la aportación nutrimental por la mineralización de Nitrógeno, Fósforo y Azufre; (b) las interacciones entre cationes, destacando Calcio, Magnesio, Po-

tasio, Hierro, Cobre, Zinc y Manganese; (c) la baja retención de aniones, como fosfatos y sulfatos; (d) la biología del suelo; (e) en el mediano plazo mejora la formación de agregados del suelo, así como la filtración del agua y la aireación del suelo. Es urgente impulsar prácticas agroforestales que contribuyen a mejorar los ciclos de algunos nutrientes.

*Area 3: Sistemas silvopastoriles y agroforestales: aspectos ambientales y mitigación al cambio climático*

Cuadro 1. Distribución porcentual del contenido de materia orgánica en los suelos del Estado de México, México.

<b>Materia orgánica</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Materia orgánica nivel muy bajo: < 0.5%	1,486	0.1
Materia orgánica nivel bajo: 0.6% - 1.5%	72,690	3.3
Materia orgánica nivel medio: 1.6% - 3.5%	861,648	38.6
Materia orgánica nivel alto: 3.6% - 6.0%	627,598	28.1
Materia orgánica nivel muy alto: > 6.0%	414,256	18.5
Mancha urbana	236,969	10.6
Cuerpo de agua	19,111	0.9
<b>TOTAL</b>	<b>2,233,758</b>	<b>100</b>

Cuadro 2. Distribución porcentual del pH en los suelos del Estado de México, México.

<b>pH</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Fuertemente ácido: < 5.0	1,904	0.09
Moderadamente ácido: 5.1 - 6.5	1,675,177	74.99
Neutro: 6.6 - 7.3	155,596	6.97
Medianamente alcalino: 7.4 - 8.5	129,258	5.79
Fuertemente alcalino: > 8.5	15,743	0.70
Mancha urbana	236,969	10.61
Cuerpo de agua	19,111	0.86
<b>Total</b>	<b>2,233,758</b>	<b>100</b>

**Acidez actual del suelo.** Los suelos en el altiplano mexicano, en gran medida se han desarrollado de materiales volcánicos ácidos, que sumado a altas precipitaciones, ha favorecido el proceso de hidrólisis. En la región de estudio el 75% de los suelos son ácidos; el 6% califican como alcalinos, como se reporta en el Cuadro 2. La acidez identificada se relaciona con baja productividad de los cultivos, por ello es necesario implementar prácticas de corrección de pH de los suelos agrícolas mediante la remineralización con materiales ricos en calcio y magnesio; la hojarasca incorporada al suelo, por los pectatos de calcio, puede contribuir a que en condiciones de humedad, la solución del suelo sea enriquecida con calcio, el cual cambia su lugar con los iones hidrógeno en el complejo de intercambio catiónico, estos iones hidrógeno se combinan con OH y forman agua, también pueden combinarse con CO<sub>3</sub> y con HCO<sub>3</sub> originando H<sub>3</sub>CO<sub>3</sub>.

**Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en el suelo.** En el Cuadro 3 se reporta la distribución porcentual, el 72% del territorio presenta una CIC baja a media, significa que estos suelos deben enriquecerse con coloides electronegativos, que en el suelo retienen en su alrededor una cantidad variable de cationes, así entre la superficie del complejo coloidal y la solución del suelo ocurre un equilibrio dinámico donde se produce

el intercambio iónico, esto lo puede proporcionar minerales como las zeolitas o bien la aportación de la materia orgánica procedente de los sistemas agroforestales a nivel parcelario. Incrementar la CIC es mejorar la capacidad que tiene un suelo para liberar y/o retener iones positivos (cationes); así a mayor nivel de materia orgánica en el suelo, mayor CIC, por ello es urgente diseñar y establecer sistemas agroforestales en el altiplano mexicano.

**Riesgo de compactación de los suelos.** La compactación de los suelos produce una pobre aireación, debido a que la difusividad del suelo, que es la capacidad de permitir la difusión es función del espacio aéreo en el suelo, ello impacta en la tasa de difusión de oxígeno, que al reducirse por la presencia de capas endurecidas impiden el desarrollo radical, ocasionando una disminución de la productividad agrícola. En el Cuadro 4 se observa que el 6.13% de los suelos del Estado de México presentan compactación, 42.12% presentan riesgo de compactación, ello explica, en parte los bajos rendimientos de los cultivos, como es el caso del maíz, las condiciones anaeróbicas favorecen la producción de metano; además en ambientes carentes de oxígeno ocurre el fenómeno de anoxia. De ahí la importancia de corregir esta condición edáfica.

Cuadro 3. Distribución porcentual de la capacidad de intercambio catiónico de los suelos del Estado de México

<b>Capacidad de intercambio catiónico</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
CIC muy bajo: < 5 (cmol(+) kg-1)	2,099	0.09
CIC bajo: 5 - 15 (cmol(+) kg-1)	685,730	30.70
CIC medio: 15 - 25 (cmol(+) kg-1)	926,985	41.50
CIC alto: 25 - 40 (cmol(+) kg-1)	354,911	15.89
CIC muy alto: > 40 (cmol(+) kg-1)	7,953	0.36
Mancha urbana	236,969	10.61
Cuerpo de agua	19,111	0.86
<b>TOTAL</b>	<b>2,233,758</b>	<b>100</b>

Cuadro 4. Distribución porcentual de la compactación del suelo en el Estado de México mediante el Índice Estructural de Pieri (1995).

Clase	Área (ha)	%
Suelos compactados	136, 909	6.13
Alto riesgo de compactación	567, 135	25.39
Bajo riesgo de compactación	373, 795	16.73
Sin riesgo de compactación	1, 155, 920	51.75
Total	2, 233, 759	100

## Conclusiones

La distribución espacial de los parámetros físicos, químicos y biológicos que reportan 134 perfiles de suelos y 312 análisis de suelos generaron mapas con la aplicación de un Sistema de Información Geográfica, se utilizó el interpolador estadístico Kriging que ofrece predicciones, superficies de respuesta y mapas de probabilidades, es una herramienta útil para abordar el análisis espacial de los suelos, delimita el espacio geográfico en función de su calidad o salud del suelo, sienta las bases para comparar condiciones específicas de suelos agrícolas, así como la generación de recomendaciones precisas con fines de fertilidad de suelos para sitios no muestreados y fundamenta la

propuesta de incorporar en las innovaciones tecnológicas a la agroforestería como eje de la restauración.

Se han cartografiado 2, 233, 758 has, de ellas 50% revelan niveles de bajos a medios de materia orgánica en el suelo; 75% son suelos ácidos; 41% tienen una CIC baja; y el 48% de la superficie tiene riesgo de compactación del suelo. En estas condiciones se debe transitar de una agricultura de monocultivo a la agroforestería, incluyendo cultivos en franja, cerca vivas con árboles múltiples, labranza de restauración que incluya la incorporación de rastrojos, plantación de árboles frutales, entre otros.

## Bibliografía

- Ketema, H. y Yimer, F, 2014. Soil property variation under agroforestry based conservation tillage and maize based conventional tillage in Southern Ethiopia. *Soli & Tillage research*, 141, 25-31
- Silva, G.L., Lima, H.V., Campanha, M.M., Gilkes, R.J., Oliveira, T.S., 2011. Soil physucal quality of Luvisols under agroforestry, natural vegetation and conventional crop management systems in the Braziliam semi-arid región. *Geoderma* 167.169, 61-70
- Tornquist, C.G., Honsb, F.M., Feagleyb, S.E., Haggarc, J, 1999. Agroforestry system effects on soil characteristics of the Sarapiquõ Á region of Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 73, 9-28
- Naponen, R.A.M., Healey, R.J., Soto, G., Haggar, P. J, 2013. Sink or source –The potential of coffe agroforestry systems to sequester atmospheric CO<sub>2</sub> into soil organic carbón.
- GEM, 2009. En *Manual de conservación de suelo y agua* (pág. 10). México: Gobierno del Estado de México
- Gregorich, E., Carter, M., Angers, D., Monreal, C., y Ellert, B, 1994. Towards a minimum data set to asses soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian J. Soil Science* 74, 367-386.
- Arshad, M. A., y Coen, G. M., 1992. Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. *American Journal Alternative Agriculture* 7, 25-31.
- Baver, L., 1972. Física de suelo. Walter H Gardener, Wilford R. Gardner . EUA: 4° Edición Centro regional de ayuda técnica. págs. 1-4
- Pieri, C. 1995. Long-term soil management experiments in semiarid francophone Africa. In: Lal, R. y Stewart, B. A. (eds.). 1995. Soil management. experimental basis for sustainability and environmental quality. *Advances in Soil Science*. Lewis Publishers/CRS. Florida, USA. pp. 225-266
- Rasul, G., Thapa, B.G., 2006. Financial and economic suitability of agroforestry as an alternative to shifting cultivation: The case of the Chittagong Hill Tracts, Bangladesh. *Agricultural Systems* 91, 29-50
- Nair, P.K.R., Gordon, A.M., Mosquera-Losada, M.R., 2008. Agroforestry. *Encyclopedia of Ecology*, 101–110.

# Recuperación de bosque degradado en el Chaco Árido.

## I- Efecto de clausura temporaria y siembra sobre la producción de forraje

C. A. Carranza y M. Ledesma \*

### Resumen

El trabajo forma parte de “evaluación de sustentabilidad de prácticas tecnológicas de manejo silvopastoril de pequeños productores”. El objetivo fue evaluar la efectividad de la clausura y siembra, en la producción de forraje. En 2010 se estableció una clausura de 2 ha en el predio de un productor campesino del Chaco Árido de Córdoba (31,667°LS; 65,304°LO). La parcela se ubicó en el sector más degradado, con un testigo contiguo donde continuó el manejo tradicional. En clausura y testigo se podó material seco y ramas basales de arbustos para mejorar ingreso de luz. Con ese material se construyeron fajas atravesadas en las áreas con signos graves de escorrentía y se sembró al voleo un pool de semillas de *Panicum máximum* cv gatton, *Panicum coloratum*, *Cenchrus ciliaris* cv Texas 4464, *Cenchrus ciliaris* cv Biloela y *Trichloris crinita* (10kg/ha total). Desde entonces, la clausura fue pastoreada todos los años con bovinos y equinos, con una carga de 3 eq V/ha durante 10 días, en Septiembre – Octubre, culminando el pastoreo cuando las gramíneas tenían 10 cm de altura remanente. El testigo recibió pastoreo continuo. Se midió biomasa de forraje acumulada en julio de 2012 y 2013. En la clausura se cortaron 108 muestras de 0,75 m<sup>2</sup> a 10 cm del suelo, ubicadas en forma sistemática sobre 6 transectas de 100 m. En el testigo se colocaron 10 jaulas de exclusión de 1,4 m<sup>2</sup> en forma sistemática sobre 5 transectas, cambiándolas de lugar entre cortes. Los datos se analizaron como medidas repetidas en el tiempo, a través de modelos mixtos. El tratamiento produjo 853 kg/ha y 720 kg/ha y el testigo 70 y 66 kg/ha en los años 2012 y 2013 respectivamente (P<0,0001). La práctica satisfizo las expectativas del productor.

**Palabras clave:** Restauración; silvopastoril, bosque nativo.

## Recovery of degraded woodlands in the Arid Chaco: I-Temporary closure and sowing effects on forage production

### Abstract

This work is part of the “sustainability evaluation of silvopastoral management technological practices for small farmers”. Its objective was to evaluate the effectiveness of temporal closures, use of retention barriers and sowing in forage production. In 2010, a 2-hectare closure was set up in a farmer’s property located in Cordoba’s Arid Chaco (31,667°LS; 65,304°LO). The plot was delimited in the most degraded area, with a contiguous control plot where the traditional management techniques continued to be applied. Both, in the closure and in the control plot, dead branches of trees and bush basal branches were cut to optimize light reception. Those materials were used to build barriers, which were put across the areas which presented severe signs of runoff. Besides, a seed pool of *Panicum máximum* cv gatton, *Panicum coloratum*, *Cenchrus ciliaris* cv Texas 4464, *Cenchrus ciliaris* cv Biloela y *Trichloris crinita* was sown. Since then, grazing in the closure took place every year in September and October, and it finished when the grass was 10 cm tall. Grazing was constant in the control plot. In July 2012 and 2013, accumulated biomass was measured. In the closure, 108 samples of 0.75 m<sup>2</sup> were taken, cutting forage to 10 cm from the soil. In the control plot, 10 exclusion cages of 1.4 m<sup>2</sup> were placed systematically over 5 transects, changing their place between cuts. Data were analyzed as repeated measurements over time through mixed models. In both years, the treatment plot produced 853 kg/ha and 720 kg/ha and the control plot 70 y 66 kg/ha in 2012 and 2013 respectively (P<0,0001). This practice met farmer’s expectations.

**Keywords:** Restoration, silvopastoral, native forest

\* Est. Forestal INTA Villa Dolores. Av. San Martín 303 (5870) Villa Dolores, Cba. carranza.carlos@inta.gob.ar



# Recuperación de bosque degradado en el Chaco Árido.

## II- Efecto de clausura temporaria, fajas de ramas y siembra sobre retención y acumulación de suelo

C. A. Carranza y M Ledesma

### Resumen

El trabajo forma parte de “evaluación de sustentabilidad de prácticas tecnológicas de manejo silvopastoril de pequeños productores”. El objetivo fue evaluar la efectividad de prácticas de manejo, sobre retención y acumulación de suelo. En 2010 se estableció una clausura de 2 ha en el predio de un productor campesino del Chaco Árido de Córdoba (31,667°LS; 65,304°LO). La parcela se ubicó en el sector más degradado, con un testigo contiguo donde continuó el manejo tradicional de campo abierto con pastoreo continuo. En clausura y testigo se podó todo el material seco y ramas basales de arbustos en áreas donde fue preciso mejorar ingreso de luz (<50% de incidencia) o mejorar condiciones de accesibilidad. Con ese material se construyeron fajas atravesadas en las áreas con signos graves de escorrentía y se sembró al voleo un pool de semillas de pastizales nativos e introducidos. La clausura fue pastoreada por bovinos y equinos, con una carga de 3 eq Vaca/ha durante 10 días, dos años consecutivos en Septiembre – Octubre, culminando el pastoreo cuando las gramíneas tenían 10 cm de altura remanente. El testigo recibió pastoreo continuo. Se ubicaron estacas de hierro en tres posiciones respecto a las fajas de ramas, en la clausura y testigo. Se midió movimiento de suelo mediante diferencia de altura de las estacas con respecto al nivel de suelo antes y después de una precipitación mayor a 30mm. Se realizaron 2 medidas el primer año, 3 el segundo, 5 el tercero y 2 el cuarto. Se registraron las precipitaciones ocurridas que fluctuaron entre 30 y 105 mm. El diseño fue de parcelas anidadas del factor distancia a la retención (tres niveles) dentro del factor clausura (dos niveles). Los datos se analizaron cada año como medidas repetidas en el tiempo a través de modelos lineales mixtos. La práctica generó acumulación de suelo, especialmente el primer año. Fue clara la interacción tiempo (relacionado a intensidad de pp) \* tratamiento. Desde el segundo año, el aumento de cobertura en la clausura redujo la erosión de suelo, mitigando el efecto de retención de las fajas.

**Palabras clave:** erosión, restauración, sustentabilidad.

## Recovery of degraded woodlands in the Arid Chaco: II-Effects of temporary closure, barriers of branches and sowing on soil retention and accumulation

### Abstract

This work is part of the “sustainability evaluation of small farmers’ silvopastoral management technological practices”. Its objective is to evaluate the effectiveness of management practices in soil retention and accumulation. In 2010, a 2-hectare closure was set up in a farmer’s property located in Córdoba’s Arid Chaco. The plot was delimited in the most degraded area, with a contiguous control plot where the traditional management techniques continued to be applied. Both, in the closure and in the control plot, dead trees branches and bush basal branches were cut to optimize light reception. Those materials were used to build barriers, which were put across the areas which presented severe signs of runoff. Besides, a seed pool of native and non-native pastures was sown. Since then, grazing in the closure took place every year in September and October, and it finished when the grass was 10 cm tall. Grazing was constant in the control plot. Iron stakes were placed in three different positions with respect to the “branch barriers” in the closure and in the control plot. Soil movement was measured using the height difference between the stakes, with respect to soil level, before and after rainfalls greater than 30 mm. The first year, 2 measurements were made; the second year 3; the third year 5; and the fourth year 2 were made. Rainfalls were registered. Split plot design was used for statistic analysis, where the factor “distance to the retention” (three levels) was nested into the factor “closure” (two levels).

Data was analyzed each year as repeated measurements in time through mixed linear models. This practice was effective, specially the first year. Time (related to rainfall intensity) \* treatment interaction was obvious. Since the second year, the recovery of vegetation cover in the closure has reduced soil erosion, mitigating the retention effect of barriers.

**Keywords:** erosion, restoration, sustainability

\* Est. Forestal INTA Villa Dolores. Av. Illia 303 (5870) Villa Dolores, Cba. carranza.carlos@inta.gob.ar

# Recuperación de bosque degradado en el Chaco Árido.

## III- Evaluación de sitios seguros para la regeneración de *Aspidosperma quebracho blanco*

M. Ledesma y C. A. Carranza

### Resumen

El trabajo forma parte de “evaluación de sustentabilidad de prácticas tecnológicas de manejo silvopastoril de pequeños productores”. El objetivo fue evaluar si existen sitios específicos en que se facilita la regeneración de *Aspidosperma quebracho blanco* (quebracho blanco) y evaluar si existe efecto diferencial cuando se aplica pastoreo controlado a través de clausura y técnicas de restauración de suelo. En 2010 se estableció una clausura de 2 ha en el predio de un productor campesino del Chaco Árido de Córdoba (31,667°LS; 65,304°LO). La parcela se ubicó en el sector más degradado, con signos claros de pérdida de suelo baja cobertura arbórea y arbustiva, prácticamente sin cobertura herbácea. En el testigo, contiguo a la clausura, se continuó el manejo tradicional de campo abierto con pastoreo continuo. En clausura y testigo se podó material seco y ramas basales de arbustos para mejorar ingreso de luz. Con ese material se construyeron fajas atravesadas en las áreas con signos graves de escorrentía y se sembró al voleo un pool de semillas de pastizales nativos e introducidos. Desde entonces, la clausura fue por ganado bovino y equino, con una carga de 3 eq V/ha durante 10 días, todos los años en Septiembre – Octubre, culminando el pastoreo cuando las gramíneas tenían 10 cm de altura remanente. El testigo recibió pastoreo continuo. En octubre de 2013 se contaron los renovales de quebracho blanco con cotiledones (edad 1 a 3 años), en ocho fajas de 50x1m en el área cerrada y testigo, registrando la posición: pedestal de arbustos (Ped), suelo desnudo (SD), acumulación de restos vegetales (broza), y bajo pastizal (pasto). Los datos se analizaron mediante tablas de contingencia (estadístico chi cuadrado Pearson), agrupando las frecuencias en cuatro categorías: 0; 1 a 20; 21 a 50 y más de 50 renovales por faja en cada posición. Se incluyó cerramiento como criterio de estratificación. Las parcelas tratamiento y testigo tuvieron distinto comportamiento según prueba de Cochran-Mantel-Haenszel. En ambas parcelas, el área de mayor probabilidad de regeneración fue pedestal. El cerramiento y control de pastoreo permitió mejor distribución de los renovales.

**Palabras clave:** Restauración; bosque nativo; renovales.

## Recovery of degraded woodlands in the Arid Chaco. III- Evaluation of safe sites for the regeneration of the *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco)

### Abstract

This work is part of the “sustainability evaluation of silvopastoral management technological practices for small farmers”. Its objective is to evaluate if there are specific sites which facilitate the regeneration of the *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco), and to evaluate if there is a differential effect when grazing is controlled through temporary closure and when soil restoration techniques are applied. In 2010, a 2-hectare closure was set up in a farmer’s property located in Córdoba’s Arid Chaco. The plot was delimited in the most degraded area, with a contiguous control plot where the traditional management techniques continued to be applied. Both, in the closure and in the control plot, dead branches of trees and bush basal branches were cut to optimize light reception. Those materials were used to build barriers, which were put across the areas which presented severe signs of runoff. Besides, a seed pool of native and non-native pastures was sown. Since then, grazing in the closure took place every year in September and October, and it finished when the grass was 10 cm tall. Grazing was constant in the control plot. In October 2013, young *quebracho blanco* trees with cotyledons (aged between 1 and 3) were counted in eight transects of 50 m\*1 m, both in the closed area and in the control plot, and their positions were registered as follows: shrub base (pedestal), bare soil (SD), mulch (broza) and under pastures (pasto). Data was analyzed using contingency tables (Pearson’s Chi-Squared Test), and frequencies were separated into four categories: 0; 1 to 20; 21 to 50, and more than 50 young trees per transect in each position. Closure was included as a stratification criterion. The treatment plot and the control plot behaved differently under the Cochran-Mantel-Haenszel test. In both plots, regeneration was more likely to occur in the shrub base area. Temporary closure for grazing control allowed a better distribution of young trees.

**Keywords:** Restoration, silvopastoral, native forest

\* Est. Forestal INTA Villa Dolores, Av. Illia 303 (5870) Villa Dolores, Cba. ledesma.marcela@inta.gob.ar

# Distribución de la precipitación en un bosque de pino radiata con manejo silvopastoril vs. forestal tradicional

F. Gómez<sup>1</sup>; M. Tarabini<sup>1</sup>; C.G. Buduba<sup>12</sup>; L. La Manna<sup>13</sup>

## Resumen

En el ecotono bosque estepa de la Región Andino Patagónica, en un contexto productivo de ganadería extensiva, los sistemas silvopastoriles con bosque implantado se presentan como una alternativa para la producción de árboles, pasto y animales. El recurso hídrico es escaso durante los meses estivales de mayor demanda vegetal y por este motivo, es vital el manejo del dosel arbóreo para beneficiar el componente forrajero de un sistema silvopastoril. El objetivo de este trabajo es presentar, con datos preliminares, los componentes de la precipitación en un bosque de pino radiata con dos tipos de manejo: silvopastoril vs. forestal tradicional. En un bosque con dos densidades (332 y 625 árb. ha<sup>-1</sup>) se midieron las diferentes variables que explican cómo se distribuye la lluvia incidente dentro de un bosque (precipitación efectiva, escurrimiento fustal e intercepción). Los registros de 7 eventos determinaron que la precipitación directa y el escurrimiento fustal fue de 77 y 1 % respectivamente de la lluvia incidente en la parcela silvopastoril y de 64 y 2 % en la forestal tradicional. La pérdida por intercepción fue mayor al aumentar el número de árboles (34 %) en comparación con el manejo silvopastoril (22 %). Si bien estos resultados son los primeros registros de un proyecto en marcha, muestran que con un sistema silvopastoril se aseguraría mayor ingreso de agua al suelo del bosque.

**Palabras clave:** precipitación directa, intercepción, escurrimiento fustal.

## Precipitation distribution in a radiata pine forest with silvopastoral vs. thinning

## Abstract

In the forest steppe ecotone in the Patagonian Andean Region, where cattle grazing is the main activity, silvopastoral systems are an alternative for production of trees, grasses and cattle. Water availability is scarce during summers, when evapotranspiration is greatest. In this context, canopy management has great influence on grasses production. This paper aims to study the precipitation components for a radiata pine plantation with two silvicultural managements: silvopastoral vs. thinning. In a forest with different trees density (332 and 625 tree ha<sup>-1</sup>), associated variables to the distribution of precipitation were recorded (throughfall, stemflow and interception). Seven precipitation events allowed determining that throughfall and stemflow were 77 % and 1 % of gross precipitation, respectively, for silvopastoral and 64 % and 2 % for thinning management. Interception loss was greater when the number of trees increased (34 %) comparing with silvopastoral (22 %). Although these results are preliminary records of a current project, they evidence that a silvopastoral system would assure a greater amount of precipitation reaching the soil surface.

**Key words:** throughfall, interception, stemflow.

<sup>1</sup> Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Sede Esquel. fede\_go5@hotmail.com <sup>2</sup> EEA INTA Esquel. <sup>3</sup> CONICET

## Introducción

En la Región Andino Patagónica se fomenta la forestación en tierras degradadas por sobrepastoreo como una alternativa productiva que puede revertir condiciones socio económicas y ambientales no deseadas. A pesar de la existencia de una importante superficie con aptitud para la implantación de bosques de pino y a los esfuerzos realizados por distintos organismos durante las últimas décadas, la actividad forestal aún no contribuye significativamente a remediar las problemáticas enunciadas. La posible explicación a dicha realidad tiene variados argumentos. Uno de ellos es no haber considerado la lógica y necesidades de la producción ganadera extensiva tradicional que se desarrolla en esa superficie. Por este motivo desde hace tiempo se están abordando diferentes líneas de investigación para comprender cómo el bosque de pino, implantado en el ecotono bosque estepa, puede complementar a dicha actividad. Bajo esta visión se pretende generar sistemas de producción que integren árboles, pasto y ganado, manejando las interacciones entre dichos componentes. Estas interacciones, positivas o negativas, afectan la

producción de madera, forraje y/o carne. En este contexto de pastizales con bosque implantado, en donde el recurso hídrico es escaso durante la estación de crecimiento vegetal, el manejo del dosel arbóreo se vincula directamente con el agua que alcanza el suelo y queda disponible para el componente forrajero. Al realizar un cambio en la cobertura vegetal, por ejemplo de bosque denso a uno más abierto (sistema silvopastoril), la cantidad de agua que vuelve a la atmósfera o ingresa al suelo se modifica, pues diferentes variables dependen del manejo (Ford y Deans 1978; Oyarzún *et al.* 1985). Es decir, las características del bosque inciden en la lluvia que alcanza directamente el suelo, o que se evapora al ser interceptada por hojas y ramas, o que llega al piso go-teando a través del follaje o escurriendo por el fuste.

El objetivo del trabajo es presentar, con datos preliminares, los componentes de la precipitación (precipitación directa, escurrimiento fustal e interceptación) en un bosque de pino radiata (*Pinus radiata* D. Don) con dos tipos de manejo, silvopastoril vs. forestal tradicional.

## Metodología

En la Unidad Demostrativa Silvopastoril del Campo Experimental Agroforestal INTA Trevelin (Chubut) el bosque está compuesto por pino radiata post incendio de 27 años de edad. En parte de la superficie (3,5 ha) se realizó raleo y poda en invierno de 2012 para adecuar el bosque a un manejo silvopastoril. En un área contigua (2 ha) se adecuó la densidad en otoño de 2014 para continuar con un manejo forestal tradicional. Para caracterizar ambas situaciones se instalaron 2 parcelas circulares de 706 m<sup>2</sup> c/u, en donde se obtuvieron los parámetros dasométricos presentados en la tabla 1.

Se registró la precipitación incidente (Pi) con un pluviómetro ubicado a cielo abierto. Dentro de cada parcela se midió la precipitación directa (Pd) (agua que llega al suelo atravesando el follaje) con una canaleta de 14,25 m de largo y 1,4 m<sup>2</sup> que almacenó el agua en un bidón de 100 l. La misma se instaló a 1 m de altura con una pendiente que aseguró un escurrimiento rápido hacia el bidón, evitando las pérdidas por evaporación. A diferencia de la utilización

de múltiples pluviómetros convencionales dentro del bosque, este dispositivo de captación de agua permite evitar las variaciones en la precipitación directa debidas a la distancia al tronco de cada árbol (Crockford y Johnson 1983, Buduba 2006). Para medir el escurrimiento fustal (Ef) se seleccionaron 5 árboles dominantes en cada parcela. En cada uno de ellos se instaló un anillo helicoidal de aluminio que encausó el agua que bajaba por el tronco hacia un bidón de 50 l. Por último, la interceptación (I) fue calculada con la ecuación 1 (Huber y Oyarzún 1983, 1984). Todos los valores se referenciaron a ha.

$$I = P_i - P_d - E_f \quad \text{Ecuación 1}$$

En el periodo comprendido entre el 3/9 y el 20/12/2014 se registraron 7 eventos de lluvia incidente en ambas parcelas en un rango de 1 a 28 mm. Los datos fueron analizados mediante regresión lineal y análisis no paramétrico (Test Friedman).

**Tabla 1.** Parámetros dasométricos de las 2 parcelas instaladas (silvopastoril y forestal tradicional) en la Unidad Demostrativa Silvopastoril del Campo Experimental Agroforestal INTA Trevelin.

Manejo	DAP $\bar{x}$ (cm)	Altura $\bar{x}$ (m)	Densidad (árb. ha <sup>-1</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Superficie copa (m <sup>2</sup> )	Volumen copa (m <sup>3</sup> )
Silvopastoril	26	17,4	325	17,4	21	89
Forestal tradicional	23	17,5	622	27,5	17	90

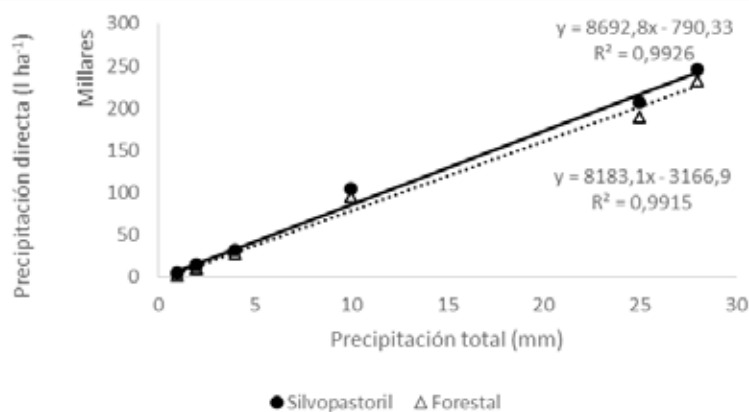


Gráfico 1. Precipitación directa registrada en el sistema silvopastoril (--) y forestal tradicional (.....).

## Resultados y discusión

**Precipitación directa.** En eventos de lluvia menores a 5 mm la precipitación que alcanzó el suelo dentro del bosque fue semejante en ambos tipos de manejo (Gráfico 1). Para lluvias más abundantes el ingreso de agua en el sistema silvopastoril fue mayor ( $\bar{x} = 7\%$ ) que en el bosque con manejo forestal tradicional.

**Escurrimiento fustal.** Con lluvias menores a 2 mm el agua que alcanzó el suelo por el tronco es casi nula en ambas coberturas (Gráfico 2). Con precipitaciones mayores a dicho registro el escurrimiento fustal se incrementó en la parcela más densa ( $\bar{x} = 41\%$ ). Esto se explica por el mayor número de ejemplares y porque se asume que todos ellos canalizaron el agua de igual manera que los árboles dominantes seleccionados para la instalación de los dispositivos de medición. Es importante señalar que, al considerar sólo los árboles recolectores de agua (5 por tratamiento), no existieron diferencias significativas en el escurrimiento fustal entre ambas situaciones de manejo ( $p = 0,265$ ).

**Intercepción.** El agua que se perdió desde el dosel de los árboles fue siempre mayor con manejo forestal tradicional (Gráfico 3). Para ambos tratamientos, en lluvias de poca mag-

nitud el porcentaje de intercepción fue mayor. A medida que las lluvias fueron más abundantes el porcentaje de intercepción disminuyó tendiendo a cero, pues el dosel ya se encontraba saturado y con escasa capacidad para continuar almacenando agua. En uno de los eventos (10 mm) se registró que la lluvia que ingresó al bosque ( $P_d + E_f$ ) fue mayor que la obtenida a cielo abierto ( $P_i$ ), por ese motivo la intercepción ( $I$ ) se consideró cero (ecuación 1). Este efecto de la plantación, producido en algunos tipos de eventos por una combinación de diferentes variables ambientales y silvícolas, fue reportado por varios autores para diversos tipos de bosque (Oyarzún *et al.* 1985, Crockford y Richardson 2000, Dunkerley 2000).

Al respecto, en cada precipitación registrada hubo parámetros ambientales (intensidad, cantidad y duración de la lluvia, velocidad y dirección del viento, humedad, etc.) que no fueron evaluados y que podrían haber incidido sobre los diferentes componentes de distribución del agua dentro del bosque (Huber, Oyarzún 1984, Calder 1999, Crockford y Richardson 2000). No obstante, los datos presentados para ambos tipos de manejo corresponden a los mismos siete eventos de lluvia.

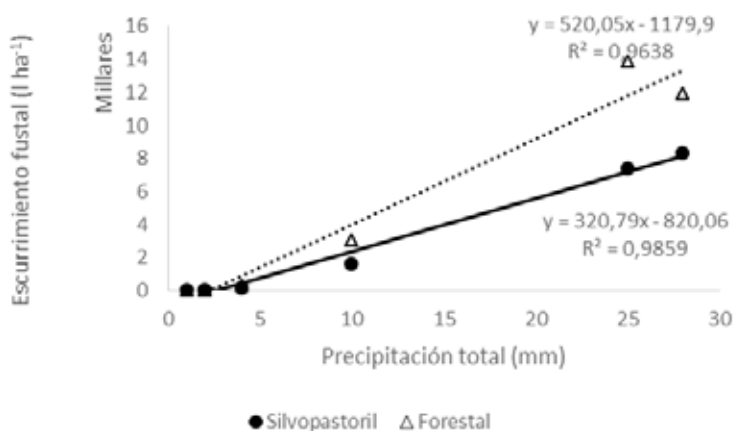


Gráfico 2. Escurrimiento fustal registrado en el sistema silvopastoril (--) y forestal tradicional (.....).

Es decir que la diferencia en la densidad de árboles (325 y 622 árb. ha<sup>-1</sup>) de cada rodal puede estar explicando gran parte de los resultados presentados. La precipitación directa y el escurrimiento fustal fue de 77 y 1 % respectivamente de la lluvia incidente en la parcela silvopastoril y de 64 y 2 % en la

forestal tradicional. La pérdida por interceptación fue mayor al aumentar el número de árboles (34 %) en comparación con el manejo silvopastoril (22 %).

Mediciones futuras con una mayor cantidad y tipos de eventos podrán mejorar las estimaciones aquí presentadas.

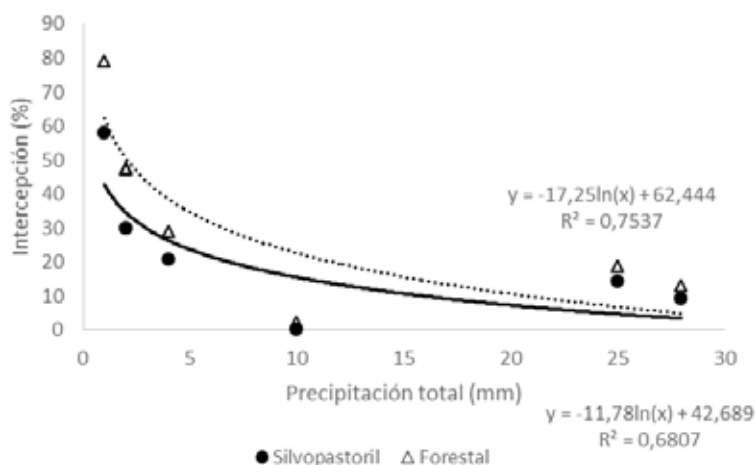


Gráfico 3. Intercepción calculada en el sistema silvopastoril ( -- ) y forestal tradicional ( ..... ).

## Conclusiones

A partir de estos primeros resultados se puede afirmar que en el sistema silvopastoril ingresa más agua al bosque en comparación con el manejo forestal tradicional. Los mayores valores

de precipitación directa y menor interceptación por parte del dosel estarían indicando mejor disponibilidad de agua edáfica para el componente forrajero.

## Bibliografía

- Buduba CG. 2006. Modificaciones en el pH y contenido de materia orgánica en suelos del ecotono estepa / bosque andino patagónico por implantación de pino ponderosa. Tesis doctoral. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 176 pp.
- Calder IR. 1999. Dependence of rainfall interception on drop size – a reply to the comment by Uijlenhoet and Stricker. Journal of Hidrology 217: 164 – 165.
- Crockford RH, Johnson ME. 1983. Some errors in the measurement of precipitation, throughfall and stemflow and the implications for estimation of interception. Hydrology and Water Resources Symposium, Hobart, Tasmania. Conference Publication No. 86/13. Institute of Engineers: Australia: 236 - 242.
- Crockford RH, Richardson DP. 2000. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. Hydrol. Process. 14: 2.903 – 2.920.
- Dunkerley D. 2000. Measuring interception loss and canopy storage in dryland vegetation: a brief review and evaluation of available research strategies. Hydrol. Process. 14: 669 – 678.
- Ford E, Deans J. 1978. The effects of canopy structure on stemflow, throughfall and interception loss in a young sitka spruce plantation. Journal of Applied Ecology 15: 905 – 917.
- Huber A, Oyarzún C. 1983. Producción de hojarasca y sus relaciones con factores meteorológicos en un bosque de *Pinus radiata* (D. Don.). Bosque 5: 1 – 11.
- Huber A, Oyarzún C. 1984. Factores reguladores de la interceptación en un bosque adulto de *Pinus radiata* (D. Don.). Bosque 5: 59 – 64.
- Oyarzún CE, Huber AW, Vásquez SG. 1985. Balance hídrico en tres plantaciones de *Pinus radiata*. I: Redistribución de las precipitaciones. Bosque 6: 3 – 14.

# Variación de temperatura y humedad del suelo durante el período invernal en situaciones de cielo abierto y bajo un sistema Silvopastoril en el NE de la Provincia de Corrientes-Argentina

J. P. Uguet Vaquer Piloni <sup>1</sup>, S. M. Lacorte <sup>2</sup>

## Resumen

El ambiente subtropical del Norte de Corrientes presenta inviernos benignos y con un largo período con presencia de heladas que abarca desde Mayo a Septiembre, agravado esto en ciertos años por bajas precipitaciones. Esto afecta la producción y calidad forrajera de pastizales o pasturas, donde predominan especies de C4 sensibles a las bajas temperaturas.

El objetivo de este trabajo fue analizar las variaciones de temperatura y contenido hídrico del suelo bajo un sistema silvopastoril (SSP) y una situación control sin cobertura de árboles (CA) en un ambiente de "malezal". Las temperaturas se registraron en abrigo meteorológico (1,5 m de altura), a 0,05 m de altura (sensor de heladas agronómicas) y el contenido hídrico del suelo entre 0 y 20 cm de profundidad, durante el invierno del 2010.

Hubo 8 heladas meteorológicas en el tratamiento CA y 7 en el SSP. Las heladas agronómicas solo se presentaron en CA, registrándose en 6 eventos en los meses de Julio y Agosto, donde la máxima diferencia de temperatura entre ambos tratamientos fue de -5,5°C°.

El contenido volumétrico de agua del suelo fue estable en SSP, mientras que en CA disminuyó notablemente cuando hubo escasa precipitación. Se atribuyen estas diferencias favorables a los SSP al efecto del dosel arbóreo -menor insolación del suelo, atenuación del viento y reducción de la irradiación nocturna-.

**Palabras claves:** temperatura en abrigo meteorológico, heladas agronómicas, contenido hídrico del suelo, diferencia de de temperatura.

## Comparison of temperature and soil moisture during the winter period in open and under a Silvopastoril system situations in NE of Corrientes Province, Argentina

## Abstract

North Corrientes's subtropical environment presents benign and long periods of frost presence spanning from May to September, making it worse in certain years because of low rainfall during winter. This affects the production and forage quality of grassland or pasture, where the dominated species are C4 sensitive to low temperatures.

The aim of this study was to analyze variations of temperature and hydric content of the ground in a silvopastoral system (SSP) and a control situation open sky (OS) in an environment of "malezal". Temperatures were registered at the meteorological stations (1.5 m), 0.05 m (sensor agronomic frost) and hydric content of the ground between 0 and 20 cm depth during winter of 2010. There were 8 frost weather registrations in the OS and 7 in the SSP treatment. Agronomic frosts were only present in OS, registering in 6 events during the months of July and August where the maximum temperature difference between treatments was -5,5C °.

The hydric content of the ground was stable in SSP, while in OS it decreased noticeably when there was scarce rain.

This favorable differences SSP is attributed to the effect of canopy soil -Reduced insolation, wind attenuation and the reduction of night irradiation-.

**Keywords:** meteorological stations, Agronomic frosts, hydric content from ground, temperature difference.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria- Agencia de Extensión Rural Santo Tome, Corrientes- Mitre 126 (CP3340)- Teléfono: 54 03756-420163. E-mail: uguet.pablo@inta.gob.ar <sup>2</sup>Asesor privado, ex profesional del INTA-Centro Regional Misiones. Calle 116-N°3050 -Posadas Misiones-(CP3300) -Argentina Tel: 54 03764-1587104 santiagomariacorte@gmail.com

## Introducción

Los sistemas silvopastoriles (SSP) tienen un gran efecto en ecosistemas tropicales, presentando una fuerte interacción entre sus principales componentes -árboles, forraje, animal, suelo y su microflora y fauna, microclima-. La sombra genera microclimas que mantienen a los animales dentro o cerca de su rango de termo-neutralidad (Navas, 2007). Es frecuente encontrar trabajos que analizan los efectos de la sombra con respecto al estrés calórico, por ejemplo el de Mitlöhner et al. (2002), que indica los beneficios de esta sobre la disminución del estrés por calor y la mejora en la productividad de animales en confinamiento.

Otros trabajos, bajo condiciones tropicales, demostraron que las temperaturas por debajo de 5°C o superiores a 20°C (Cowan et al., 1993) afectan los índices productivos y reproductivos en bovinos de leche.

Se han encontrado reducciones de temperatura bajo la copa de los árboles de 2-9 °C (Reynolds, 1995; Ribaski y Menezes, 2002; Navas, 2003), en comparación con áreas abiertas.

Uno de los problemas que tiene la ganadería en el NE de Corrientes, basada en pastizales y pasturas implantadas con predominio de especies de *C<sub>4</sub>* y con un clima subtropical con presencia de heladas, es la reducción en la cantidad y la cali-

dad del forraje durante los meses más fríos.

Al respecto es escasa la información local sobre la mitigación del impacto del invierno y la dinámica del microclima que puedan afectar a los distintos componentes involucrados en los SSP comparada con la situación de CA. Feldhake et al. (2001) destaca a los SSP como una protección sobre los efectos de las heladas por radiación, encontrando diferencias de hasta 11°C superior bajo dosel arbóreo que a CA. Lacorte et al. (2003) observó que las heladas no afectaron la calidad del pastizal, lo que reduciría o evitaría la suplementación invernal.

El presente trabajo tratará sobre las diferencias de temperaturas y humedad del suelo durante el invierno que afectan la producción y calidad forrajera en condiciones de CA y SSP.

### Hipótesis

Las variables meteorológicas y edáficas variarán entre tratamientos de SSP y CA.

### Objetivos

Analizar diferencias de temperatura en casillas meteorológicas y nivel del suelo y humedad del mismo en condiciones de SSP y CA.

## Materiales y Métodos

### Tratamientos

Se evaluaron 2 tratamientos:

A) Sistema Silvopastoril (SSP) con monte implantado de *Pinus elliotii* sp y B) Un sector testigo sin cubierta arbórea -cielo abierto- (CA).

### Sitio Experimental:

El estudio se realizó en el invierno de 2010 desde el 05 Marzo hasta el 17 Septiembre en el Establecimiento "La Higuera", enmarcado en un ambiente típico de malezal, ubicado sobre Ruta Provincial 37, a 25 km de la Ruta Nacional N° 14, Gobernador Virasoro, Corrientes. Los sitios experimentales de SSP y CA, se encuentran ubicados a 27°59'54" LS y 56°17'42" LW.

Sobre los mismos se realizó un Botanal con censo de población, utilizando el software Botanal INTA Sombrerito y cálculo de INTECO (Casco et al. 2002).

Los valores de este último fueron 57,94 en CA y 51,62 en SSP, lo que indica que la composición botánica fue similar en ambos casos. La familia de las gramíneas aportó más del 90% del total de la MS en ambas situaciones; el aporte de Ciperáceas en el potrero a CA fue levemente superior al 8% y menos del 1% en el SSP. En los dos tratamientos el *Paspalum ionanthum* fue la especie más importante y las acompañantes variaron en su porcentaje de presencia.

En el potrero SSP, el componente forestal correspondió a *Pinus elliotii* sp de 6 años de edad, con DAP 13.23cm

(±4,3cm), altura total 7,03m (± 0,30cm), altura de poda de 3,20m (± 0,40cm) y densidad de plantas de 743 pl.ha<sup>-1</sup> ± 10 pl.ha<sup>-1</sup>.

Con esta densidad de plantas, la RAF medida con ceptómetro fue de 20% (tomados el 23/Junio).

En ambos tratamientos se colocaron estaciones meteorológicas automáticas (Data Logger de 4 canales METEO) marca Cavadevices Industria Argentina, que registraron datos de temperaturas de abrigo (t° 1,5 m), heladas agro-nómicas (t° 0,05 m) y contenido hídrico del suelo. Estas estaciones meteorológicas fueron ubicadas en una zona representativa de cada potrero, evitando lugares con acumulación de agua. En el tratamiento SSP se encontraban en el centro de las entrelíneas de pino.

El contenido volumétrico de agua en el suelo se midió con sensores de modelos ECH2O marca Cavadevices de 200 mm de longitud, industria Argentina, que fueron instalados y calibrados para suelos del ensayo. Los registros de precipitaciones 2010 fueron brindados por el Consorcio Manejo del Fuego, Virasoro -promedio de 4 estaciones meteorológicas de la zona.

### Diseño y Análisis estadístico:

Las variables meteorológicas se analizaron estadísticamente a través del análisis de varianza para un DCA y la prueba de comparación de medias test de Tukey ( $\alpha \leq 0,05$ ). Se utilizó el paquete estadístico de Infoestat 2002.



## Resultados y Discusión

### Temperatura Abrigo Meteorológico (1,5 m altura):

Puede observarse en la Figura 1 que no hubo diferencias entre ambos tratamientos en esta variable. El periodo de heladas meteorológicas fue breve en comparación a los periodos de probabilidad de heladas que en la zona se extienden desde mediados de Abril a mediados de Septiembre (Olinuck, 2006) y solo se registraron heladas meteorológicas durante los meses de Julio y Agosto. En el tratamiento CA se registraron 8 heladas meteorológicas y SSP se registraron 7.

Al realizar un ANOVA mes a mes de los datos de este sensor se obtuvieron mínimas diferencias de temperaturas a favor del SSP, significativas en todos los casos, en los registros correspondientes a los periodos 6 de Abril/5 de Mayo (17,69<sup>a</sup> SSP y 17,25<sup>b</sup> CA), 25 de Junio/23 de Julio (12,93<sup>b</sup> SSP y 12,35<sup>a</sup> CA) y 20 de Agosto/17 de Septiembre (17,04<sup>b</sup> SSP y 16,56<sup>a</sup> CA). En el SSP se mantuvo la media por encima de los registros a CA en los meses que se presentaron heladas meteorológicas. Resultados similares fueron encontrados por Bahamonde *et al.* (2009) en un estudio donde se evaluaron variaciones microclimáticas en bosques de *Nothofagus antarctica* bajo uso silvopastoril. La amplitud térmica fue mayor en CA que en SSP. En este último, la cobertura arbórea favorecería la reducción de la velocidad del viento o el movimiento del aire y la irradiación nocturna. Broom *et al.* (2013), obtuvieron los mismos resultados pero en la estación seca en zonas tropicales, donde la misma fue mucho mayor en CA que en SSP.

### Temperatura sensor Heladas Agronómicas (0,05 m altura):

En la Figura 2 se presentan las tendencias de las temperaturas máximas, mínimas y medias absolutas mensuales del sensor de temperaturas agronómicas (0,05 m altura). Sobre estos parámetros se realizó un análisis ANOVA, de los promedios de las temperaturas máximas, mínimas y medias absolutas de cada mes registrado, arrojando que no existen diferencias significativas entre tratamientos.

Comparando las lecturas de las temperaturas máximas y mínimas absolutas se observó una tendencia a ser más cálido el

tratamiento SSP; en este, las máximas y mínimas absolutas fueron algo superiores al Tratamiento CA, tendencia que se revierte en las temperaturas medias absolutas. Esto podría deberse a que las temperaturas medias se mantienen más constantes en el tratamiento SSP, teniendo una menor amplitud térmica que a CA, como se indica anteriormente.

Los registros de este sensor muestran que en el tratamiento SSP no se presentaron heladas agronómicas. En el sensor del tratamiento CA se registraron seis heladas agronómicas y las diferencias de temperatura entre el tratamiento CA y SSP al registrarse estos eventos fueron en casos puntuales de hasta de 5,5 °C. A estos registros se le realizó un ANOVA con comparación de Medias por Test de Tukey con un  $\alpha \leq 0,01$  de significancia dando diferencias significativas con una media de -0,23°C a CA y 3,66°C SSP. En un trabajo realizado por Uguet y Lacorte (2010) en el mismo sitio y bajo las mismas condiciones de temperatura y contenido hídrico del suelo, la acumulación de materia seca (MS) entre el 23 de Julio y el 29 de Agosto fue mayor en el tratamiento SSP (7.25kgMS.ha<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>) versus CA (3.65kgMS.ha<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>); en dicho trabajo se indica también que la calidad del forraje fue superior en el tratamiento SSP que en el de CA, como se puede observar en la tabla 1.

Resultados similares fueron encontrados por Reynolds (1995); Ribaski y Menezes (2002) y Navas (2003).

### Contenido Volumétrico de Agua del Suelo:

Los datos promedios de contenido volumétrico de agua en el suelo fueron significativamente diferentes a favor de SSP.

Se puede observar en la Figura 3 que los registros de mínima fueron significativamente menores en CA en el mes de agosto (CA 70,81% vs SSP 79,53%). Por otro lado esto coincide con que el mes de agosto fue el mes de menores precipitaciones del período experimental.

Así, numerosos autores han mostrado que la cobertura arbórea, a través de diversos procesos (disminución de la demanda evaporativa, aporte de agua profunda por ascenso hidráulico, mejoramiento de las condiciones edáficas, aporte de nutrien-

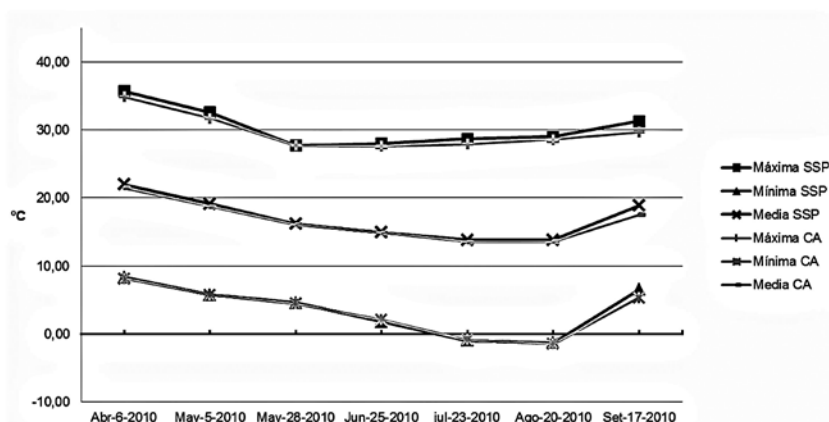


Figura 1. Temperaturas máximas, mínimas y medias registradas a 1,5 m de altura en condiciones de CA y SSP durante el período experimental.

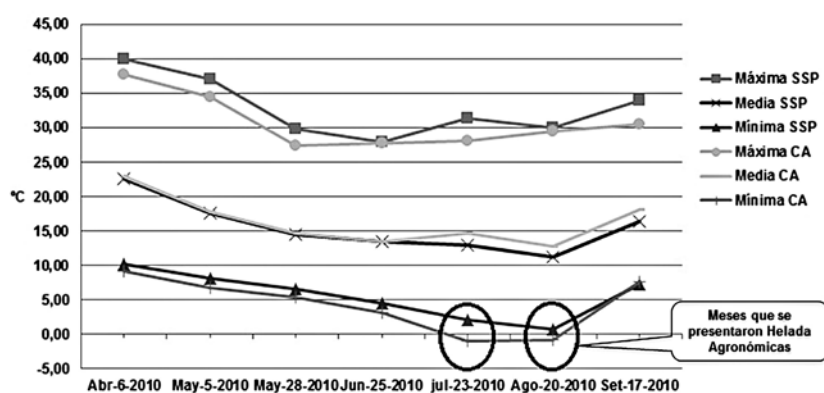


Figura 2. Temperaturas máximas, mínimas y medias registradas a 0,05 m de altura en condiciones de CA y SSP durante el período experimental.

tes) benefician a las especies del sotobosque manteniendo, o incluso aumentando la productividad de las mismas, a pesar de la menor disponibilidad de luz bajo la influencia de sus copas (Fernández et al. 2005).

Autores como Marlats et al. (1998), Pachas (2010), Ríos et al. (2008) encontraron resultados similares con respecto a la mejor distribución del agua del suelo. A su vez, Marlats et al.

(1998) afirma la posibilidad de la utilización de los sistemas Silvopastoriles para la modificación de la dinámica de flujos en situaciones con excesos estacionales y/o permanentes de agua. Los árboles ayudan a mejorar los parámetros microclimáticos del suelo, pues incrementan la capacidad de retención de agua y la aireación, y disminuyen la temperatura (Murgueitio et al. 2014).

Tabla 1: Parámetros de calidad de la MS acumulada

Tratamiento	CA	SSP	*SEM	p-Valor
FDN%	68,4	63,1	3,01	0,001
FDA%	36,1	34,2	1,21	0,05
Lignina%	5,14	4,36	0,54	0,10
Proteína Bruta	7,86	11,5	2,60	0,001
Fosforo#	0,11	0,12	0,001	0,04

#g/100g de MS. Adaptado de Uguet y Lacorte (2010)

\*SEM o Error Estándar de la Media; CA=Cielo Abierto; SSP=Sistema Silvopastoril.

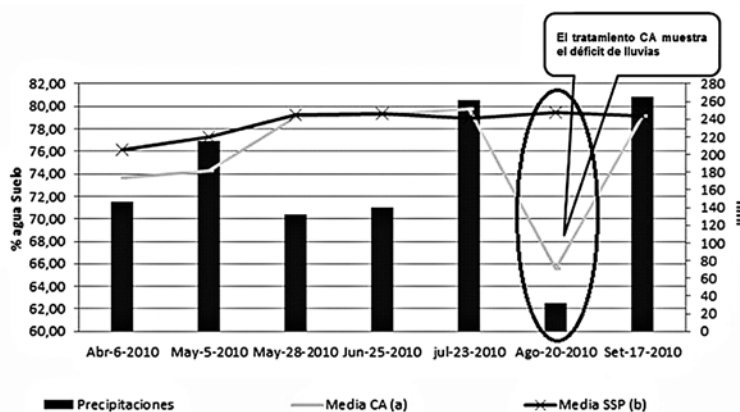


Figura 4. Contenido volumétrico de agua del suelo y precipitaciones durante el período experimental.

## Conclusiones

Los resultados logrados indican que durante el período invernal bajo condiciones de SSP, en comparación con las de CA, no se registraron heladas, las temperaturas medias fueron levemente más elevadas y el porcentaje de agua gravimétrica del suelo fue superior manteniéndose constante aún con bajas precipitaciones. De esta forma se atenuaría el impacto del invierno sobre la producción y la calidad de pastizales y pasturas con fuerte presencia de sp de C4 y su potencial con-

secuencia en la nutrición y confort del componente animal.

Si bien el período de estudio fue de un año existirían fuertes evidencias que los SSP favorecen a reducir las temperaturas extremas, mitiga el estrés hídrico y mejora la actividad del suelo así como generar mayor producción forrajera en las épocas de estrés climático.

Dado esto, los SSP pueden ser una alternativa de producción más estable para condiciones del subtrópico húmedo.

## Bibliografía

- Bahamonde, H. A.; Peri, P. L.; Martínez Pastur, G.; Lencinas M. V. 2009. Variaciones microclimáticas en bosques primarios y bajo uso silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en dos Clases de Sitio en Patagonia Sur. 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos relacionados al componente forestal arbóreo, forestales. Acta N°30.
- Casco J F, Goldfarb M C, Gimenez L I 2002 Botanal sombrerito una herramienta computacional para estimar los atributos del recurso forrajero. FCA 007, <http://agr.unne.edu.ar/Extension/Resumen/Forrajes/forr-007.doc>.
- Fassola, H. E.; Lacorte, S. M.; Pachas, A. N.; Pezzuti, R. 2005. Factores que Influyen la Producción de Biomasa Forrajera de *Axonopus jesuiticus* Valls, bajo dosel de *Pinus taeda* L. en el Nordeste de Corrientes. Sitio Argentino de Producción Animal. RIA, 34 (3): 21-38.
- Feldhake, C.M. 2001. Forage Frost Protection Within Conifer Silvopastures. Proceeding of the Seventh Biennial Conference on Agroforestry in North America And Sixth Annual Conference of the Plains and Prairie Forestry Association. William Schroeder and John Kort, Editors. pp 120-124.
- Fernández, M. E.; Gyenge, J.; Schlichter, T. 2005. Una nueva alternativa de producción en la Patagonia Desarrollo de Sistemas Silvopastoriles basados en Coníferas Exóticas. INTA Bariloche, Publicaciones INTA. IDIA XXI Forestales N° 8. pp 237-239.
- Goldfarb, M. C.; Lacorte, S. M.; Esquivel, J.; Aparicio, J. L.; Gimenez, L. I.; Núñez, F.; Quirós, O. G. 2009. Producción forrajera en un sistema silvopastoril con diferentes esquemas de plantación. II Pastizal de *Andropogon lateralis*. 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos relacionados a pastizales y especies forrajeras. Trabajos completos, Acta N° 41.
- Goldfarb, M. C.; Lacorte, S. M.; Núñez, F.; Quirós, G. 2012. Manejo de un pajonal para mejora de la oferta forrajera en un sistema silvopastoril con *Pinus elliottii*. 2do. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Área 1. Implementación, manejo y producción de SSP. Trabajo Completo, Acta N° 2.
- Lacorte, S.M.; Fassola, H.E.; Domecq, C.D.; San Jose, M.; Hennig, A.; Correa, E.M.; Ferrere, P.; Moscovich, F. 2003. Efecto del pastoreo en el crecimiento de *Grevillea robusta* a. Cunn. y la dinámica del pastizal en Misiones, Argentina. RIA vol. 32 n°2: 79-97.
- Marlats, R. M.; Lanfranco, J. W.; Baridón, E. 1998. Distribución de la humedad edáfica en sistemas silvopastoriles con diferentes densidades arbóreas y una pradera testigo. Quebracho N° 7: 43-51.
- Mitlöhner, F. M.; Galyean, M. L.; McGlone, J. J. 2002. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. J ANIM SCI. 80:2043-2050.
- Murgueitio, E. R.; Chará, J. O.; Barahona R. R.; Cuartas C. C.; Naranjo J. R. 2014. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI), erramienta de itigación y adaptación al cambio climático. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 17: 501 - 507
- Navas, A. 2003. Influencia de la cobertura arbórea de sistemas silvopastoriles en la distribución de garrapatas en fincas ganaderas en el bosque seco tropical. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 77pp.
- Navas, A. 2007. Sistemas silvopastoriles para el diseño de fincas ganaderas sostenibles. Revista ACOVEZ. 37. 16-20.
- Olinuck, J. A. 2006. Informe Agrometeorológico de la localidad de Cerro Azul. Sección Agrometeorología. EEA-INTA. Cerro Azul, Misiones. Argentina. pp 1-24.
- Pachas, A. N. A. 2010. *Axonopus catarinensis* y *Arachis pintoi* Alternativas forrajeras en sistemas silvopastoriles de la provincia de Misiones, Argentina. Tesis de Maestría, Universidad de Buenos Aires, Área Recursos Naturales.
- Peri, P. L. 2012. Implementación manejo y producción en sistemas silvopastoriles: enfoque de escala en la aplicación del conocimiento aplicado. 2do. Congreso Silvopastoril. Área 1. Implementación, manejo y producción de SSP Acta. pp8.
- Reynolds, S. G. 1995. Pasture - cattle - coconut systems. Bangkok, Thailand. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. Consultado 27 set. 2007. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/005/af298e/af298e00.htm>.
- Ribaski, J.; Menezes, E. de A. 2002. Disponibilidad y calidad del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un sistema silvopastoril con algarrobo (*Prosopis juliflora*) en la región semi-árida Brasileña. Agroforestería en las Américas Vol. 9 N° 33 - 34. pp 10.
- Ríos, N.; Andrade, H.; Ibrahim, M. 2008. Evaluación de la recarga hídrica en sistemas silvopastoriles en paisajes ganaderos. Zootecnia Tropical. Vol. 26. pp 183-186.
- Uguet Vaquer Piloni, J. P.; Lacorte, S.M. 2010. Producción y calidad de un pastizal en el período invernal a cielo abierto y bajo un sistema silvopastoril. Livestock Research for Rural Development <http://www.lrrd.org/lrrd26/7/ugue26129.html>.

# Medición de la biomasa microbiana del suelo en un sistema agroforesto ganadero (SAFG) con pino híbrido en Corrientes, Argentina.

M.C. Goldfarb<sup>1</sup>; V. S. Faggioli; F. Núñez; O.G. Quirós Villalba; R. Aranda.

## Resumen

El *objetivo* del trabajo fue medir la biomasa microbiana (*BiMi*) del suelo y cuantificar cambios generados por el pino en términos de microgramos de carbono/g/suelo seco ( $\text{ugC.g}^{-1}$ ) en un *SAFG* de pino híbrido (*Pinus elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*) con diferentes edades de plantación y en dos sectores: entre las líneas dobles de plantación y calles que las separan. Se instaló el ensayo en un *SAFG* plantado sobre un suelo Psamacuente spódico con pastizal de *Andropogon lateralis*. En Fecha1=14/05/13, Fecha2=27/08/13; Fecha3=12/12/13 y Fecha4=10/04/14 se midió la *BiMi* ( $\text{ugC.g}^{-1}$ ), el dato del suelo fue corregido por el factor de humedad que contenían las muestras. Los tratamientos fueron los años de plantación: T1=2006; T2=2007; T3=2008; T4=2009, T5=2010 y T6=2011, en un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. En cada repetición se instalaron *dos transectas* de 100 metros c/u sobre las que se extrajeron muestras de suelo cada 10 metros con un barreno hasta 20 cm de profundidad, correspondiendo a un muestreo sistemático (DMS) con arranque aleatorio en cada tratamiento. Se instaló *una de las transectas entre las líneas (L) dobles de plantación* (4\*2.5 m) del pino y la *otra en las calles (C) que separan las líneas de plantación*; se secaron a temperatura ambiente hasta peso constante y analizaron en el laboratorio de suelos del INTA EEA Marcos Juárez, Córdoba. La *BiMi* ( $\text{ugC.g}^{-1}$ ) varió entre tratamientos ( $p<0.05$ ) T1.2006=43,79(b), T2.2007=21,91(a), T3.2008=37,51 (ab); T4.2009=20,14 (a); T5.2010=29,09 (ab) y T6.2011=21,72 (a); y aumentó con la edad del pino híbrido. Entre las líneas de plantación, la *BiMi* fue mayor que en las calles. No hubo diferencias entre las fechas. Se destaca la necesidad de continuar midiendo en estos sistemas la *BiMi* para contribuir al aporte de herramientas de diagnósticos sobre la calidad de los suelos arenosos.

**Palabras claves:** células microbianas, fracción orgánica, suelo arenoso, pastizal, *Andropogon lateralis*.

## Measurement of microbial biomass in agrosilvopastoral system (SAFG) with pinus hybrid in Corrientes, Argentina.

## Abstract

The aim of trial was measure microbial biomass (*BiMi*) in terms of soil carbon micrograms/g/dry soil ( $\text{ugC.g}^{-1}$ ) in SAFG with hybrid pine (*Pinus elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*) with different ages and in two sectors: between double lines pine plantation and alleys that separate in order to quantify changes generated by pine. The trial was installed in SAFG planted on sandy soil Psamacuente spodic and rangeland of *Andropogon lateralis*. In Date1=14 /05 /13, Date2=27/08/13; Date3=12/12/13 and Date4=10/04/14 microbial biomass ( $\text{ugC.g}^{-1}$ ) was measured in terms of carbon micrograms/g/dry soil ( $\text{ugC.g}^{-1}$ ); soil data was corrected by one factor of moisture containing the samples. Treatments were years of planting: T1=2006; T2=2007; T3=2008; T4=2009, T5=2010 and T6=2011, apply a completely randomized design with three replications. Two transects (100m long) were fixed in each replications, one of these between double lines of planting (4\*2.5m) and other in alleys separating lines of pine. Soil samples (each/10m on transect) were extracted with bore up to 20 cm deep, dried at room temperature and analysed in EEA INTA Marcos Juárez soil laboratory. *BiMi* ( $\text{ugC.g}^{-1}$ ) varied between treatments ( $p<0.05$ ) T1.2006=43.79(b), T2.2007=21.91(a), T3.2008=37.51(ab); T4.2009=20.14(a); T5.2010=29.09(ab) and T6.2011=21.72(a) and increased with age of hybrid pine. *BiMi* was higher between lines planting than alleys. There were no differences between dates. These results suggest continue measuring microbial biomass in SAFG in order to provide diagnostic tools on quality sandy soil.

**Key Word:** microbial cells, organic fraction, sandy soil, rangeland, *Andropogon lateralis*

<sup>1</sup> goldfarb.maria@inta.gob.ar INTA EEA Corrientes cc 57 3400 Corrientes.

## Introducción

La biomasa microbiana constituye la fracción orgánica activa de los suelos. Está conformada por microorganismos responsables de los procesos que mantienen los ciclos biogeoquímicos del suelo. La proporción de células microbianas del suelo comprende entre un 2,3-4% del total de Carbono orgánico del suelo y el nitrógeno orgánico es de 1-6% (Anderson y Domsch, 1986; Sparling, 1985). Estos microorganismos constituyen una fuente fácilmente disponible de nutrientes e hidratos de carbono solubles. Algunos nutrientes como el nitrógeno y el azufre dependen casi exclusivamente de procesos de mineralización biológica para poder ser liberado de los compuestos orgánicos y ser disponible para las raíces de las plantas puesto que la principal fuente de nitrógeno y azufre del suelo es la materia orgánica. La biomasa microbiana a través de procesos enzimáticos y lisis celulares en condiciones favorables de temperatura, humedad y pH mantienen los niveles nutricionales del suelo. Diversos factores y el manejo agronómico pueden disminuir los niveles de biomasa microbiana o bien alterar su metabolismo perjudicando el equilibrio de nutrientes del suelo (Serri *et al.*, 2012 y 2013; Faggioli *et al.*, 2011). Las alteraciones en la biomasa microbiana, como el descenso, parece estar determinado por propiedades de las comunidades microbianas, su tipología y actividad, así como por las condiciones climáticas que afectan el suelo (Van Gestel *et al.*, 1991). La cantidad de biomasa microbiana del suelo y los cambios estacionales sufridos por ella, están influidos por la cantidad de materia orgánica del suelo, factores climáticos, uso de la tierra y las características físico-químicas del suelo (Dalal, 1998; Zoog *et al.*, 1997). Estas características la convierten en un indicador altamente sensible de los cambios sucedidos en el suelo, siendo por ello utilizada para predecir cambios en la materia orgánica por distintas prácticas aplicadas al suelo (Powlson *et al.*, 1987; Sparling, 1992). Los sistemas agroforestosganaderos (SAFG) combinan árboles

con praderas y producción animal en una misma área con el objetivo de diversificar y mejorar la productividad en forma amigable con el ambiente. En Corrientes, una provincia con tradición ganadera, los SAFG fueron inicialmente adoptados por empresas forestales que integraban la actividad forestal con la ganadera en forma acotada en tiempo y espacio, pastoreando las forestaciones con el único objetivo de eliminar la biomasa forrajera convertida en material combustible acumulado y disminuir el riesgo de incendios; el SAFG se manejaba como tal, solo un 25 % del ciclo total forestal. Posteriormente la plantación de bosques cultivados por productores ganaderos promovieron la integración de ambas actividades hasta finalizar el ciclo forestal (Ligier, 2002). Los sistemas agroforestogranaderos (SAFG) de la provincia de Corrientes (Argentina) adoptaron al pino híbrido (*Pinus elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*) por su rápido crecimiento y porque su copa captura menos luz; se establecen sobre suelos arenosos con pastizales de *Andropogon lateralis*, estos ocupan aproximadamente 2 millones de hectáreas y se destacan por su aptitud ganadera y forestal (Lacorte y Esquivel, 2009). El clima de Corrientes fue clasificado como subtropical sin estación seca, el promedio de lluvias es de 1200 mm (Papakakis, 1947). Aún poco se conoce como afecta la forestación sobre el contenido de carbono orgánico del suelo en estos pastizales por lo que resulta de gran interés determinar mediante parámetros microbiológicos indicadores de cambios en la calidad del suelo. Esta determinación contribuirá a la evaluación de la sostenibilidad de las plantaciones de pino. El objetivo del trabajo fue medir la biomasa microbiana del suelo y cambios generados por el pino en un SAFG de pino híbrido (*Pinus elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*) con diferentes edades de plantación y en dos sectores: entre las líneas dobles de plantación del pino y las calles que las separan.

## Materiales y Métodos

Se instaló el ensayo en un SAFG de pino híbrido (*Pinus elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*) plantado en un pastizal de *Andropogon lateralis* sobre un suelo arenoso, Psamacuente spódico con bajos contenidos de materia orgánica y nutrientes, débilmente ácidos y excesos de humedad con sobresaturación por tiempos prolongados por lluvias (Escobar *et al.*, 1996); el clima de Corrientes fue clasificado como subtropical sin estación seca, el promedio de lluvias es de 1291mm (serie histórica 1890/2014) (Papakakis, 1975). En las Fecha 1=14/05/13, Fecha 2=27/08/13; Fecha 3=12/12/13 y Fecha 4=10/04/14 se midió el carbono de la biomasa microbiana (BiMi) expresada en microgramos de carbono por gramo de suelo seco ( $\mu\text{gC.g}^{-1}\text{ss}$ ); el dato de suelo fue corregido por el factor de humedad que contenían las muestras. Las lluvias registradas durante el ensayo fueron 1314mm. Los tratamientos fueron los años de planta-

ción: T1=2006; T2=2007; T3=2008; T4=2009, T5=2010 y T6=2011, en un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. En cada repetición se instalaron dos transectas de 100 metros c/u sobre las que se extrajeron muestras de suelo cada 10 metros con un barreno hasta 20 cm de profundidad, correspondiendo a un muestreo sistemático (DMS) con arranque aleatorio en cada tratamiento. Se instaló una de las transectas entre las líneas (L) dobles de plantación (4\*2.5 m) del pino y la otra en las calles (C) que separan las líneas de plantación; se secaron a temperatura ambiente hasta peso constante y analizaron en el laboratorio de suelos del INTA EEA Marcos Juárez, Córdoba. Se determinó el carbono de la biomasa microbiana por el método de fumigación – extracción propuesto por Vance *et al.*, (1987). Se aplicó un ANOVA y test de Duncan ( $p<0.05$ ) para la comparación de medias.

## Resultados y Discusión

La *BiMi* ( $\mu\text{gC.g}^{-1}$ ) varió entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) T1.2006=43.79 (b), T2.2007=21.91(a), T3.2008=37.51 (ab); T4.2009=20.14 (a); T5.2010=29.09 (ab) y T6.2011=21.72 (a). En T1.2006=8años vs T6=2011=3años de plantación, se incrementó un 100%; variando desde 21.72 ( $\mu\text{gC.g}^{-1}$ ) en T6.2011 hasta 43.79 ( $\mu\text{gC.g}^{-1}$ ) en T1.2006. El aporte del estrato herbáceo, acumulación de raíces, el depósito de acículas; los residuos de podas y raleos explicarían el aumento de la *BiMi* con la edad del pino. He *et al.* 1997 observaron un aumento en el contenido de carbono del suelo en plantaciones de pinos con más de 3 años y explican que esto se debe a la contribución que hace la masa de raíces finas del pino, las cuales pueden contribuir con un 30 al 40% del pool del carbono orgánico del suelo. El mismo autor destaca el aporte del estrato herbáceo que contribuye con su biomasa vegetal subterránea y aérea. El pastizal de *Andropogon lateralis* acumula en el estrato aéreo y radical 5 y 7  $\text{tn/ha/año}$  respectivamente (Casco *et al.*, 2000). John *et al.*, (2002) observaron que una mayor entrada de luz hacia el suelo contribuye a la proliferación de raíces finas, a la estabilidad de los agregados y a la preservación del carbono en el suelo. En los SAFG, el marco de plantación en líneas dobles con menor densidad de plantas por hectárea permite una mayor incidencia de luz sobre el estrato herbáceo. En rodales de pinos con más de 5 años en Australia, se midieron incrementos de la concentración del carbono microbial asociado al mayor contenido de acículas acumuladas en la superficie del suelo, al reducido ciclaje y al largo periodo de residencia de la materia orgánica en estas plantaciones (Mendham *et al.* 2002). En la figura 1 se muestra la *BiMi* ( $\mu\text{gC.g}^{-1}$ ) comparando en cada tratamiento las *L* y *C*. Entre tratamientos no hubo diferencias en las *C* pero si en *L* ( $p < 0.05$ ) lo que explicaría aún más el efecto que ejerce el pino sobre la *BiMi*. En la *BiMi*, su actividad y estructura comunitaria, son influenciadas por especies arbóreas, debido a que la composición química de la hojarasca y de las raíces

influyen en la descomposición de las entradas orgánicas (Prina *et al.*, 2001). La mayor *BiMi* registrada entre las líneas de plantación del pino concuerda con lo señalado por el mismo autor quien observó una cantidad significativa de carbono en la misma situación, se encuentra preservada en los microorganismos del suelo; por lo que el pino podría contribuir no sólo con su biomasa aérea y subterránea, sino también con la biomasa microbiana del suelo, a la captura de parte del  $\text{CO}_2$  emitido hacia la atmósfera. Se comparó la *BiMi* ( $\mu\text{gC.g}^{-1}$ ) entre fechas F1.14/05/13=24,01(a); F2.27/08/13 =37,46(a); F3. 2/12/13=22,36(a) y F4.10/04/14=32,27(a); aunque estos resultados no fueron estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ) entre las fechas, se observó un incremento del 3.58 ( $\mu\text{gC.g}^{-1}$ ) entre las fechas lo que significa un 20% del valor hallado desde el inicio del ensayo. Estudios desarrollados desde hace varias décadas han destacado la importancia de la biomasa microbiana como un indicador anticipado de los cambios en la materia orgánica total del suelo (Powlson *et al.*, 1987). Esto se debe a que la materia orgánica del suelo está integrada por una gran diversidad de fracciones que dan como resultado pequeñas variaciones del conjunto a través del tiempo, prácticamente imperceptibles en el corto plazo por análisis químicos. En cambio, la biomasa microbiana a pesar de representar entre el 2,3% al 4 % del total del carbono orgánico del suelo (Anderson y Domsch, 1986) responde más rápido a los cambios en el manejo y es un buen predictor de los procesos de acumulación del carbono y en los ciclos biológicos edáficos (Powlson, *et al.*, 1987). La biomasa microbiana también es una fuente de nutrientes para las plantas, más aún en suelos altamente meteorizados como Alfisoles y Oxisoles (Obersson *et al.*, 2008). En estos suelos la disponibilidad de nutrientes tales como el fósforo depende más del turnover de los compuestos orgánicos del suelo mediados por microorganismos, que por la desorción del Fósforo retenido por los coloides minerales (Tieszen *et al.*, 1984). Además del manejo agronómico del sistema

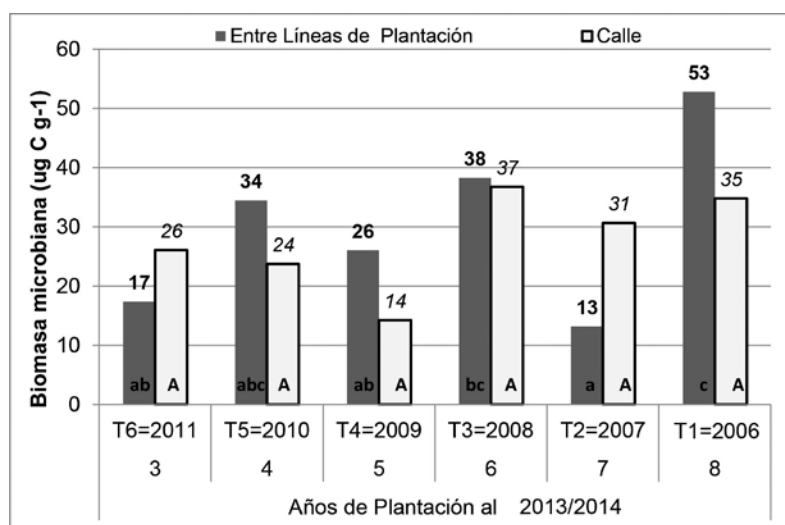


Figura 1. Biomasa microbiana (*BiMi*  $\mu\text{gC.g}^{-1}$ ) en cada tratamiento comparando las calles (C) y entre líneas (L) de plantación del pino híbrido. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos en C (Mayúsculas) y L (minúsculas).

de producción otros factores podrían explicar la variabilidad en los resultados hallados en este trabajo. Insam *et al.* (1989) observaron que diferentes condiciones climáticas influyen sobre la biomasa microbiana y la proporción que ésta representa de la materia orgánica total del suelo. Dentro de las condiciones climáticas de importancia sobre estos parámetros, la relación entre precipitación y evaporación es citada como las de mayor efecto por el autor. Aunque estos resultados son pre-

liminares representan un punto de partida para futuras investigaciones porque muestran una tendencia de que la biomasa microbiana aumentó en el SAFG con la edad del pino; y que esta sería mayor entre las líneas de plantación donde los árboles ejercerían más efecto. Se destaca la necesidad de continuar midiendo en estos sistemas la biomasa microbiana con la finalidad de contribuir al aporte de herramientas de diagnóstico sobre la calidad de los suelos arenosos.

## Conclusiones

La biomasa microbiana aumentó con los años de plantación del pino híbrido.  
Entre las líneas la cantidad de biomasa microbiana fue mayor

que en las calles.  
No se observaron diferencias entre las fechas de medición

## Agradecimientos

Se agradece a la Empresa Zeni SA – Malvinas Esquina – donde se instaló el ensayo. Trabajo financiado por la UCAR PIA 12008.

## Bibliografía

- Anderson, T.H. y Domsch, K.H., 1986. Carbon link between microbial biomass and soil organic matter. En *Proceedings of the Fourth International Symposium on Microbial Ecology* (F. Megusar and M. Gantar, Eds). Pp 467-471
- Casco, J.F.; Goldfarb, M.C. y Giménez, L.I. 2000. Identificación y estimación del rendimiento de materia seca de las principales especies de un pastizal del Noroeste de la Provincia de Corrientes *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 20. Sup. 1:191-192.
- Dalal, R.C., 1998. Soil microbial biomass what do the number really mean?. *Aust. J. Exp. Agric.* 38: 649-665.
- Escobar, E.H.; Melgar, R.; Ligier D.; Matteo, H. y Vallejos, O. 1996. "MAPA DE SUELOS DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES. 1:500.00. ÁREA PRODUCCIÓN VEGETAL Y RECURSOS NATURALES. EEA INTA CORRIENTES. 432p.
- Faggioli, V.S.; Murray, E. A y Meyer, J. 2011. Efecto de diferentes prácticas de manejo sobre indicadores biológicos de calidad de suelo en ensayo de larga duración. VIII REBIOS, Salta julio 2011.
- He, Z. L., Wu, J., A.; Donnell, G. O & J. K Syers. 1997. Seasonal responses in microbial biomass carbon, phosphorus and sulphur in soils under pasture. *Biol. Fertil. Soils.* 24: 421-428.
- Insam, H.; Parkinson, D.D. y Domsch, K.H. 1989. The influence of macroclimate on soil microbial biomass levels. *Soil Biol. & Biochem.* 21: 211-221.
- John, B., Pandey, H. N & Tripathi, R. S. 2002. Decomposition of fine roots of *Pinus kesiya* and turnover of organic matter, N and P of coarse and fine pine roots and herbaceous roots and rhizomes in subtropical pine forest stands of different ages. *Biol. Fertil. Soils.* 35: 238- 246
- Lacorte, S. M. y Esquivel, J. I. 2009. Sistemas silvopastoriles en La Mesopotamia Argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. *Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles.* p.70-82. Posadas, Misiones, Argentina.
- Ligier, D. 2002. Análisis Ambiental- Productivo de sistemas alternativos a la ganadería en la provincia de Corrientes. En *Memorias de la Reunión de Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur.* Zona Campos. XIX- FAO, Mercedes Corrientes Argentina. Pag.60-66
- Mendham, D. S., Connell, A.M.O & Grove, T. S. 2002. Organic matter characteristics under native fores, long-term pasture, and recent conversion to Eucalyptus plantations in Wester Australia: microbial biomass, soil respiration, and permanganate oxidation. *Aust. J. Soil Res.* 40: 859-872
- Oberson, A.; Friesen, D.K.; Rao, I.M.; Bühler, S. y Frossard, E. 2008. Phosphorus transformation in an Oxisol under contrasting land-use systems: The role of the soil microbial biomass. *Plant and Soil* 237: 197-210
- Papadakis, Juan (1975) *Primeras Jornadas Agropecuarias y Forestales de las áreas subtropicales*, Formosa. 1974. AACREA. Buenos Aires pag.25.

- Powlson, D.S; PC Brookes y BT Christensen. 1987. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.* 19(2): 159-164
- Prina, O., S. J. Grayston, R. Hiukka, T. Pennanen, and. Smolander, A. 2001. Microbial community structure and characteristics of the organic matter in soils under *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula pendula* at two forest sites. *Biol. Fertil. Soils* 33: 17-24
- Ross, U.; Joergensen, K. y Chandler, K.2001. Effects of Znenriched sewage sludge on microbial activities and biomass insoil —*Soil Biol. Bioch.* 33: 633-638.
- Serri, D.; Faggioli, V.S.; Lorenzon, C.y Conde, B. 2012. Impacto de la calidad del rastrojo sobre la actividad biológica del suelo. Actas XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo y XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata 2012.
- Serri, D.L.; Murray, E. y Faggioli, V.S. 2013. Efecto del uso del suelo sobre el metabolismo microbiano y actividad enzimática del ciclo de S y P. Actas III CONEBIOS. Río Cuarto 24 a 26/04/2013.
- Sparling, G.P. 1985. The soil biomass. In: Vaughan, D. and Malcolm, R.E. (eds) *Soil Organic Matter and Biological Activity*. Nijhoff/Junk, Dordrecht, The Netherlands.123
- Sparling, G.P. 1992. Ratio of microbial biomass carbon to soilorganic-carbon as a sensitive indicator of changes in soil organicmatter —*Aust. J. Soil Res.* 30: 195-207.
- Tiessen, H.M; Stewart, J. W. B.y Cole, C. V. 1984. Pathways in phosphorus transformations in soils of differing pedogenesis. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 48, 853-858.
- Vance, E. D., Brookes, P. C. y Jenkinson, D. S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil biology and Biochemistry*, 19 (6), 703-707.
- Van Gestel, M.; Ladd, J.N. y Amato, M. 1991. Carbon and Nitrogen mineralization from two soils of contrasting texture and micro aggregate stability: influence of sequential fumigation, drying and storage —*Soil Biol. Biochem* 23: 313-322.
- Zoog, G.P., Zack, D.R.; Ringelberg, D.B.; MacDonald, N.W.; Pregitzer, K.S. y White, D.C. 1997 Compositional and functional shifts in microbial communities due to soil warming —*Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 475-481.



# Biomasa y actividad microbiana del suelo en un sistema silvopastoril con pinos en la Patagonia Andina

*M. Gonzalez-Polo; G. Caballé; y M. J. Mazzarino*

## Resumen

En regiones semi-áridas la cría de ganado doméstico y la forestación son alternativas viables. Sin embargo, la conversión de la vegetación nativa a plantaciones forestales implica cambios drásticos en las forma de vida y como consecuencia, en las condiciones microambientales y la calidad y cantidad de materia orgánica que ingresa al suelo. La implementación de prácticas sustentables requiere conocer los cambios en el ciclo del C y N del sistema en producción. El objetivo del trabajo es determinar el efecto de la conversión de un pastizal natural a plantación forestal sobre la materia orgánica del suelo y la biomasa y actividad de los microorganismos del suelo. Se eligieron 4 sitios adyacentes de pastizal natural y plantaciones de pino ponderosa (30-50% de cobertura arbórea; 10-13 años de edad). En el sitio de pastizal natural se tomaron muestras de suelo compuestas por 4 submuestras a lo largo de una transecta (6m) y en el sitio bajo la cobertura de pino se tomaron 8 submuestras a lo largo de dos transectas (de 6m cada una). Se determinó pH en extracto acuoso, conductividad eléctrica, C y N total (combustión seca), y P Olsen. Además, se estimó mineralización neta de N a campo (buried-bag), C en biomasa microbiana (fumigación-extracción) y actividad enzimática (beta-glucosidasa, fenol oxidasa y fosfatasa ácida). No encontramos ningún efecto significativo sobre los procesos de transformación del N en las plantaciones de pino respecto a la vegetación nativa adyacente. Sin embargo, el C en biomasa microbiana y la actividad fosfatasa ácida por unidad de biomasa microbiana disminuyeron bajo la cobertura de pino, lo que podría estar indicando posibles cambios en el largo plazo.

**Palabras Claves:** forestaciones; *Pinus sp.*; mineralización neta de nitrógeno; carbono del suelo; actividad enzimática del suelo

# Biomass and soil microbial activity in a silvopastoral system with pines in the Andean Patagonia

## Abstract

In semi-arid regions, raising livestock and forestry are viable alternatives. However, the conversion of native grassland to tree plantations implies dramatic changes in life forms and, consequently, on the quality and quantity of the organic matter entering the soil, and the microenvironmental conditions. The implementation of sustainable practices requires knowledge of the changes induced by the production system on C and N cycles. The aim of this work is to determine the effects of the conversion of native vegetation (grassland) to tree plantation on soil organic matter, and biomass and activity of soil microorganisms. We choose 4 adjacent sites of native vegetation (grassland) and pine plantations (10-13 years old, 30-50% cover). At the native grassland soil samples were composed of 4 sub-samples along a transect (6m) and under pine cover 8 subsamples were taken along two transects (6m each one). We determined pH in aqueous extract, electrical conductivity, total C and N (dry combustion), and P-Olsen. In addition, we measured net N mineralization (buried-bags), microbial biomass-C (fumigation-extraction technique) and enzyme activity (beta-glucosidase, phenol oxidase and acid phosphatase). We found no significant effects on N transformation processes under pine cover with respect to grass cover. However, microbial biomass-C and acid phosphatase activity per unit of total C decreased under pine cover, which could be indicating possible changes in the long-term.

**Keywords:** afforestation; *Pinus sp.*; net nitrogen mineralization; soil carbon; soil enzyme activity

\* Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue-CONICET (INIBIOMA), Quintral 1250, Bariloche (8400), Río Negro, Argentina [marina.gonzalezpolo@comahue-conicet.gov.ar](mailto:marina.gonzalezpolo@comahue-conicet.gov.ar)

## Introducción

A escala global, las áreas forestadas aumentaron en 5 millones de ha por año (2000-2010), y la mayoría se instalan en sitios no forestados previamente (FAO 2010). Más aún, en sitios áridos y semi-áridos se han plantado especies arbóreas, lo que es una práctica discutida como herramienta de restauración de tierras degradadas (Nosetto et al. 2006). Por otro lado, en regiones áridas y semi-áridas la cría de ganado doméstico es una de las principales actividades económicas a escala global (Gillson y Hoffman 2007), de manera que los sistemas silvopastoriles podrían ser alternativas viables en estas regiones. Los sistemas silvopastoriles tienen muchos beneficios potenciales, como aumentar la eficiencia de los recursos tanto espacial como temporalmente, lo que aumenta la estabilidad del sistema (Mosquera-Losada et al. 2005). Sin embargo, la conversión de la vegetación nativa a plantaciones forestales implica cambios drásticos en las forma de vida y como consecuencia en la calidad y cantidad de materia orgánica que ingresa al suelo, y en las condiciones microambientales. Estos cambios promovidos por las plantaciones forestales pueden

alterar el funcionamiento de las comunidades microbianas y los procesos que estos llevan a cabo. En particular, los ecosistemas terrestres están frecuentemente limitados por la disponibilidad de N, de manera que la tasa de suministro de N por los procesos microbianos a las plantas, es una propiedad importante a la hora de pensar una producción sustentable en el tiempo. Además, las plantaciones forestales han sido sugeridas como prácticas para aumentar el secuestro de C de origen antropogénico. En los ecosistemas terrestres, el principal reservorio de C es el suelo, de manera que el balance total del ecosistema depende mucho de este compartimento. El efecto de la plantación en el C del suelo depende de muchos factores, como por ejemplo, del uso previo de la tierra, la edad de la plantación y el clima (Guo y Gifford 2002). La implementación de prácticas sustentables requiere conocer los cambios del ciclo del C y N en el sistema en producción. El objetivo del trabajo es determinar el efecto de la conversión de pastizal nativo a plantación forestal sobre la materia orgánica del suelo, y la biomasa y actividad de los microorganismos del suelo.

## Materiales y Métodos

**Sitio de estudio y diseño experimental.** El sitio de estudio se encuentra en la Estancia Los Peucos, Neuquén (39°38'22''S; 71°10'04''O). Los suelos dominantes son de texturas franco-arenosas clasificados como Haploxeroles típicos y vitránicos (Bran et al. 2002). La temperatura media no supera los 10°C y las precipitaciones son de 800 mm anuales concentradas en invierno. La vegetación natural es una estepa gramínea con predominio de coirón amargo (*Jarava speciosa*) en los sectores más bajos y coirón dulce (*Festuca pallescens*) en los más altos. La especie forestal implantada es *Pinus ponderosa*, con edades entre 1 y 13 años. Además se desarrolla ganadería bovina y cría de guanacos. Elegimos 4 sitios adyacentes de pastizal natural y plantaciones de pino (30-50% de cobertura; 10-13 años de edad). Los pares de sitios (pastizal-cobertura de pino) se encuentran en el mismo potrero de manera que presentan la misma carga animal (12 ha/UG (unidad ganadera)). Se colectaron muestras de suelo (0-10 cm de profundidad) durante el año (2012-2013). En el sitio de pastizal natural se tomaron muestras de suelo compuestas por 4 submuestras a lo largo de una transecta (6m) y el en sitio bajo la cobertura de pino se tomaron 8 submuestras a lo largo de dos transectas (de 6m cada una).

**Propiedades del suelo.** Las muestras de suelo fueron tamizadas por 2 mm y secadas al aire para la determinación de pH en extracto acuoso (1:2.5), conductividad eléctrica (1:5) y P extractable en bicarbonato de sodio (Kuo 1996). La determinación de C y N se realizó por combustión seca (Thermo Electron, FlashEA 1112). La densidad aparente del suelo se estimó con un cilindro metálico de 10 cm de profundidad y de 360 cm<sup>3</sup> de volumen.

**Mineralización del Nitrógeno.** La mineralización a campo se

realizó mediante la técnica de buried-bag: se aisló una porción de suelo en tubos de PVC (10 cm de profundidad) que se cubrieron con una bolsa plástica (lo que permite el intercambio gaseoso pero evita la entrada de agua) y se enterraron al ras del suelo durante un periodo ( $t_x$ ) que varió entre 15 y 160 días durante el año medido. Finalizado el periodo  $t_x$ , se extrajo el N inorgánico con KCl 2M (1:5, suelo:solución). Antes de enterrar los tubos se tomaron muestras de suelo a la misma profundidad que fueron extraídas inmediatamente (muestras iniciales a  $t_0$ ). En todos los extractos se determinó amonio y nitratos, amonio por la reacción de fenato o de Berthelot y nitratos por el método de reducción a nitritos en columna de cadmio cobreado y cuantificación de nitritos por reacción colorimétrica (Keeney y Nelson 1982). La tasa de mineralización a campo se calculó restando el N inorgánico ( $N-NO_3 + N-NH_4$ ) de cada tiempo ( $t_x$ ) menos el tiempo inicial ( $t_0$ ). Las tasas de mineralización neta diarias se calcularon como la diferencia en la concentración de amonio y nitratos en el periodo de incubación dividido por el número de días de ese periodo, y la tasa de mineralización neta anual se calculó promediando los valores del primer año.

**Propiedades microbiológicas.** La estimación del C de la biomasa microbiana se realizó con la técnica de fumigación-extracción (Vance et al. 1987). La determinación de C en el extracto se realizó por digestión con dicromato de potasio. Se midió la actividad de enzimas relacionadas con la obtención de C (beta-glucosidasa y fenol oxidasa) y mineralización de P (fosfatasa ácida) utilizando métodos colorimétricos (Sinsabaugh et al. 1999).

**Análisis Estadístico.** Las diferencias entre medias se analizaron con una prueba t para muestras pareadas.

## Resultados y Discusión

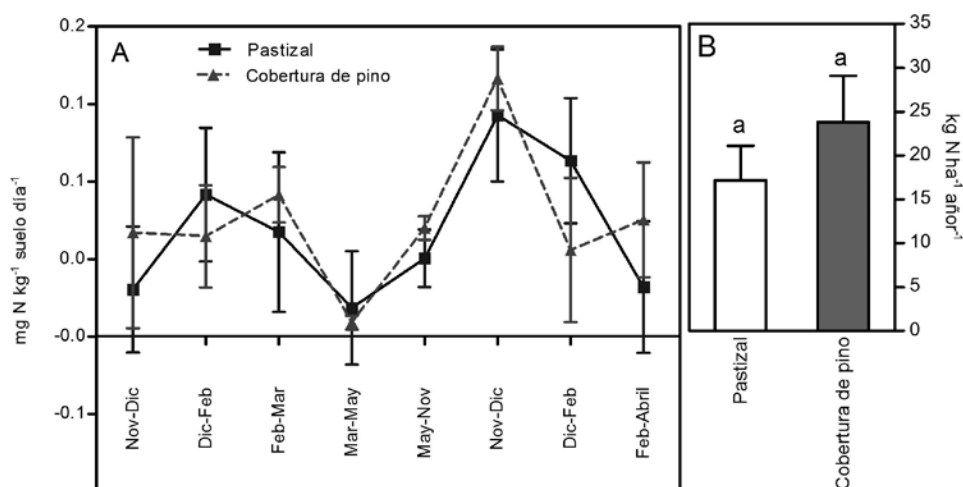
Los cambios en las propiedades del suelo y el C orgánico dependen del uso previo de la tierra, el clima y las especies plantadas (Berthrong et al. 2012, Li et al. 2012). Nuestros resultados no muestran diferencias significativas en las propiedades del suelo de pastizal nativo y bajo cobertura de pino (Tabla 1). En concordancia, otros estudios en la región no han detectado cambios en pH bajo plantaciones de pino (Broquen et al. 1995). Además, nuestros resultados no muestran cambios en el C total del suelo por la forestación, al igual que otros estudios en el cual se compara la plantación de pino con el pastizal (Lacclau 2003). Existe una correlación positiva entre la acumulación de C del suelo y la edad de la plantación (Berthrong et al. 2012). Algunos estudios sugieren que antes de los 30 años de edad de las plantaciones hay cambios despreciables o disminuciones en el C del suelo respecto al suelo de vegetación nativa (Li et al. 2012). Este mismo estudio plantea que el N total del suelo se mantiene sin cambios hasta 50 años después del reemplazo de la vegetación nativa por plantaciones de pino (Li et al. 2012). El cambio en el uso de la tierra determina cambios en las condiciones bióticas y abióticas que pueden afectar la dinámica del N (Li et al. 2014). Sin embargo, la mineralización del N, que varió claramente a lo largo del año, no presentó diferencias entre pastizal y bajo cobertura de pino (Figura 1). Los promedios de N mineralizado por unidad

de superficie estuvieron dentro del rango medido en sistemas silvopastoriles con ñire en la provincia de Santa Cruz, 11-54 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Bahamonde et al. 2013).

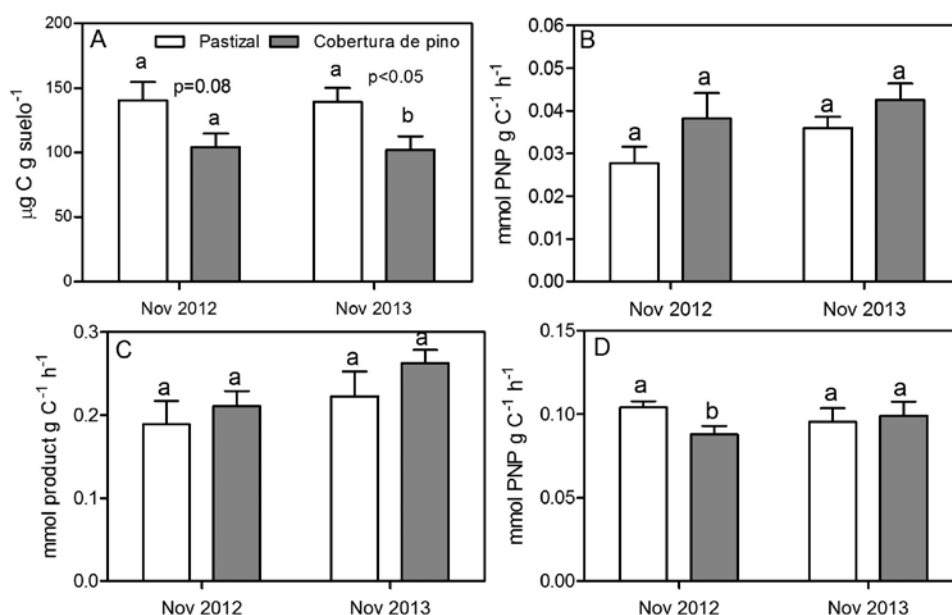
La biomasa microbiana lleva a cabo la descomposición y la mineralización y representa un reservorio de nutrientes. Además, dado que es la porción viva de la materia orgánica es más sensible a los cambios por disturbios. Recientemente, se ha propuesto que las paredes celulares de hongos y bacterias contribuyen a la formación de la materia orgánica del suelo (Miltner et al. 2012). Nuestros resultados muestran una disminución de la biomasa microbiana bajo la cobertura de pino en el año 2013 (Figura 2A), sugiriendo una posible limitación para la acumulación de C en el largo plazo. La actividad enzimática del suelo está claramente influenciada por el tipo de vegetación y las prácticas de manejo (Acosta-Martínez et al. 2008, Bastida et al. 2008). Por ejemplo, en la zona Mediterránea, la introducción de pinos redujo el contenido de nutrientes y la actividad biológica (incluida la actividad enzimática del suelo) con respecto a las zonas de vegetación nativa (Rutigliano et al. 2004). Nuestros resultados muestran una disminución en la actividad fosfatasa ácida por unidad de C bajo la cobertura de pino en una de las fechas analizadas (Figura 2D), pero no hubo cambios en la actividad de las enzimas involucradas en la degradación de C (Figura 2B y C).

**Tabla 1.** Propiedades del suelo en el pastizal y bajo cobertura de pino.

	Pastizal Natural	Cobertura Pino
pH	6.3 (0.09) a	6.5 (0.06) a
Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	26.2 (2.82) a	29.1 (3.54) a
C Total ( $\text{g kg}^{-1}$ )	25.2 (6.21) a	16.1 (3.12) a
N Total ( $\text{g kg}^{-1}$ )	1.7 (0.09) a	1.0 (0.04) a
P-Olsen ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	20.6 (6.98) a	14.4 (1.76) a
Densidad aparente ( $\text{g cm}^{-3}$ )	0.86 (0.078) a	0.99 (0.040) a



**Figura 1.** Mineralización de N a campo: tasas diarias (A) y promedio anual por unidad de superficie (B) en suelos del pastizal natural y bajo cobertura de pino.



**Figura 2.** Carbono en biomasa microbiana (A), Actividad beta-glucosidasa por unidad de C total (B), Actividad fenol oxidasa por unidad de C total (C) y Actividad fosfatasa ácida por unidad de C total (D) en suelos de pastizal natural y bajo cobertura de pino.

## Conclusiones

Aunque el cambio de uso del suelo es drástico, no encontramos ningún efecto significativo sobre los procesos de transformación del N en las plantaciones de pino de 10-13 años de edad respecto al pastizal natural adyacente. Sin embargo,

la disminución de la biomasa microbiana del suelo y la actividad fosfatasa ácida por unidad de C en el suelo bajo cobertura de pino podría ser un indicador de posibles cambios en el largo plazo.

## Agradecimientos

Este trabajo es financiado por Proyecto de Manejo Sustentable de Recurso Naturales Componentes II: “Plantaciones forestales Sustentables” BIRF N° 7520, Programa Silvopastoril Módulos Experimentales con Fines Demostrativos. Agradecemos a la Estancia Los Peucos por la facilitación del sitio de estudio.

## Bibliografía

- Acosta-Martínez, V., D. Acosta-Mercado, D. Sotomayor-Ramírez, y L. Cruz-Rodríguez. 2008. Microbial communities and enzymatic activities under different management in semiarid soils. *Applied Soil Ecology* 38:249-260.
- Bahamonde, H. A., P. L. Peri, R. Alvarez, A. Barneix, A. Moretto, and G. Martínez Pastur. 2013. Silvopastoral use of *Nothofagus antarctica* in Southern Patagonian forests, influence over net nitrogen soil mineralization. *Agroforestry Systems* 87:259-271.
- Bastida, F., G. G. Barbera, C. García, y T. Hernández. 2008. Influence of orientation, vegetation and season on soil microbial and biochemical characteristics under semiarid conditions. *Applied Soil Ecology* 38:62-70.
- Berthrong, S. T., G. Piñeiro, E. G. Jobbágy, y R. B. Jackson. 2012. Soil C and N changes with afforestation of grasslands across gradients of precipitation and plantation age. *Ecological Applications* 22:76-86.
- Bran D., Ayesa J. y Lopez C. 2002. Áreas ecológicas de Neuquén. Comunicación técnica laboratorio de teledetección-SIG. INTA-EEA-Bariloche.

- Broquen, P., J. L. Girardin, y M. C. Frugoni. 1995. Evaluación de algunas propiedades de suelos derivados de cenizas volcánicas asociadas con forestaciones de coníferas exóticas (S.O. de la provincia de Neuquén-R. Argentina). *Bosque* 16:69-79.
- FAO. 2010. Global Forest Resources Assessment 2010. Main Report. FAO.
- Gillson L, Hoffman M. 2007. Rangeland ecology in a changing world. *Science* 315:53-54.
- Guo, L. B. y R. M. Gifford. 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology* 8:345-360.
- Keeney, D. R. y D. W. Nelson. 1982. Nitrogen-inorganic forms. Pag 643-698 *en* R. H. Miller y D. R. Keeney, editores. *Methods of Soil Analysis, Part 2* Madison, WI.
- Kuo, S. 1996. Phosphorus. Pages 869-919 *en* D. L. Sparks, A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Loeppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T. Johnston, y M. E. Sumner, editores. *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical methods*. Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Laclau, P. 2003. Biomass and carbon sequestration of ponderosa pine plantations and native cypress forests in northwest Patagonia. *Forest Ecology and Management* 180:317-333.
- Li, D., S. Niu, y Y. Luo. 2012. Global patterns of the dynamics of soil carbon and nitrogen stocks following afforestation: a meta-analysis. *New Phytologist* 195:172-181.
- Li, M., X. Zhou, Q. Zhang, y X. Cheng. 2014. Consequences of afforestation for soil nitrogen dynamics in central China. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 183:40-46.
- Miltner, A., P. Bombach, B. Schmidt-Brücken, y M. Kästner. 2012. SOM genesis: microbial biomass as a significant source. *Biogeochemistry* 111:41-55.
- Mosquera-Losada, M. R., J. McAdam, y A. Rigueiro-Rodríguez. 2005. Silvopastoralism Declaration. Page 418 *en* M. R. Mosquera-Losada, J. McAdam, y A. Rigueiro-Rodríguez, editors. *Silvopastoralism and sustainable land management*. CABI Publishing, Wallingford.
- Nosetto, M. D., E. G. Jobbágy, y J. M. Paruelo. 2006. Carbon sequestration in semi-arid rangelands: Comparison of *Pinus ponderosa* plantations and grazing exclusion in NW Patagonia. *Journal of Arid Environments* 67.
- Peichl, N., N. A. Leava, y G. Kiely. 2012. Above- and belowground ecosystem biomass, carbon and nitrogen allocation in recently afforested grassland and adjacent intensively managed grassland. *Plant and Soil* 350:281-296.
- Rutigliano, F. A., R. D. Ascoli, y A. Virzo de Santo. 2004. Soil microbial metabolism and nutrient status in a Mediterranean area as affected by plant cover. *Soil Biology and Biochemistry* 36:1719-1729.
- Sinsabaugh, R. L., M. J. Klug, H. P. Collins, P. E. Yeager, y S. O. Petersen. 1999. Characterizing soil microbial communities. Pages 318-348 *en* P. G. Robertson, D. C. Coleman, C. S. Bledsoe, y P. Sollins, editores. *Standard soil methods for long-term ecological research*. Oxford University Press, New York.
- Vance, E. D., P. C. Brookes, y D. S. Jenkinson. 1987. Microbial biomass measurements in forest soils: the use of the chloroform fumigation-incubation method in strongly acid soils. *Soil Biology and Biochemistry* 19:697-702.

# **Retrospectiva ecológica de la microcuenca alta de la Quebrada Grande, Municipio de San Antonio de Tequendama Cundinamarca-Colombia.**

*Melo Quintana Germán\*.*

## **Resumen**

Como consecuencia de la deforestación, contaminación, degradación y fragmentación del ecosistema de la cuenca alta de la Quebrada Grande, se ha desencadenado procesos de sucesión secundaria que han tendido a no recuperar las condiciones anteriormente existentes, las cuales además han requerido décadas y han afectado no solo a las plantas sino a la fauna acompañante, además de introducir altas modificaciones al suelo; es de resaltar que dependiendo de la intensidad de disturbio y de la naturaleza de los ecosistemas que predominan en la zona, la sucesión ha tomado un rumbo inesperado llegando a generar la pérdida de especies nativas y ecosistemas de alto valor. En un primer momento se realizó una caracterización taxonómica de las especies vegetales y algunos grupos faunísticos que se encuentran hoy y que pueden hacer una retrospectiva ecológica del sistema antes de los procesos de intervención antrópica, de esta manera se identificó como era el sistema previamente de los episodios de disturbio y como esta condición actual puede ser modificada a través del recambio de especies a través del tiempo y del espacio en un futuro, sobre la información obtenida y el apoyo bibliográfico de la zona y/o ecosistemas semejantes se determinaron las principales especies clave de la microcuenca, llegando a generar la definición del ecosistema de referencia, posteriormente se evaluó el sistema a través de sus relaciones ecológicas, esto generó una lectura del estrés posdisturbio de la ronda de la microcuenca alta. La investigación contribuyó al conocimiento de relaciones ecológicas en zonas con un alto grado de intervención antrópica, identificación de escalas de disturbio y estrés ecológico teniendo en cuenta las áreas conservadas y transformadas. Palabras Claves: Vegetación, Avifauna, Disturbio, Taxonomía.

\* Docente Investigador, Programa Administración Ambiental y de los Recursos Naturales, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Santo Tomás, VUAD. Bogotá, Colombia. Carrera 10 N° 72-50. germanmelo@ustadistancia.edu.co Teléfono: 3124092007-3113967841.

# Actividad enzimática y biomasa microbiana del suelo en sistemas silvopastoriles del Chaco

<sup>1 2 3 4</sup>Silberman, J., <sup>2</sup>Romero, A., <sup>3</sup>Grasso, D., <sup>2</sup>Albanesi, A

## Resumen

Comprender las respuestas bioquímicas y microbiológicas producto de la conversión de bosques nativos a sistemas silvopastoriles en el Chaco ayudaría a tomar decisiones basadas en criterios científicos dirigidas a mejorar la sustentabilidad de los sistemas ganaderos. El estudio se realizó en dos sitios (semiárido y subhúmedo) de la región Chaqueña. En ambos sitios el suelo es Haplustol éntico. Los tratamientos fueron (T) Testigo, bosque nativo con 1600 leñosas ha<sup>-1</sup> y producción de forraje herbáceo menor a 1000 kg ha<sup>-1</sup>; (SP1) sistema silvopastoril de 1 año, y (SP5) sistema silvopastoril de 5 años, habilitados por RBI (rolado de baja intensidad), dos pasadas de rolo en 45° y siembra de *Panicum maximum cv gatton panic* (5 kg ha<sup>-1</sup>) en la época estival, con un pastoreo controlado por año (1,1 EV ha<sup>-1</sup>). Nuestros resultados muestran que la biomasa microbiana es más dependiente del sitio y la estacionalidad que del manejo evidenciando que el sistema propuesto no impacta sobre la abundancia de microorganismos que encuentran condiciones favorables para su crecimiento tanto en el bosque nativo como en el silvopastoril. El análisis de actividades enzimáticas revela que FDA (hidrólisis de diacetato de fluoresceína) y  $\beta$ asa ( $\beta$ -glucosidasa) tienen mayor sensibilidad a los eventos discretos de precipitación que Dhasa (deshidrogenasa). En tanto que Dhasa tiene alto poder de discriminación entre tratamientos en el semiárido (T > SP1 > SP5) y  $\beta$ asa en los dos ambientes estudiados (T > SP). El uso silvopastoril en ambas subregiones del Chaco argentino promueve la conservación de la materia orgánica del suelo y la estructura de las comunidades microbianas del suelo.

**Palabras clave:** deshidrogenasa,  $\beta$ -glucosidasa, FDA, biomasa microbiana, manejo sustentable

## Soil enzymatic activity and microbial biomass in silvopastoral systems of Chaco

## Abstract

Understanding the biochemical and microbiological responses conversion of native forests to silvopastoral systems in the Chaco help make decisions based on scientific criteria to improve the sustainability of livestock systems. The study was conducted in two sites (semiarid and sub-humid) in Chaco region. In both sites the soil is Haplustol entico. The treatments were (T) native forest with 1600 ha<sup>-1</sup> woody and herbaceous forage production of less than 1000 kg ha<sup>-1</sup>; (SP1) silvopastoral system one year and (SP5) silvopastoral system five years, enabled by RBI, two runs of rolo in 45° and planting *Panicum maximum cv Gatton panic* (5 kg ha<sup>-1</sup>) in the summer, with an controlled grazing per year (1.1 EV ha<sup>-1</sup>). The microbial biomass is more dependent on site and seasonality, and not depend management showing that the proposed system does not impact on the abundance of microorganisms that are favorable for growth both in the native forest and the silvopastoral conditions. The analysis of enzyme activities reveals that FDA and  $\beta$ asa have greater sensitivity to discrete rainfall events that Dhasa. While Dhasa have high power discriminación between treatments in the semiarid (T > SP1 > SP5) and  $\beta$ asa the two studied environments (T > SP). The silvopastoral use in two subregions of the Argentine Chaco promotes the conservation of soil organic matter and structure soil microbial community.

**Key words:** deshidrogenase,  $\beta$ -glucosidase, FDA, microbial biomass, sustainable management

<sup>1</sup> CONICET <sup>2</sup> Fac. agronomía y agroindustrias. Univ. Nac. Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. Santiago del Estero. CP 4200 <sup>3</sup> Instituto de Suelo. CNIA. INTA Castelar. De los Reseros y Nicolas Repetto s/n. Hurlingham. CP 1686 <sup>4</sup> Fac. Ciencias Agrarias. Univ. Nac. de la Plata. Av 60 s/n. Cp 1900, La Plata.

## Introducción

A nivel mundial el área bajo sistemas agroforestales supera mil millones de hectáreas y la mayor superficie se encuentra en Sudamérica (320 millones), seguido por África subsahariana (190 millones) y Sudeste de Asia (130 millones) (Kumar et al., 2014). Estos sistemas fueron promovidos como una alternativa para mejorar la sostenibilidad de la prácticas agropecuarias por los beneficios que tendría la inclusión de árboles en los agroecosistemas con beneficios a nivel de paisaje en los servicios ecosistémicos, con efectos positivos en el secuestro de carbono y reducción de emisiones de metano, protección del suelo y las cuencas hídricas y disminución de la fragmentación de bosques y protección de la biodiversidad (Murgueito et al., 2011). En el Chaco Argentino es común que los sistemas silvopastoriles se diseñen sobre bosques secundarios degradados, mediante rolado selectivo de baja intensidad (más detalles en Kunst et al., 2014). La optimización de las interacciones entre los componentes de un sistema silvopastoril es fundamental (Smith et al.,

2012) y de éstos el suelo es el de mayor relevancia porque sostiene la productividad y mantiene la sustentabilidad. Las actividades enzimáticas son capaces de reflejar la integración funcional del suelo ya que participan en procesos de oxidación reflejando las condiciones redox (deshidrogenasa) (Trasar Cepeda et al., 2003); son indicadoras de la degradación del C ( $\beta$ -glucosidasa) (Jimenez de Ridder y Bonmatí Pont, 2003) e indicadoras de actividad global como la hidrólisis de diacetato de fluoresceína (Ada y Duncan, 2001). Los diferentes manejos del suelo pueden estimular a las comunidades microbianas del suelo a través del aporte de carbono orgánico, rizodeposición, mantenimiento de la humedad del suelo y la baja amplitud térmica, que ayudaría a mejorar la sustentabilidad (Sinha et al., 2009). Comprender las respuestas bioquímicas y microbiológicas de la conversión de bosques nativos a sistemas silvopastoriles ayudaría a tomar decisiones basadas en criterio científico para mejorar la sustentabilidad de los sistemas ganaderos.

## Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en dos subregiones del Chaco Argentino. El ambiente semiárido (**SA**) se ubica en EEA INTA Santiago del Estero (28° 3' S. y 64° 15' O), el clima subtropical megatermal (Morello et al., 2012) con precipitación promedio anual de 500 mm. El ambiente subhúmedo (**SH**) se ubica Dpto Juan F. Ibarra, Campo "La Nueva" (27°56'S y 62° 18'O) con precipitación anual promedio de 750 mm. En ambos sitios la vegetación corresponde a un bosque xerofítico secundario y el suelo fue clasificado como Haplustol éntico. El diseño experimental fue completamente aleatorizado con dos tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron (**T**) bosque nativo con 1600 leñosas ha<sup>-1</sup> y producción de forraje herbáceo menor a 1000 kg ha<sup>-1</sup>; (**SP1**) Sistema silvopastoril de 1 año y (**SP5**) Sistema silvopastoril de 5 años; habilitados por rolado selectivo de baja intensidad (RBI), dos pasadas de rolo en 45° y siembra

de *Panicum maximun cv gatton panic* (5 kg ha<sup>-1</sup>) en la época estival, con un pastoreo controlado por año (1,1 EV ha<sup>-1</sup>). En cada unidad experimental (1 ha) se tomó una muestra compuesta de cinco submuestras a lo largo de una transecta diagonal a una profundidad de 0,15 m en Agosto de 2012 y Marzo de 2013. Se determinaron las siguientes variables respuesta: **Carbono de la biomasa microbiana (Cbm)** por el método de fumigación-extracción (Vance et al., 1987); **Actividad deshidrogenasa (Dhasa)** por reducción de TTC a TPF y cuantificación por espectrofotometría a 485 nm (Tabatabai, 1994); **Actividad  $\beta$ -glucosidasa ( $\beta$ asa)** por cuantificación a 400 nm del p-nitrofenol liberado por acción enzimática del p-nitrofenil  $\beta$ -D- glucopiranosido o (Jimenez de Ridder y Bonmatí Pont, 2003); **Hidrólisis de diacetato de fluoresceína (FDA)** por cuantificación de la fluoresceína liberada a 490 nm (Adam y Duncan, 2001).

## Análisis estadístico

Se analizaron las variables respuesta mediante un modelo lineal mixto, donde el valor esperado (parte fija del modelo) estuvo conformado por los efectos tratamiento, sitio, estación y las interacciones. Se contemplaron las correlaciones temporales entre observaciones que provienen de una misma unidad experimental mediante un ajuste de correlación autorregresivo de orden 1 (seleccionado en base a los criterios de Akaike **AIC** y Bayesiano **BIC**) para los términos del error experimental. Se realizó el test de LSD Fisher ( $\alpha = 0,05$ ) para pruebas de diferencia de medias. Además se realizó análisis de componentes principales al set de variables respuesta de este trabajo y otras publicadas con anterioridad para reducir

la dimensionalidad de los datos y generar ejes interpretables para la evaluación combinada de tratamientos y sitios. Se consideraron variables físicas (densidad aparente); físico química (pH); químicas (carbono orgánico total COT; carbono orgánico particulado COP); estructura de las comunidades microbianas (diversidad genética TRFLP; índice de Shannon Sh-TRFLP; Simpson Simp-TRFLP; Riqueza); funcionalidad (perfiles BIOLOG AWCD; Índices de diversidad funcional Shannon Sh-BIOLOG; Simpson Simp-BIOLOG, Riqueza), estos parámetros fueron determinados para las mismas muestras de este estudio y han sido publicadas anteriormente (Silberman et al., 2014; Kunst et al., 2014). Se utilizó el software Infostat 2012v



## Resultados y discusión

### Biomasa microbiana (Cbm)

Los valores de carbono de la biomasa microbiana registraron diferencias significativas entre sitios y estaciones, no entre tratamientos. La abundancia de microorganismos totales fue 21% mayor en subhúmedo que en semiárido. En ambos sitios la abundancia fue 30% menor en la época invernal (Figura 1). Esto indica que la biomasa microbiana estuvo fuertemente influenciada por factores ambientales como el suelo y el clima, y que no fue alterada por SP. Los mayores valores de Cbm se registraron en SH que se corresponden con mayores contenidos de COT lo que revela la existencia de una relación positiva entre Cbm y COT. La biomasa microbiana es una fracción que oscila entre un 1 y 5% del COT, por lo que a mayor COT, mayor biomasa microbiana. Este atributo es más dependiente del sitio (clima + suelo) y la estacionalidad que del manejo evidenciando que el sistema propuesto no impacta sobre la abundancia de microorganismos que encuentran condiciones favorables para su crecimiento tanto en el bosque nativo como en el silvopastoril. Estos resultados coinciden con observaciones de otros autores que encontraron que sistemas de producción más conservativos como los silvopastoriles reflejan condiciones similares para el desarrollo de los microorganismos del suelo al ambiente natural no disturbado (Salton et al., 2014).

### Actividades enzimáticas

Dhasa mostró significancia en la interacción sitio\*tratamiento\*estación (Tabla 1). Los valores medios de Dhasa no estuvieron influenciados por los tratamientos y estaciones en SH. Mientras que en SA la actividad siguió el orden T > SP1 > SP5 indicando alta sensibilidad en el ambiente semiárido atribuida a procesos de oxidación mayores en este ambiente. En SA se registraron diferencias entre estaciones solo en T, mientras que la Dhasa en SP fue similar

entre estaciones, evidenciando que el sistema silvopastoril altera la variabilidad estacional de la actividad de la microflora oxidante. Dhasa fue altamente sensible en el sitio SA, este parámetro ha sido propuesto como buen indicador de actividad microbiana del suelo en áreas semiáridas (Jorge-Mardomingo et al. 2011).

FDA mostró significancia en la interacción la interacción sitio\*tratamiento\*estación (Tabla 1). Los valores medios de FDA en SH no estuvieron influenciados por los tratamientos pero si por las estaciones y se detectó mayor actividad en la época invernal respecto del verano. En SA la actividad FDA no estuvo influenciada por los tratamientos y las estaciones. Esto indica que la FDA tiene alta dependencia ambiental (precipitaciones) y baja sensibilidad al cambio del uso del suelo.

$\beta$ asa mostró significancia entre tratamientos y en la interacción sitio\*estación (Fig. 2). T presentó mayor actividad respecto a los tratamientos SP. En SH se registró mayor actividad  $\beta$ asa en invierno y en SA no se detectaron diferencias significativas entre estaciones. Este comportamiento fue similar a la actividad FDA (Tabla 1).

En SH la mayor actividad FDA y  $\beta$ -asa en invierno se atribuyó a una precipitación de 35 mm acontecida siete días previos al muestreo, evento que estimuló la actividad microbiológica del suelo ya que en ecosistemas limitados por el agua la mayor parte de precipitaciones llegan al suelo como pulso discretos y estos eventos son cortos pero biológicamente importantes y generan un rápido incremento en la actividad de los microorganismos del suelo (Bustamante et al., 2012)

La mayor actividad  $\beta$ asa en T se debió probablemente al mayor aporte de carbono al suelo dado por el aporte de necromasa de los arbustos que están presentes en el bosque, no así en SP. La remoción de los residuos sobre la superficie del suelo se traduce en una reducción significativa de las

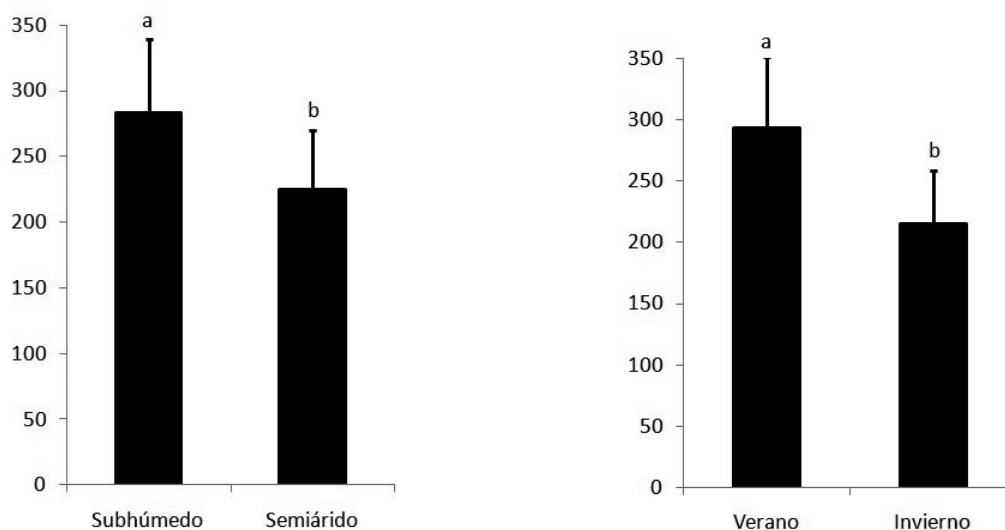


Figura 1. Valores medios de carbono de la biomasa microbiana ( $\mu\text{C g}^{-1}$  suelo) en los diferentes sitios y estaciones. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Tabla 1. Actividad deshidrogenasa (Dhasa) e hidrólisis del diacetato de fluoresceína (FDA) para los diferentes sitios, tratamientos y estaciones. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Sitio	Tratamiento	Estación	Dhasa ( $\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )		FDA ( $\mu\text{g fluoresceína g}^{-1}$ )	
Subhúmedo	T	Invierno	$4,73 \pm 0,57$	cd	$11,45 \pm 1,25$	abc
		Verano	$5,39 \pm 0,9$	c	$9,02 \pm 1,04$	bcd
	SP1	Invierno	$4,08 \pm 0,81$	d	$12,53 \pm 0,88$	abc
		Verano	$4,07 \pm 0,63$	d	$6,05 \pm 1,12$	d
	SP5	Invierno	$4,12 \pm 0,81$	d	$13,71 \pm 0,98$	ab
		Verano	$4,52 \pm 0,8$	cd	$7,49 \pm 0,88$	cd
Semiárido	T	Invierno	$6,55 \pm 0,95$	b	$14,93 \pm 2,93$	ab
		Verano	$9,51 \pm 1,04$	a	$8,79 \pm 2,11$	bcd
	SP1	Invierno	$3,99 \pm 0,74$	d	$18,4 \pm 1,68$	a
		Verano	$4,42 \pm 0,59$	d	$11,51 \pm 0,97$	abc
	SP5	Invierno	$5,44 \pm 0,49$	c	$16,51 \pm 2,37$	a
		Verano	$5,43 \pm 0,64$	c	$15,34 \pm 1,43$	ab

actividades enzimáticas como la  $\beta$  glucosidasa en relativamente corto tiempo (Fekete et al, 2011), probablemente producto de la disminución de los sustratos disponibles para la biomasa microbiana (Yin et al., 2014).). El análisis de las actividades enzimáticas evidencia que la actividad FDA y  $\beta$ asa tienen mayor sensibilidad a los eventos discretos de precipitación que Dhasa. En tanto que Dhasa tiene alto poder de discriminación entre tratamientos en el semiárido y  $\beta$ asa en los dos ambientes estudiados.

#### Análisis de componentes principales

Los dos primeros componentes explicaron el 84% de la variabilidad. Las variables más contributivas en el primer eje fueron COT, COP, Simpson BIOLOG, r-TRFLP, Sh-TRFLP y en el segundo eje fueron Cbm y AWCD. En el plano bidimensional se distinguieron claramente dos grupos: el primero constituido por el sitio subhúmedo caracterizado por mayor contenido de COT, COP, riqueza y diversidad

de bacterias y menor simp biolog; y el segundo constituido por el sitio semiárido caracterizado por menores contenidos de COT, COP, riqueza y diversidad bacteriana y mayor simp-BIOLOG (Fig. 3). Se observó que en semiárido SP1 está separado claramente de T y SP5; mientras que en subhúmedo la distancia entre T y SP es menor. Este análisis manifestó que cuando se transforman de bosques nativos a sistemas silvopastoriles, el impacto sobre el suelo depende fuertemente del sitio, lo que significa que el efecto de ese disturbio no es tan fuerte como el cambio en las condiciones ambientales. Los resultados expuestos en el trabajo demuestran el bajo impacto que tienen los sistemas silvopastoriles sobre el carbono del suelo y la estructura y funcionalidad de los microorganismos del suelo en contraposición con diversos autores que manifiestan que la transformación de sistemas natural en productivos disminuye significativamente el carbono orgánico del suelo (Guo y Gifford, 2002)

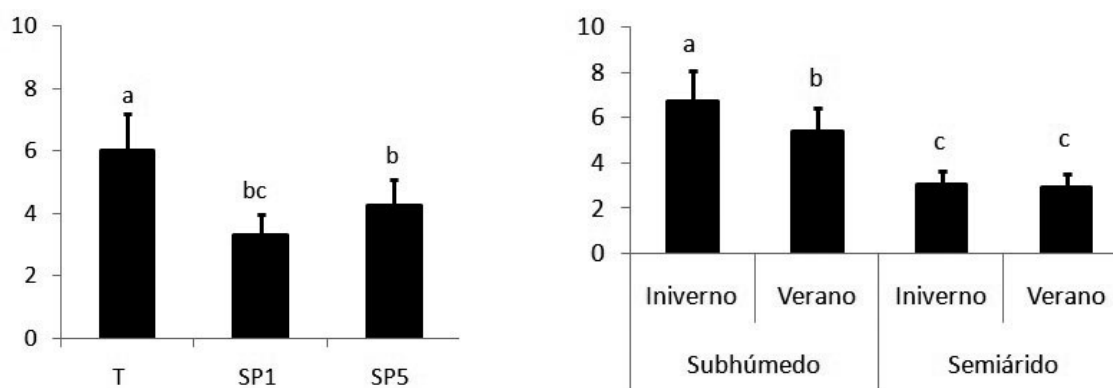


Figure 2. Valores medios de actividad  $\beta$ -glucosidasa para los diferentes tratamientos y la interacción sitio\*estación. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

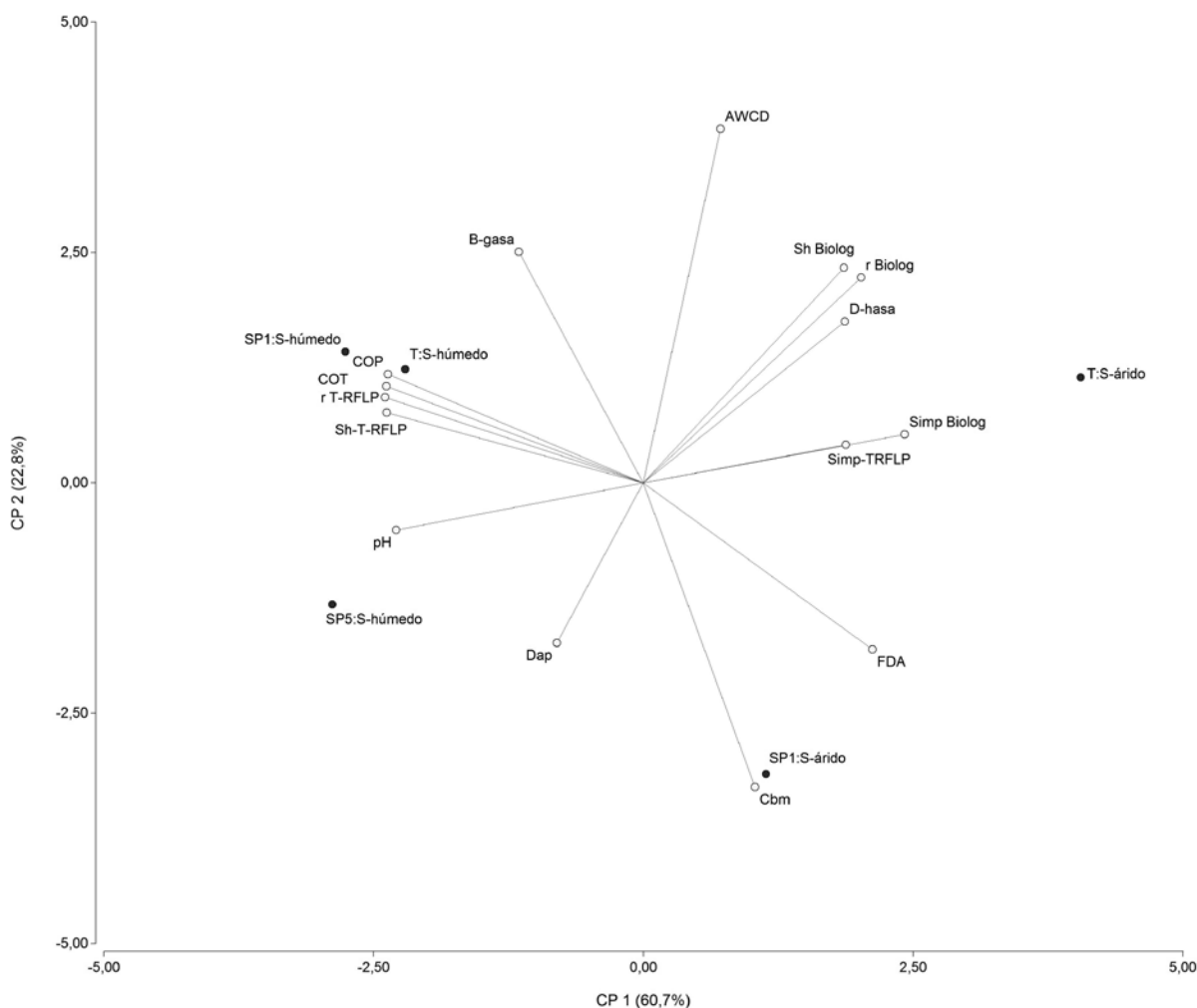


Figura 3. Análisis de componentes principales considerando atributos físicos, químicos y microbiológicos en el bosque nativo (T), sistema silvopastoril de 1 año (SP1) y 5 años (SP5) en el semiárido (S-árido) y subhúmedo (S-húmedo).

## Conclusiones

En este estudio se analizó el impacto de la transformación de bosques nativos al sistema silvopastoril sobre la microbiota del suelo. Este análisis consistió en estudiar cuantitativamente el tamaño de la microbiota a través de la determinación de la biomasa y de analizarla funcionalmente mediante la determinación de ciertas actividades enzimáticas. Se encontró que la biomasa microbiana depende fuertemente del sitio y la estacionalidad, en tanto que la transformación al sistema silvopastoril no impacta sobre la abundancia de microorganismos. Es decir que tanto en el bosque nativo como en el silvopastoril se encuentran condiciones favorables para el desarrollo de la microbiota del suelo. La funcionalidad de

la microbiota muestra variaciones entre sitios y tratamientos lo que revela probablemente las variaciones en la composición de las poblaciones activas. Así, la actividades Dhasa, la que es afectada fuertemente entre tratamientos en el semiárido ( $T > SP1 > SP5$ ) y  $\beta$ asa en los dos ambientes estudiados ( $T > SP$ ). FDA y  $\beta$ asa son afectadas por los eventos discretos de precipitación.

El uso silvopastoril en ambas subregiones del Chaco argentino promueve la conservación de la materia orgánica del suelo y la estructura de las comunidades microbianas del suelo. La magnitud y dirección de los cambios en la funcionalidad del suelo es dependiente del sitio.

## Bibliografía

- Adam, G., Duncan, H., 2001. Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils. *Soil Biology & Biochemistry* 33: 943–951.
- Bustamante, M., V.Verdejo, C Zúñiga., F Espinosa., J Orlando., M Carú. 2012. Comparison of water availability effect on ammonia-oxidizing bacteria and archaea in microcosms of a Chilean semiarid soil. *Frontiers in Microbiology -Terrestrial Microbiology* [Volume3]Article282.
- Fekete, I., Varga, C., Kotrocó, Z., Tóth, Z., Várbiro, G. 2011. The relation between various detritus inputs and soil enzyme activities in a Central European deciduous forest. *Geoderma* 167-168: 15–21
- Guo, L B & R M Gifford. 2002. Soil carbon stocks and land use change. *Global Change Biol.* 8: 345–360.
- Jiménez de Ridder, P., Bonmatí Pont, M. 2003. Determinación de actividad  $\beta$ -glucosidasa del suelo. En: Gil-Sotres, F., Hernández Fernández, T., Trasar Cepeda, C. (Eds). *Técnicas de Análisis de Parámetros Bioquímicos en Suelos: Medida de Actividades Enzimáticas y Biomasa Microbiana*. Ediciones Mundi-Prensa, España. 370p.
- Jorge-Mardomingo, I., Soler-Rovira, P., Casermeiro, M., de la Cruz, M., Polo, A. 2013. Seasonal changes in microbial activity in a semiarid soil after application of a high dose of different organic amendments. *Geoderma* 206 : 40–48
- Kumar, P., Singh, R.P., Kumar Singh, A., Kumar, V. 2014. Quantification and distribution of agroforestry systems and practices at global level. *Hortflora Research Spectrum* 3 (1): 1-6. ISSN: 2250- 2823.
- Kunst, C; S Bravo; R Ledesma; M Navall; A Anriquez; D Coria; J Silberman; A Gómez & A Albanesi. 2014. Ecology and Management of the Dry Forests and Savannas of the western Chaco region, Argentina. In: Greer (Ed). *Dry Forests: Ecology, Species Diversity and Sustainable Management*. Nova Science Publishers. United States of America. 189p. ISBN: 978-1-63321-291-6
- Morello, J; S Matteucci; A Rodríguez & M Silva. 2012. Ecorregiones y complejos ecosistémicos Argentinos. Facultad de arquitectura diseño urbanismo. Universidad de Buenos Aires. Orientación grafica editora. Buenos Aires Argentina. 752p
- Murgueitio, E; Z Calle; F Uribe; A Calle., B Solorio. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management* 261: 1654-1663.
- Salton, J C., Fabio M. Mercante, Michely Tomazi, Josileia A. Zanatta, Germani Concenco, Wiliam M. Silva, Marciana Retore. 2014. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 190 (2014) 70–79
- Silberman, J.; Albanesi, A.; Anriquez, A.; Dominguez Nuñez, J. ; Grasso, D. 2014. Los sistemas silvopastoriles del chaco impactan en la diversidad microbiana del suelo. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Bahía Blanca, 5 al 9 de mayo de 2014.
- Sinha, S., Masto, R.E., Ram, L.C., Selvi, V.A., Srivastava, N.K., Tripathi, R.C., George, J., 2009. Rhizosphere soil microbial index of tree species in a coal mining ecosystem. *Soil Biol. Biochem.* 41, 1824–1832.
- Smith, J; B Pearce & M. Wolfe. 2012. Reconciling productivity with protection of the environment: Is temperate agroforestry the answer? *Renewable Agriculture and Food Systems*: 28(1): 80–92
- Tabatabai M.A. 1994. Soil Enzymes. En: *Methods of soil analysis. Part 2: Microbiological and biochemical properties*. Weaver, R.W.; J.S. Angle y P.S. Bottomley (eds). SSSA Book Series 5, Madison, Wisconsin, USA. 37: 775-834.
- TRASAR CEPEDA, C.; GIL SOTRES, F., LEIRÓS DE LA PEÑA, M. 2003. Determinación de la actividad deshidrogenasa del suelo. En: Gil-Sotres, F., Hernández Fernández, T., Trasar Cepeda, C. (Eds). *Técnicas de Análisis de Parámetros Bioquímicos en Suelos: Medida de Actividades Enzimáticas y Biomasa Microbiana*. Ediciones Mundi-Prensa, España. 370p.
- Vance E.D., Brookes P.C., Jenkinson D.S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19: 703-707.
- Yin, R., Deng, H., Wang, H., Zhang. 2014. Vegetation type affects soil enzyme activities and microbial functional diversity following re-vegetation of a severely eroded red soil in sub-tropical China. *Catena* 115 : 96–103

# Cantidad y distribución de luz incidente bajo la canopia en un sistema agroforestogadero (SAFG) con pino híbrido en Corrientes, Argentina.

M.C. Goldfarb\*; S. C. Ferrari Usandizaga; F. Núñez; O.G.; Quirós Villalba y R. Aranda.

## Resumen

El dosel arbóreo captura la luz e impone condiciones favorables o adversas para el crecimiento del componente forrajero según especies forestales, edad, sistema de plantación, densidad y manejo silvícola. El nivel crítico para el crecimiento de forrajeras estivales es menor al 40 % de luz. El objetivo del trabajo fue medir la cantidad y distribución de luz incidente expresada en porcentaje bajo el dosel del SAFG de pino híbrido (*Pinus elliottii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) con diferentes edades de plantación. En F1=14/05/13, F2=27/08/13; F3=12/12/13 y F4=10/04/14, se midió la luz con Ceptómetro dual de lectura directa en flujo de fotones ( $RAD=XX \mu\text{MOL m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), cuya barra de lectura registraba bajo el dosel en forma simultánea con un radiómetro instalado a cielo abierto, conectados ambos mediante un cable de 100 metros. Los tratamientos fueron años de plantación: T1=2006; T2=2007; T3=2008; T4=2009, T5=2010 y T6=2011, en un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. En cada repetición se instalaron tres transectas de 100m c/u, una entre las líneas (L) dobles de plantación del pino, otra en las calles (C) que las separan y la tercera cruzando la calle hasta la siguiente línea doble (L+C), leyéndose 1800 puntos/tratamiento. La altura promedio de los árboles (m) fue: T1=13m; T2=18m; T3=10m; T4=9m; T5=7m y T6=3m. La luz varió ( $p<0.05$ ) entre  $L=53\%$ (b) vs  $C=57\%$ (c) vs  $L+C=46\%$ (a), fechas: F1=53(b); F2=58(c); F3=46(a) y F4=60(d); y tratamientos: T1=48(b); T2=49(c); T3=57(d); T4=47(a); T5=60(e) y T6=56(d). En F3, T5 fue raleado y podado. La cantidad y distribución de luz incidente varió con la edad y altura del pino, manejo forestal, fechas y formas de medición y las explican en forma similar según el análisis de componentes principales. Se destaca la importancia de esta variable como herramienta para decidir el manejo forestal del SAFG y mantener el componente forrajero en producción.

**Palabras claves:** Porcentaje de luz, Nivel crítico, fecha y forma de medir luz, ceptómetro dual.

## Amount and distribution of light incident under canopy on agrosilvopastoral system (SAFG) hybrid pine in Corrientes, Argentina.

## Abstract

The canopy captures light and imposes favorable or unfavorable conditions to growth of forage component according to age, forest species, density, planting and management of agrosilvopastoral systems. The critical level for tropical forage growth is less than 40% of light. The aim of this work was to measure the amount and distribution of light incident as a percentage under the canopy of SAFG (*Pinus elliottii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) with different ages of planting. In F1=14/05/13, F2=27/08/13; F3=12/12/13 and F4=10/04/14, the light percentage was measured using a dual reading Ceptometer direct photon flux ( $RAD = XX \text{ mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ). The reading was performed taking simultaneous recorded with a bar under the canopy and a radiometer installed in open connected both by a cable of 100 meters. The treatments were years of pine planting: T1=2006; T2=2007; T3=2008; T4=2009, T5=2010 and T6=2011. A completely randomized design with three replications and were installed in each of these three transects of 100 m each: one between doubles plantation lines (L), another in the alleys (C) that separate and the third crossing the alleys until the next double line (L+C), being read 1800 points per treatment. The tree height average was (m): T1=13m; T2=18m; T3=10m; T4=9m; T5=7m and T6=3m. Percentage of incident light (%) was different ( $p < 0.05$ ) between  $L=53\%$  (b) vs  $C=57\%$  (c) vs  $L+C=46\%$ (a), dates: F1=53(b); F2=58(c); F3=46(a) and F4=60(d) and treatments: T1=48(b); T2=49(c); T3=57(d); T4=47(a); T5=60(e) and T6=56(d). In F3 T5 was thinned and pruned. The amount and distribution of incident light was explained in a similar way by age and height of pine, forest management, date and way of measuring as was seen in principal component analysis. The importance of this variable is highlighted as a tool to decide the SAFG management and maintain forage production component.

**Key Word:** Percentage of light, critical level, date and method of measuring light.

\*goldfarb.maria@inta.gob.ar INTA EEA Corrientes cc 57 3400 Corrientes.

# Fertilidad del suelo en un sistema agro-foresto-ganadero (SAFG) con pino híbrido en Corrientes Argentina.

M.C. Goldfarb; M.C. Sanabria; F. Núñez; O.G. Quirós Villalba; R. Aranda.

## Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar la fertilidad del suelo y cuantificar cambios generados por el pino en un SAFG de *Pinus elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis* con diferentes edades de plantación. Se instaló el ensayo en SAFG plantado sobre un suelo arenoso, Psamacuente spódico, ácidos con bajos contenidos de materia orgánica y nutrientes. El exceso de humedad con sobresaturación por tiempos prolongados además de su baja fertilidad es una de sus principales limitaciones. En Fecha1=14/05/13, Fecha2=27/08/13; Fecha3=12/12/13 y Fecha4=10/04/14 se midió pH, MO(%), P(ppm), Ca(cmol/kg), Mg(cmol/kg), K(cmol/kg), Na(cmol/kg), CE(Mmho/cm) y Al(cmol/kg). Los tratamientos fueron años de plantación: T1=2006; T2=2007; T3=2008; T4=2009, T5=2010 y T6=2011, en diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. En cada repetición se instalaron dos transectas de 100m c/u, una entre las líneas dobles de plantación del pino (L) y otra en las calles (C) que las separan; sobre estas se extrajeron cada 10m muestras de suelo con un barreno a dos profundidades de 0-10 cm y de 10-20 cm, correspondiendo a un muestreo sistemático (DMS) con arranque aleatorio en cada tratamiento. Los contenidos de MO fueron muy bajos (0,6%) no variaron entre tratamientos, profundidades ni LvsC; y no se relacionan con la edad de plantación. El pH y elementos químicos variaron ( $p<0.05$ ) entre tratamientos, fechas; LvsC y profundidades. El pH disminuyó 0,5 unidades/año y el Al aumentó 0,3 unidades/año, ambos proporcionalmente con la edad de plantación ( $T6<T1$ ), lo que no se observó en el resto de los elementos aun variando entre tratamientos. En estos suelos, más acidez y Al, afectan la disponibilidad de nutrientes especialmente fósforo, calcio y magnesio acentuando las limitaciones impuestas por la escasa fertilidad. Se sugiere al finalizar cada ciclo forestal un diagnóstico de condición para adoptar manejos y/o sistemas de producción que no afecten la fertilidad ni acentúen las limitantes propias.

**Palabras claves:** suelos arenosos, materia orgánica, acidez, Aluminio.

## Soil fertility in agrosilvopastoral systems (SAFG) with pinus hybrid in Corrientes, Argentina.

## Abstract

The aim of work was evaluate soil fertility and quantify changes generated by pine with different ages of planting in a SAFG with hybrid pine (*Pinus elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*) planted on sandy soil Psamacuente spodic, acids, low contents of organic matter and nutrients. Moisture excess for long periods in addition to their low fertility is one of its main limitations. In Date1=14/05/13, Date2=27/08/13; Date3=12/12/13 and Date4=10/04/14 was measured pH, MO(%), P(ppm), Ca(cmol/kg), Mg(cmol/kg), K(cmol/kg), Na(cmol/kg), EC(mmho/cm) and Al(cmol/kg). The treatments were years of planting: T1=2006; T2=2007; T3=2008; T4=2009, T5=2010 and T6=2011 in a completely randomized design with three replications. Two transects (100m long) were fixed in each replications, one of these between double lines of planting and other in alleys separating lines of pine. Soil samples (each/10m on transect) were extracted with bore up two depths 0-10cm and 10-20cm, corresponding to a systematic sample (DMS) with random start in each treatment The MO contents were very low (0.6%) did not differ between treatments, depths and LvsC and not related to age pine. The pH and chemical elements varied ( $p<0.05$ ) between treatments, dates, LvsC and depths. The pH dropped 0,5 units/year and Al increasing 0,3units/year both proportionally with age of pine ( $T6<T1$ ), which was not observed in the remaining elements even varying between treatments. In these soils more acidity and more Al, affecting the availability of nutrients especially phosphorus, calcium and magnesium emphasizing limitations imposed by low fertility emphasizing. At the end of each forest cycle diagnosed condition is suggested to adopt management and/or production systems that do not accentuate their own limitations.

**Key words:** sandy soils, organic matter, acidity, Aluminum.

\*goldfarb.maria@inta.gob.ar INTA EEA Corrientes cc 57 3400 Corrientes.

# Gestión del suelo en las existencias del Carbón Orgánico en un sistema agroforestal del Sur de España

Díaz-Jaimes, L.<sup>a</sup>; Parras-Alcántara,<sup>b</sup>; Fernández Rebollo, P.<sup>c</sup>;  
Moreno Elcure, F.<sup>d</sup>; Carbonero Muñoz, M.<sup>c</sup>

## Resumen

La comprensión de la dinámica del suelo es esencial para tomar decisiones adecuadas de manejo del suelo, más aún cuando los suelos pueden afectar el contenido de carbono de la atmósfera, bien sea por emitir o almacenar cantidades de CO<sub>2</sub>. El estudio se realizó en una dehesa mediterránea (ecosistema de pastizales con robles dispersos - sistema de pastoreo con *Quercus ilex* spp. *Ballota*). La dehesa se caracteriza por la preservación de los robles de los bosques que proveen servicios ambientales, incluyendo la captura y almacenamiento de carbono. Este trabajo muestra las relaciones entre las propiedades del suelo y el carbono orgánico del suelo (COS) en dos tipos de suelo: Cambisoles (CM) y Leptosoles (LP), con dos sistemas de gestión de la dehesa: ecológica durante 20 años (DE) y convencional (DC). Se realizó un análisis de 85 perfiles de suelo en el año 2009 en el Valle de los Pedroches (Córdoba, sur de España). El contenido de COS fue mayor en CM (75.64 Mg ha<sup>-1</sup>) que en LP (44.01 Mg ha<sup>-1</sup>). Los parámetros físicos fueron las principales variables que afectan el desarrollo del COS. El COS fue muy similar en DE y DC (CM [74.90 Mg ha<sup>-1</sup>DC; 76.39 Mg ha<sup>-1</sup>DE] y LP [44.77 Mg ha<sup>-1</sup>DC; 43.25 Mg ha<sup>-1</sup>DE]). Se encontraron diferencias significativas entre los tipos de suelo y las prácticas de gestión sobre el contenido de COS para diferentes horizontes. Los resultados indican que las prácticas de gestión tienen poca influencia en el contenido del COS en la dehesa del Valle de los Pedroches.

## Land management in stocks of Organic Carbon in an agroforestry system in Southern Spain

## Abstract

Understanding soil dynamics is essential for making appropriate land management decisions, as soils can affect the carbon content from the atmosphere, emitting large quantities of CO<sub>2</sub> or storing carbon. The study was realized in a Mediterranean dehesa (Mediterranean grassland ecosystem with scattered oak trees - grazing system with *Quercus ilex* spp. *Ballota*). It is a silvopastoral system that integrates forestry, agricultural and livestock practices. The dehesa is characterized by the preservation of forest oaks that provide environmental services including carbon capture and storage. This paper shows the relationships between soil properties and soil organic carbon (SOC) in two soil types: Cambisols (CM) and Leptosols (LP), with two management systems: organic farming (DF) for 20 years and conventional tillage (DC). An analysis of 85 soil profiles was performed in 2009 in Los Pedroches Valley (Cordoba, southern Spain). The SOC stock (SOC-S) was greater in CM (75.64 Mg ha<sup>-1</sup>) than in LP (44.01 Mg ha<sup>-1</sup>). Physical parameters were the main variables affecting soil development. SOC-S was very similar in DF and CT (CM [74.90 Mg ha<sup>-1</sup>CT; 76.39 Mg ha<sup>-1</sup>DF] and LP [44.77 Mg ha<sup>-1</sup>CT; 43.25 Mg ha<sup>-1</sup>DF]). Significant differences between soil types and management practices were found in SOC content for different horizons. These results indicate that management practices have little influence on SOC-S in Los Pedroches Valley.

**Keywords** *Quercus ilex*, management practices, conventional tillage, organic farming.

<sup>a</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agrícola CORPOICA, Nataima, Colombia. <sup>b</sup> Departamento de química agrícola y ciencias del suelo, Facultad de Ciencias, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba, España. <sup>c</sup> Departamento de Ingeniería Forestal ETSIAM, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba, España. <sup>d</sup> Universidad del Tolima, Facultad de Agronomía, Ibagué, Tolima, Colombia.

## 1. Introducción

La Dehesa según Reisner et al. (2007) es el sistema agroforestal tradicional más conocido en Europa y es caracterizado por tener un balance positivo entre producción y conservación. Es un sistema silvopastoril de pastizales ibéricos de monte abierto y que han sido estudiados desde diferentes puntos de vista, entre ellos; el efecto en la hidrología del sistema (Ceballos y Schnabel, 1998; Cerdà et al., 1998) el comportamiento de la materia orgánica (MO) del suelo (Pulido-Fernández et al., 2013), así como, de su relación con la erosión en cárcavas y uso de la tierra (Gómez-Gutiérrez et al., 2009); erosión del suelo y la producción de escorrentía (Schnabel, 1997; Cerdà et al., 2010); la degradación del suelo (Schnabel et al., 2006); y prácticas de manejo (Corral-Fernández et al., 2013), entre otros aspectos. Sin embargo, todavía se sabe poco sobre el comportamiento del suelo en la dehesa, teniendo en cuenta que los ecosistemas con robles (*Quercus ilex* spp. *Ballota*), no tienen requisitos especiales de suelo (Reisner et al., 2007), son un importante sumidero de carbono y pueden fijar en sus raíces hasta dos tercios del carbono almacenado por un ecosistema terrestre (Snowdon et al., 2001). De acuerdo con Wang et al. (2010), la capacidad de almacenar carbono orgánico en el suelo (COS), depende de factores abióticos como la composición mineralógica y el clima, pero también depende del uso y manejo del suelo (Zinn et al., 2007).

El efecto de los cambios en el uso del suelo y prácticas de gestión es especialmente notable en la degradación y erosión del suelo en la dehesa (Cerdà et al., 2010). Así mismo, la impermeabilidad al agua del suelo, puede causar bajas tasas de infiltración en la dehesa (Cerdà et al., 1998), lo que lleva a la pérdi-

da significativa de la materia orgánica del suelo. En esta línea, un pequeño aumento o disminución en el contenido de carbono del suelo debido a las prácticas de gestión, pueden generar un cambio neto significativo en la reserva de carbono del suelo (Houghton, 2003; Freibauer et al., 2004). Según Lal (2009), los suelos arcillosos pueden secuestrar más carbono que los suelos arenosos, y esto es importante ya que los suelos de dehesa no son por lo general arcillosos y se caracterizan por un bajo contenido de carbono orgánico, mala estructura y alta erosionabilidad (Hernanz et al., 2002). Autores como Hontoria et al. (2004) han informado que el clima, el uso y manejo del suelo son particularmente relevantes en el contenido del COS en los climas mediterráneos. Sin embargo, Lal (2009) observó que los factores climáticos y las características del suelo pueden afectar el secuestro de carbono orgánico e inorgánico, pero el uso y la gestión son aún más importantes, sobre todo en los agrosistemas, que incorporan más biomasa y mantienen un equilibrio de nutrientes positivo. Situación que según Sánchez (2000) y (Nair et al., 2009) cierra el ciclo del carbono por la integración de los componentes arbóreo, herbáceo y animal.

Los objetivos de este trabajo fueron i) evaluar la distribución vertical del COS en todo el perfil del suelo y analizar las propiedades del suelo que afectan al COS; ii) determinar los efectos de diferentes prácticas de manejo como la agricultura ecológica (AE) o la convencional en las existencias del COS en Cambisoles (CM) y Leptosoles (LP); y iii) por último, analizar la calidad de estos suelos con base a la relación de estratificación (RE) en una dehesa mediterránea del Valle de los Pedroches, en el sur de España.

## 2. Material y Métodos

### 2.1. Área de estudio y sistemas de manejo

El estudio se ubicó en la región del Valle de los Pedroches (Córdoba, suroeste de España) entre 38.39 y 37.15°N, 4.90 y 4.15°W en una dehesa compuesta de 0.29 Mha. El área está caracterizada por inviernos fríos y veranos cálidos y secos con temperaturas que oscilan entre -2°C y 40°C (temperaturas extremas) y una precipitación media anual de 600 mm. El régimen de humedad es seco mediterráneo con características continentales debido a la altitud. El relieve es suave y se caracteriza por una topografía ondulada con pendientes que van desde 3 a 8% y los materiales parentales son granitos.

Se seleccionaron dos prácticas de manejo del suelo: Dehesa ecológica (20 años) (DE) y Dehesa convencional (DC) en dos tipos de suelo (CM y LP) (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2006). Las características de la gestión de las dehesas se relacionan la densidad media de *Quercus ilex* spp. *Ballota* en la dehesa (15-25 árboles ha<sup>-1</sup>) y como un sistema silvopastoril sin cultivos.

### 2.2. Análisis de Muestras

Se analizaron los datos de propiedades físicas y químicas de 49 muestras (27 en DE y 22 en DC) de perfiles completos de suelo, recolectadas en itinerarios de campo, establecidos y realizados previamente en proyecto de investigación del departamento de

Química Agrícola de la universidad de Córdoba entre los años 2005- 2009. Los perfiles de dehesas en DE y DC fueron identificados con información georreferenciada, proporcionada por el Departamento de Producción Ecológica de la Junta de Andalucía, y expresados gráficamente utilizando sistemas de información geográfica. Se realizaron protocolos estandarizados para el estudio de propiedades físicas y químicas de los suelos en laboratorio (tabla 1).

### 2.3. Métodos estadísticos

Las propiedades físicas y químicas del suelo se analizaron estadísticamente para CM y LP, incluyendo la desviación media y estándar (SD). Se realizaron correlaciones entre las propiedades físicas y químicas del suelo mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Se utilizó como técnica exploratoria multivariada el Análisis de Componentes Principales (ACP) (Duntelman, 1989) para evaluar los efectos de la gestión del suelo en sus propiedades. Sólo se consideraron los valores en los Componentes mayores de 0,3 para su interpretación. Los análisis de varianza (ANOVA) se calcularon para cada sistema de gestión (DE y DC) y horizonte (Ap, Bw y C) como factores para cada tipo de suelo (CM y LP). Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software STATISTICA (Statsoft, 1998).



Tabla 1. Métodos y referencias de análisis realizados a las muestras de suelo de perfiles estudiados.

Variables	Métodos	Referencias
Ácido del suelo (pH)	Potenciométrico en "pasta saturada en agua (1:2.5 suelo:agua)	Guitian and Caballas, 1976
Diámetro de distribución del tamaño de partículas: Diámetro por encima de 2 mm	Tratamiento con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (6%) para remover la materia orgánica (OM). Tamizado húmedo de partículas <2 mm	USDA, 2004.
Densidad Aparente	Del cilindro de volumen conocido, con diámetros de 3.0 cm y 10.0 cm de profundidad	Blake and Hartage, 1986
Textura		USDA, 2004
Nitrógeno Total	Método kjeldahl	Bremner, 1996.
Carbono orgánico del suelo	Oxidación húmeda con dicromato de potasio (método de Walkley and Black.	Walkley and Black, 1934
Cationes intercambiables y Capacidad de intercambio catiónico CEC		Bower et al., 1952 Bower et al., 1952
Saturación de bases		M.A. P.A., 1976
Conductividad Hidráulica		Reynolds and Erick, 1991

### 3. Resultados

#### 3.1. Propiedades del suelo y Análisis de Componentes Principales (ACP)

Los suelos estudiados CM y LP (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2006) exhibieron diferencias en algunos parámetros físicos y químicos con respecto al tipo de gestión y la profundidad del perfil. En general se caracterizan por un bajo pH (5.4 a 6.1),

saturación de bases moderada (SB), baja fertilidad, mal estado físico y capacidad mínima para el uso agrícola y también por presentar bajo contenido de Materia Orgánica (MO).

El ACP aglutinó quince propiedades del suelo (físicos y químicos) que permitió identificar factores del suelo críticos que afectan su desarrollo en el Valle de los Pedroches. Se observa-

Table 2. Análisis de componente Principal (APC) de propiedades de suelos seleccionados para los grupos de suelos estudiados\*.

Variable or factor	CP1	CP2	CP3	CP4
Profundidad (cm)	-0.135	-0.019	0.351*	0.167
Densidad aparente (Mg m <sup>-3</sup> )	-0.297	-0.006	0.439*	0.133
COS (%)	0.143	-0.132	-0.565*	-0.003
C/N ratio	0.155	0.267	-0.104	-0.221
pH (KCl)	0.200	-0.334*	-0.131	-0.024
Ca <sup>2+</sup> (cmol kg <sup>-1</sup> )	0.291	-0.465*	0.183	-0.069
Na <sup>+</sup> (cmol kg <sup>-1</sup> )	0.121	0.055	0.282	-0.128
Mg <sup>2+</sup> (cmol kg <sup>-1</sup> )	0.224	-0.358*	0.339*	0.022
K <sup>+</sup> (cmol kg <sup>-1</sup> )	0.297	-0.012	0.049	-0.255
CIC (cmol kg <sup>-1</sup> )	0.339*	-0.329*	0.025	0.140
SB (%)	-0.187	-0.160	0.072	-0.635*
Conductividad Hidráulica (mm h <sup>-1</sup> )	-0.232	-0.133	-0.028	-0.593*
Areana (%)	-0.339*	-0.332*	-0.126	0.099
Limo (%)	0.358*	0.218	-0.028	-0.008
Arcilla (%)	0.284	0.349*	0.286	-0.186
Valores propios	3.759	2.084	1.908	1.631
% varianza	25.1	13.9	12.7	10.9
Acumulada explicación	25.1	39.0	51.7	62.6

\*Variables con vectores propios (coeficientes)  $\geq 0.3$  son considerados significantes significativo.

ron correlaciones lineales significativas entre propiedades del suelo. Entre ellas; el COS y nitrógeno total (NT), contenido de arena y el contenido de arcilla, saturación de base (SB) y la conductividad hidráulica (CH),  $\text{Ca}^{2+}$  intercambiable y  $\text{Mg}^{2+}$  cambiante,  $\text{Ca}^{2+}$  intercambiable y capacidad de intercambio de cationes (CIC). Así como, COS y densidad aparente (DA) con ( $p < 0,001$ ). Las demás relaciones fueron significativas entre NT y DA,  $\text{Mg}^{+2}$  intercambiable y la CIC, pH y  $\text{Ca}^{2+}$  intercambiables,  $\text{K}^{+}$  intercambiable y contenido de arcilla y  $\text{Na}^{+}$  cambiante y  $\text{K}^{+}$  intercambiables con  $r = -0,577$ ,  $r = 0,565$ ,  $r = 0,491$ ,  $r = 0,421$  y  $r = 0,401$ , respectivamente, los cuales tuvieron una fuerte correlación ( $p < 0,001$ ). Además, la relación C / N y el contenido de arcilla ( $r = 0,336$ ), limo y contenido de arcilla ( $r = 0,334$ ), DA y el contenido de arena ( $r = 0,321$ ), espesor y DA ( $r = 0,310$ ), así como otros, presentaron una correlación relativamente moderada ( $P < 0,005$ ).

Los datos promedio para cada propiedad del suelo produjeron cuatro factores que explican el 62,6% de la varianza (CP1 25,1%, 13,9% CP2, CP3 12,7%, y CP4 10,9%). El CP1 correlacionó positivamente el contenido de limo y la CIC, y se correlacionó negativamente con el contenido de arena. CP2 recibió la mayor carga de contenido de arcilla,  $\text{Ca}^{2+}$  intercambiable y  $\text{Mg}^{2+}$ , pH, contenido de arena y la CIC, todos los cuales fueron negativos, excepto el contenido de arcilla. En este componente (CP1) se incorporan parámetros relacionados con las condiciones físicas y químicas del suelo. CP3 incluyó parámetros relacionados con la Materia orgánica MO (espesor, COS, DA y  $\text{Mg}^{2+}$  cambiante), todos los cuales fueron positivos, excepto el COS. Por último, CP4 incluyó la SB y CH, ambos con un comportamiento negativo (Tabla 2).

En el ANOVA, las relaciones de (CP1, CP2, CP3 y CP4) fueron CP1 / CP3 y CP2 / CP4: el primer coeficiente relacionó los horizontes por separado de CM y LP, mientras que el segundo coeficiente relacionó los horizontes de CM y LP relacionándolos uno entre otro (Fig. 2). Con respecto a las propiedades del suelo, cada horizonte mostró diferentes tendencias. Esto fue particularmente evidente entre el horizonte Ap y el horizonte Bw-C en CM [CP1 ( $F = 5,34$ ,  $p = 0,006$ ) y CP3 ( $F = 28,18$ ,  $p = 0,000$ )] (Fig. 1A), lo que indica una diferencia significativa entre el Ap y el horizonte Bw-C debido a las propiedades físicas y químicas del suelo. Sin embargo, las diferencias entre el Bw y el horizonte C fueron graduales. Con respecto a LP, hubo diferencias significativas en CP1 y CP3 debido al pobre desarrollo de los suelos [CP1 ( $F = 15,69$ ,  $p = 0,000$ ) y CP3 ( $F = 10,49$ ,  $p = 0,002$ )] (Fig. 1B). En cuanto a CP4, LP mostró diferencias significativas ( $F = 23,50$ ,  $p = 0,001$ ), mientras que no se observaron diferencias para CM, lo que indica una tendencia negativa en el horizonte Ap / Ah. Sin embargo, el horizonte C fue positiva debido a la influencia de la SB y CH, que tienen un peso mayor en este componente (Fig. 1C).

### 3.2. Influencia del manejo en el contenido de COS

El COS en CM fue mayor ( $22,59 \pm 0,17$  g kg<sup>-1</sup>) con respecto a LP ( $17,63 \pm 0,07$  g kg<sup>-1</sup>) (Tabla 3). El COS mostró diferencias significativas con respecto a los tipos de horizonte en ambos tipos de suelo (CM y LP). Estas diferencias fueron evidentes en CM para los horizontes Ap / Bw ( $P < 0,05$ ), pero no hubo diferencias significativas para los horizontes Bw / C. Del mismo modo, no se observaron diferencias significativas en LP entre

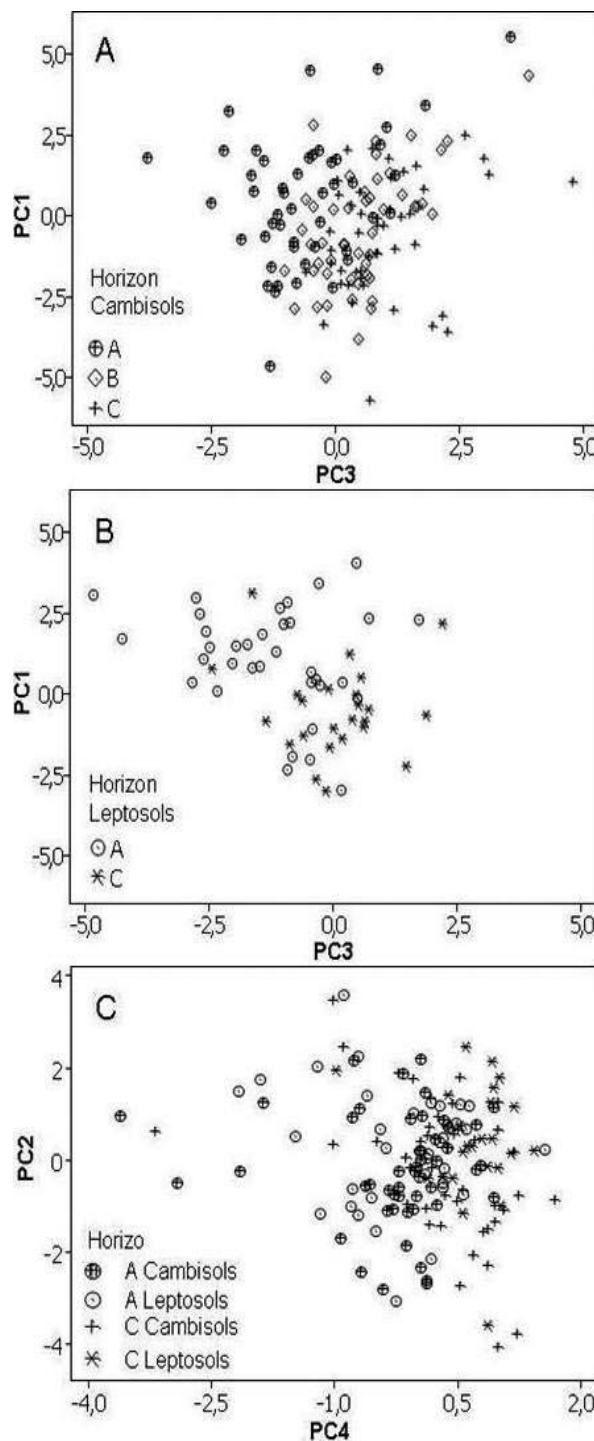


Figure 1. Gráficos de puntos de CP1 frente a CP3 y CP2 frente a CP4. (A) Ilustra la distribución de los puntos de CP1 versus CP3 de Cambisols (horizonte). (B) Ilustra la distribución de los puntos de CP1 versus CP3 de Leptosols (horizonte). (C) Indica la diferenciación del horizonte A y horizonte C para cambisols y leptosols.

Ap / C ( $P < 0,05$ ). COS disminuyó en un 60% desde el Ap a Bw horizonte en CM, mientras que esta disminución fue menor (52%) entre la Ah / C de LP (Tabla 3).

Al considerar el COS de todo el perfil, el Stock fue mayor en CM (75.64 Mg ha<sup>-1</sup>) que en LP (44.01 Mg ha<sup>-1</sup>). Se encontraron diferencias significativas entre los horizontes ( $P < 0,05$ ), pero no se encontraron diferencias significativas para las prácticas de gestión con respecto al total de Stock de COS.

En CM-DE, se observó un aumento en el COS y en Stock COS en la capa superior del suelo (horizonte Ap) con respecto a la DC. En el horizonte Bw, sin embargo, no hubo diferencia entre las concentraciones del COS y Stock COS bajo las diferentes prácticas de manejo. Aunque el COS en LP, se redujo en profundidad en los dos sistemas de gestión para los horizontes A y B, pero no para el horizonte C que se presentó un leve aumento (tabla 4).

Tabla 3. Valores del Carbono Orgánico del Suelo (g kg<sup>-1</sup>) en perfiles con Dehesas, comparando dos tipos de Gestión (Convencional y ecológica).

Suelo	Horizonte	Convencional (COS g kg <sup>-1</sup> )	Suelo	Horizonte	Ecológico COS (g kg <sup>-1</sup> )
Cambisoles (22)	Ap	12.91±0.41 ab	Cambisoles (27)	Ap	13.42±0.51 ab
	Bw	5.62±0.32ab		Bw	5.64±0.42ab
	C	3.84±0.24ab		C	3.53±0.26ab
Leptosoles (19)	Ah	15.32±0.70a	Leptosoles (17)	Ah	13.51±1.31a
	C	2.21±0.11a		C	4.12±0.22a

Tabla 4. Valores del Contenido de Carbono orgánico total en Suelos con Dehesas.

Suelo	Gestión	Horizonte	Stock- COS (Mg ha <sup>-1</sup> )	Total Stock- COS (Mg ha <sup>-1</sup> )
Cambisol	Convencional	Ap	26.77±7.32	74.90*
		Bw	23.26±9.89	
		C	24.87±9.29	
	Ecológico	Ap	36.20±20.26	76.39*
		Bw	26.21±14.82	
		C	13.98±10.47	
Leptosol	Convencional	Ah	35.40±8.61	44.77*
		C	9.37±5.30	
	Ecológico	Ah	20.51±14.11	43.25*
		C	22.74±13.48	

## 4. Discusión

### 4.1. Propiedades del suelo y Análisis de Componentes Principales (ACP)

Según Nerger et al. (2007) las características de los suelos en el área de estudio (CM y LP), relacionadas con la profundidad (Marañón, 1988) y las propiedades físicas y químicas (Recio et al. 1986), se deben a la litología de la zona (granodiorita, pizarra y esquisto), y al bajo desarrollo del suelo causado por la edad de formación (Porta et al., 2003), aspectos que tienen lugar cuando la pendiente es <2%. Otros factores son las condiciones climáticas mediterráneas semiáridas (Gallardo et al., 2000) y los suelos de textura arenosa (González y Candás, 2004) que contribuyen a un bajo contenido de MO.

El ACP mostró que los factores que afectan el desarrollo del suelo en el área de estudio son generalmente los parámetros

relacionados con la condición física del suelo (CP1) y en el (CP2) son propiedades tanto físicas y químicas, relacionadas con (materiales de procesos de alteración, material parental y los parámetros relacionados con la MO en el (CP3). En esta línea, Hontoria et al. (2004) sostuvieron que las variables más influyentes para el desarrollo del suelo en las zonas más secas de España son la textura del suelo junto con la pendiente y la elevación. Con respecto con las propiedades químicas, principalmente en el (CP2) los suelos se definen por el predominio de cationes básicos (Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>). Así mismo, González et al. (2012) señalaron que el enriquecimiento de Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> en la solución del suelo podría estar relacionada con la influencia continental debido a las condiciones climáticas contrastantes del Mediterráneo. Enriquecimiento que tiene que ver con la

concentración de los cationes básicos en el suelo afectando el aumento del CO<sub>2</sub>, debido a la densidad de árboles (González et al., 2012), la cual es alta para la mayoría de dehesas mediterráneas.

#### 4.2. Distribución del Stock de COS

El bajo contenido encontrado de COS en el Valle de los Pedroches (Tabla 3) con respecto a los valores propuestos por Hiederer et al. (2011) de 25 g kg<sup>-1</sup> y 75 g kg<sup>-1</sup> en los suelos de sistemas de pastoreo con *Quercus ilex* spp. Ballota en CM y LP, respectivamente. Podría ser causado por la alta mineralización de la MO y la ausencia de residuos de los cultivos después de periodos de sequía (Hernanz et al., 2009), lo cual se corresponde con la naturaleza silvopastoril de la dehesa estudiada. La reducción en profundidad del COS en más de un 50% en ambos tipos de suelo (Tabla 3) podría ser debido a la textura arenosa del suelo, ya que el COS estaría expuesto a la oxidación en suelos de textura gruesa (Fisher et al., 1994). El cambio en el uso del suelo podría ser otra de las causas de esta disminución, sobre todo por el cambio de las tipologías del pastoreo (Rojas et al, 2009, Albaladejo et al, 2013).

Por otra parte, el mayor Stock de COS en CM con respecto a LP (tabla 3) refleja la heterogeneidad de los valores y según González et al. (2012) ésta heterogeneidad de la distribución de la MO en dehesas está impulsado por la presencia de los robles y la distribución de la capa herbácea. Aunque también influyen otras causas como la pendiente, vegetación, posición fisiográfica, de gestión o los procesos de degradación (erosión hídrica).

#### 4.3. Efecto del Manejo del suelo en el COS

El Stock de COS en la superficie de los suelos (tabla 3 y 4) difieren de los valores sugeridos por González y Candás (2004), quienes encontraron valores superiores, para un sis-

tema de pastoreo con *Quercus ilex*. Según Rodríguez-Murillo (2001) el promedio del Stock de COS para grupos de suelos en España peninsular es de 71,4 Mg ha<sup>-1</sup> y 98,8 Mg ha<sup>-1</sup> para CM y LP, respectivamente. Leifeld et al. (2005) reporta que estos valores podrían ser causados por actividades pastorales intensivas. En esta línea, San Miguel (2001) informó que las actividades pastorales en los sistemas de pastoreo con *Quercus ilex* juegan un papel crucial en el diseño estructural y el funcionamiento de la capa superior del suelo y afectan el contenido de carbono, particularmente en CM. Mientras que los valores bajos del Stock de COS en LP podrían estar asociados con la baja densidad de los bosques de roble y la poca gestión. Las correlaciones encontradas en CM y LP entre el COS y las propiedades físicas sugieren que la retención de carbono se ve favorecida en suelos de textura fina con una solución de suelo rico en cationes básicos (Ganuza y Almendros, 2003).

El aumento del COS en la capa superior del suelo (horizonte Ap) en CM de DE con respecto a perfiles en DC, se ve relacionado con las *prácticas de gestión* de la dehesa. Mientras que en LP, el COS se redujo en profundidad con las dos prácticas de gestión. En esta línea, West y Post (2002), Puget y Lal (2005), y Blanco-Canqui y Lal (2008) argumentaron que podría reducirse las pérdidas naturales de COS en DE al disminuir la degradación de los agregados del suelo debido a la labranza y a su vez aumentar la protección física de COS de la descomposición microbiana en comparación con la DC. El Stock de COS en el horizonte Bw no cambió con las prácticas de gestión (DC o DE), ya que según Lou et al. (2012) de pueda deber al clima, las condiciones del suelo, las tasas de erosión del suelo, los sistemas de pastoreo, el agua y los nutrientes.

## 5. Conclusiones

Este estudio concluye que el contenido de COS de los suelos estudiados es relativamente bajo debido a factores que se relacionan con la propia naturaleza del suelo y también por la gestión, como es la alta mineralización de la MO y la ausencia de residuos de cultivos. El efecto del contenido de la textura del suelo afectó el COS con la profundidad en ambos

tipos de suelo. En cuanto a los sistemas de gestión (DE y DC), el contenido de COS y COS-Stock se incrementaron en los horizontes superficiales (Ap y Bw) en el CM de DE debido al incremento en el aporte de carbono en la superficie del suelo, mientras que el COS y Stock COS disminuyó en profundidad (C horizonte) en ambos sistemas de gestión.

## Bibliografía

- Albaladejo, J., Ortiz, R., García-Franco, N., Ruiz, A., Almagro, M., García, J., Martínez-Mena, M., 2013. Land use and climate change impacts on soil organic carbon stocks in semi-arid Spain. *Journal of Soils and Sediments* 13, 265-277.
- Aranda, V., Ayora-Cañada, M.J., Domínguez-Vidal, A., Martín-García, J.M., Calero, J., Delgado, R., Verdejo, T., González-Vila, F.J., 2011. Effect of soil type and management (organic vs. conventional) on soil organic matter quality in olive groves in a semi-arid environment in Sierra Mágina Natural Park (S Spain). *Geoderma* 164, 54-63.
- Balesdent, J., Balabane, M., 1996 Major contribution of roots to soil carbon storage inferred from maize cultivated soils. *Soil Biology and Biochemistry* 28, 1261-1263.
- Blake, G. R., Hartge, K. H., 1986. Particle density, in: Klute, A., (Ed.), *Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical methods*. Agronomy Monograph No. 9. ASA., SSSA. Madison WI, USA, pp. 377-382.
- Blanco-Canqui, H., Lal, R., 2008. No-tillage and soil-profile carbon sequestration: an on-farm assessment. *Soil Science Society of America Journal* 72, 693-701.

- Blanco-Canqui, H., Lal, R., 2009. Extent of soil water repellency under long-term no-till soils. *Geoderma* 149, 171-180.
- Bower, C.A., Reitemeier, R.F., Fireman, M., 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Science* 73, 251-261.
- Bremner, J.M., 1996. Total nitrogen, in: Sparks, D.L., (Eds), *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical methods*. SSSA Book Series No. 5. Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 1085-1086.
- Ceballos, A., Schnabel, S., 1998. Hydrological behaviour of a small catchment in the dehesa land use system (Extremadura, SW Spain). *Journal of Hydrology* 210 (1-4), 146-160.
- Cerdà, A., Schnabel, S., Ceballos, A., Gómez-Amelia, D., 1998. Soil hydrological response under simulated rainfall in the dehesa land system (Extremadura, SW Spain) under drought conditions. *Earth Surface Processes and Landforms* 23, 195-209.
- Cerdà, A., Lavee, H., Romero-Díaz, A., Hooke, J., Montanarella, L., 2010. Soil erosion and degradation in Mediterranean type ecosystems. *Land Degradation and Development* 21, 71-74.
- Díaz-Zorita, M., Grove, J.H., 2002. Duration of tillage management affects carbon and phosphorus stratification in phosphatic Paleudalfs. *Soil and Tillage Research* 66, 165-174.
- Duchaufour, P.H., 1975. *Manual de Edafología*. Ediciones Toray-Masson. Barcelona.
- Dunteman, G.H., 1989. *Principal Components Analysis*. Ed. SAGE. Newbury Park, CA.
- Fisher, M.J., Rao, I.M., Ayarza, M.A., Lascano, C.E., Sanz, J.I., Thomas, R.J., Vera, R.R., 1994. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature* 371, 236-238.
- Franzluebbers, A.J., 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil and Tillage Research* 66, 95-106.
- Franzluebbers, A.J., Arshad, M.A., 1996. Soil organic matter pools during early adoption of conservation tillage in northwestern Canada. *Soil Science Society of America Journal* 60, 1422-1427.
- Franzluebbers, A.J., Schoenberg, H.H., Endale, D.M., 2007. Surface-soil responses to paraplowing of long-term no-tillage cropland in the Southern Piedmont USA. *Soil and Tillage Research* 96, 303-315.
- Freibauer, A., Rounsevell, M.D.A., Smith, P., Verhagen, J., 2004. Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma* 122, 1-23.
- Gallardo, A., Rodríguez-Saucedo, J., Covelo, F., Fernández-Ales, R., 2000. Soil nitrogen heterogeneity in dehesa ecosystem. *Plant and Soil* 222, 71-82.
- Ganuza, A., Almendros, G., 2003. Organic carbon storage in soils of the Basque country (Spain): the effect of climate, vegetation type and edaphic variables. *Biology Fertility and Soils* 37(3), 154-162.
- Gómez Gutiérrez, Á., Schnabel, S., Lavado Contador, J.F., 2009. Gully erosion, land use and topographical thresholds during the last 60 years in a small rangeland catchment in SW Spain. *Land Degradation and Development* 20, 535-550.
- González, I., Grau, J.M., Fernández, A., Jiménez, R., González, M.R., 2012. Soil carbon stocks and soil solution chemistry in *Quercus ilex* stand in Mainland Spain. *European Journal of Forest Research* 131, 1653-1667.
- González, J., Candás, M., 2004. Materia orgánica del suelo bajo encinas: mineralización del carbono y del nitrógeno. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales* 3, 75-83.
- Gutián, F., Carballas, T., 1976. *Técnicas de Análisis de Suelos*. Ed. Picro Sacro. Santiago de Compostela.
- Hernanz, J.L., López, R., Navarrete, L., Sánchez-Girón, V., 2002. Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. *Soil and Tillage Research* 66, 129-141.
- Hernanz, J.L., Sanchez-Girón, V., Navarrete, L., 2009. Soil carbon sequestration and stratification in a cereal/leguminous crop rotation with three tillage systems in semiarid conditions. *Agriculture Ecosystems and Environment* 133, 114-122.
- Hiederer, R., Michéli, E., Durrant, T., 2011. Evaluation of BioSoil Demonstration Project Soil Data Analysis. EUR24729EN. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg.
- Hontoria, C., Rodríguez-Murillo, J., Saa, A., 2004. Contenido de carbono orgánico en el suelo y factores de control en la España Peninsular. *Edafología* 11(2), 149-155.
- Houghton, R.A., 2003. Why are estimates of the terrestrial carbon balance so different?. *Global Change Biology* 9, 500-509.
- Ismail, I., Blevins, R.L., Frye, W.W., 1994. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields. *Soil Science Society of America Journal* 58, 193-198.
- IUSS Working Group WRB, 2006. *World Reference Base for Soil Resources 2006*, World Soil Resources Reports No. 103, 2<sup>nd</sup> edition. FAO, Rome, Italy.
- Joffre, R., Rambal, S., Ratte, P., 1999. The dehesa system of southern Spain and Portugal as a natural ecosystem mimic. *Agroforestry Systems* 45, 57-79.
- Lal, R., 2009. Sequestering carbon in soils of arid ecosystems. *Land Degradation and Development* 20, 441-454.
- Leifeld, J., Bassin, S., Fuhrer, J., 2005. Carbon Stocks in Swiss agricultural soils predicted by Land- use. Soil characteristics and altitude. *Agriculture Ecosystems and Environment* 105, 255-266.

- Lou, Y., Xu, M., Chen, X., He, X., Zhao, K., 2012. Stratification of soil organic C, N and C:N ratio as affected by conservation tillage in two maize fields of China. *Catena* 95, 124-130.
- Marañón, T., 1988. Agro-sylvo-pastoral systems in the Iberian Peninsula: Dehesas and Montados. *Rangelands* 10, 255-258.
- Melero, S., López-Garrido, R., Murillo, J.M., Moreno, F., 2009. Conservation tillage: Short- and long-term effects on soil carbon fractions and enzymatic activities under Mediterranean conditions. *Soil and Tillage Research* 104, 292-298.
- Moreno, G., Pulido, F., 2009. The functioning, management and persistence of dehesas. In: Rigueiro, J.M.R.M. (Ed.), *Agroforestry in Europe*. Springer, Amsterdam, pp. 127-160.
- Moreno, F., Murillo, J.M., Pelegrín, F., Girón, I.F., 2006. Long-term impact of conservation tillage on stratification ratio of soil organic carbon and loss of total and active  $\text{CaCO}_3$ . *Soil and Tillage Research* 85, 86-93.
- Nair, P.K., Kumar, B., Nair, D., 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172, 10-23.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D., (Eds.), *Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties*. In: *Agronomy monograph*, vol. 9. ASA and SSSA, Madison WI, 539-579.
- Nerger, R., Núñez, M.A., Recio, J.M., 2007. Presencia de carbonatos en suelos desarrollados sobre material granítico del Bañolito de los Pedroches (Córdoba). In: Jordán, A., Bellifante, N., (Eds.). *Tendencias actuales de la Ciencia del Suelo*. Universidad de Sevilla. Pp.: 768-774.
- Porta, J., López-Acevedo, M., Roquero, C., 2003. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa. Madrid.
- Puget, P., Lal, R., 2005. Soil organic carbon and nitrogen in a Mollisol in central Ohio as affected by tillage and land use. *Soil and Tillage Research* 80, 201-213.
- Pulido-Fernández, M., Schnabel, S., Lavado-Contador, J.F., Miralles, I., Ortega, R., 2013. Soil organic matter of Iberian open Woodland rangelands as influenced by vegetation cover and land management. *Catena* 109, 13-24.
- Recio, J.M., Corral, L., Paneque, G., 1986. Estudio de los suelos en la comarca de los Pedroches (Córdoba). *Anales de Edafología y Agrobiología* 45(7-8), 989-1012.
- Reisner, Y., Filippi, R., Herzog, F., Palma, J., 2007. Target regions for silvoarable agroforestry in Europe. *Ecological Engineering* 29, 401-418.
- Reynolds, W.D., Elrick, D.E., 1991. Determination of hydraulic conductivity using a tension infiltrometer. *Soil Science Society of America Journal* 55(3), 633-639.
- Rodríguez-Murillo, J.C., 2001. Organic carbon content under different types of land use and soil in peninsular Spain. *Biology Fertility and Soils* 33, 53-61.
- Rojas, J., Muhammad, I., Andrade, H., 2009. Secuestro de carbono y uso de agua en sistemas silvopastoriles con especies maderables nativas en el trópico seco de Costa Rica. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 10(2), 214-223.
- Sá, J.C.M., Lal, R., 2009. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol. *Soil and Tillage Research* 103, 46-56.
- Sánchez, P.A., 2000. Linking climate change research with food security and poverty reduction in the tropics. *Agriculture Ecosystems and Environment* 82, 371-383.
- San Miguel, A., 2001. *Pastos naturales españoles*. Fundación Conde del Valle Salazar, Ediciones mundi-prensa. E.T.S.I. Montes. Madrid, 320 pp.
- Scarascia-Mugnozza, G., Oswald, H., Piussi, P., Radoglou, K., 2000. Forests of the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology and Management* 132, 97-109.
- Schnabel, S., 1997. Soil erosion and runoff production in a small watershed under silvopastoral land use (dehesas) in Extremadura, Spain. Logroño, Spain, Geoforma Ediciones.
- Schnabel, S., Lavado Contador, J.F., Gómez Gutiérrez, Á., Lagar Timón, D., 2006. La degradación del suelo en las dehesas de Extremadura. In: Espejo Díaz, M., Martín Bellido, M., Matos, C., Mesías Díaz, F.J. (Eds.), *Gestión ambiental del ecosistema dehesa en la Península Ibérica*. Junta de Extremadura, Mérida, Spain, pp. 63-71.
- Six, J., Ogle, S.M., Breidt, F.J., Conant, R.T., Mosier, A.R., Paustian, K., 2004. The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practiced in the long term. *Global Change Biology* 10, 155-160.
- Snowdon, P., Raison, J., Keith, H., Montagu, B.K., Ritson, P., Grierson, P., Adams, M., Burrows, W., Eamus, D., 2001. Protocol for sampling tree and stand biomass. National carbon accounting system technical report N° 31 Draft-March 2001. Australian Greenhouse Office. 114 pp.
- Statsoft, 1998. *Statistica for windows*. Second ed. Statsoft Inc. Tulsa, OK. USA.
- USDA, 2004. *Soil survey laboratory methods manual*, Soil survey investigation report No. 42. Version 4.0. USDA-NCRS, Lincoln, NE (2004).
- Vallejo, R., Díaz Fierros, F., De la Rosa, D., 2003. Impactos sobre los recursos edáficos. In *Impactos del cambio climático en España*. Ministerio de Medio Ambiente (Eds.). Pp.: 357-397. Madrid.

# Proceso de lignificación en la provincia de La Pampa, Argentina. Identificación a partir de sensores remotos

Vázquez, P.<sup>1</sup>, Llorens, E.<sup>2</sup>, Poey, S.<sup>3</sup> & Stefanazzi, I.<sup>3</sup>

## Resumen. Título corto: Lignificación en la provincia de La Pampa

Se modeló la presencia de procesos de lignificación en la provincia de La Pampa a partir de series temporales de índice verde normalizado (IVN) provenientes del sensor MODIS Terra y el algoritmo Seasonal Trend Decomposition - LOESS (STL) durante el período 2000-2013. Se relacionó la ocurrencia de estos procesos con la razón entre la estacionalidad ( $\frac{\sum IVN_h}{\sum IVN_w}$ ) y la tendencia ( $\frac{\sum IVN_h}{\sum IVN_w}$ ) acumuladas durante todo el período ( $\frac{\sum IVN_h}{\sum IVN_w}$ ), y la frecuencia de fuegos observadas durante el mismo período. Las áreas afectadas se caracterizaron por presentar una relación  $\frac{\sum IVN_h}{\sum IVN_w} \leq 0.8$ . El 38% de la superficie provincial (5400000 millones de hectáreas) fue clasificada en proceso de lignificación con un índice de certeza de 0.81. El 90% de las áreas afectadas por el fuego en estos sitios fueron quemadas entre 1 y 3 veces por fuegos muy fuertes durante el período estudiado, mientras que las áreas no afectadas por procesos de lignificación no fueron quemadas o sufrieron entre 4 y 12 fuegos de escasa magnitud, coincidiendo con lo observado en varios trabajos.

**Palabras clave:** monte - arbustal, fuego, carga animal, teledetección

## Lignification process in la Pampa province, Argentina. Identification by remote sensing

### Abstract:

Lignification process was modeled in La Pampa province from normalized difference vegetation index (NDVI) time series from MODIS Terra sensor, applying Seasonal Trend Decomposition - LOESS (STL) algorithm for the period 2000-2013. The occurrence of these processes were related with the ratio between accumulated seasonality ( $\frac{\sum IVN_h}{\sum IVN_w}$ ) and trend ( $\frac{\sum IVN_h}{\sum IVN_w}$ ) over the whole period ( $\frac{\sum IVN_h}{\sum IVN_w}$ ), and fire frequency observed during the same period. Affected areas were characterized by the ratio  $\frac{\sum IVN_h}{\sum IVN_w} \leq 0.8$ . A 38% of province surface (5400000 hectares) was classified with lignification process, with a certain index of 0.81. The 90% of the areas affected by the fire in these sites were burned between 1 and 3 times by very strong fires during the studied period, while areas not affected by lignification process were not burned or suffered between 4 and 12 low magnitude fires, coincident with described in several works.

**Keywords:** woodland - shrubland, fire, stocking rate, teledetection

<sup>1</sup> EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", INTA. RN 5 km 580, (6326) Anguil, La Pampa. vazquez.pablo@inta.gob.ar <sup>2</sup> Dirección de Extensión Agropecuaria de la Subsecretaría de Asuntos Agrarios del Ministerio de la Producción de la provincia de La Pampa. Calle 15 N° 1475. Victorica (6319). Loventué, La Pampa. <sup>3</sup> UEyDT Victorica, INTA. Calle 15 N° 1475. Victorica (6319). Loventué, La Pampa.

## Introducción

Por definición, un proceso de lignificación se caracteriza por la invasión progresiva de especies leñosas presentes en un ambiente en bajas densidades, siendo muchas veces versiones arbustivas de especies forestales, producto de incendios fuertes o la intervención del hombre (Llorens 1995, Van Auken 2000). El proceso de lignificación de sitios dominados por pastizales está ocurriendo globalmente debido a procesos naturales y a una variedad de procesos antropogénicos, limitando seriamente la disponibilidad de forraje para el ganado por la inaccesibilidad al mismo (Knapp et al. 2008). Las estructuras de las praderas áridas y semiáridas de Nuevo México cambiaron mucho en los últimos 150 años, sobre todo tras el ingreso de la ganadería (Van Auken 2000). En la provincia de La Pampa, estudios dendroecológicos demostraron la presencia de dos grandes procesos de lignificación en los últimos 250 años, asociados principalmente a la presencia de ganado bovino (Dussart et al. 2011) y a eventos de fuego (Medina et al. 2000). Un estudio dendroecológico más detallado fue desarrollado sobre dos sitios ocupados por *Prosopis caldenia* (Caldén) (pastizal y savana) en función de la historia de uso durante los últimos 55 años (Dussart et al. 1998; Lerner 2004). Se demostró que haber pasado de cría de ganado ovino a bovino a principios de la década de 1940, incrementó la implantación de nuevos individuos de 5 a 31 plantas hectá-

rea-1 año-1 (Dussart et al. 1998). Este hecho es en particular importante, pues los grandes rumiantes, al morder las vainas, escarifican la semilla y promueven la implantación de nuevos individuos (Peinetti et al. 1993).

Si bien se menciona el proceso de lignificación y se estudiaron las posibles causas en la provincia de La Pampa, éste no ha sido estrictamente cuantificado aún. A partir de la descomposición de series de tiempo de índice verde normalizado (IVN) en los componentes estacionalidad, tendencia y error mediante el algoritmo LOESS (STL) (Cleveland et al. 1990), la CSIRO logró diferenciar la cobertura de bosques y herbáceas para toda Australia (Lu et al. 2001). En la provincia de La Pampa, la vegetación presenta un fuerte componente de estacionalidad, debido a las bajas temperaturas y escasas precipitaciones invernales (Vázquez et al. 2013). Sin embargo, sería esperable encontrar un componente de tendencia mayor al de estacionalidad en presencia de procesos de lignificación. Esto sería más evidente durante períodos prolongados de déficit hídrico (segunda mitad de la década del 2000), donde las únicas especies esperables de prosperar bajo estas condiciones serían las leñosas. El objetivo de este trabajo será identificar y cuantificar procesos de lignificación en la provincia de La Pampa a partir del análisis de series temporales de IVN mediante el algoritmo STL y la frecuencia de fuegos y la carga animal.

## Materiales y métodos

El trabajo fue desarrollado sobre toda la extensión de la provincia de La Pampa (35° 1' 13" lat S, 63° 21' 16" long O – 39° 23' 28" lat S, 68° 2' 42" long O).

Para el análisis se utilizó la serie temporal de 322 imágenes del sensor MODIS, producto MOD13Q1 v05, para el período enero 2000-diciembre 2013. Este producto genera una imagen de valores máximos de IVN cada 16 días por el procedimiento *Maximum Value Compositing* (Holben 1986), con una resolución espacial de 250 m (píxel de 6.25 ha).

Para poder detectar áreas en proceso de lignificación, bajo la hipótesis de que éste debería presentar un componente de tendencia positivo, se aplicó el algoritmo STL a la serie temporal de imágenes de IVN MOD13Q1 (período enero 2000-diciembre 2013) para descomponer esta señal en sus componentes tendencia (T), estacionalidad (E) y error (Err) (Lu 2001):

$$IVNi = Ti + Ei + Erri \quad (1)$$

donde  $i = 1$  a  $N$  denota la línea temporal, siendo  $N$  el número total de imágenes utilizado en la serie de tiempo. La tendencia  $Ti$  incluye la media, de tal modo que  $\langle Ti \rangle = \langle IVNi \rangle$ ,  $\langle Ei \rangle = \langle Erri \rangle = 0$ , donde el símbolo  $\langle \rangle$  representa la inclusión del valor medio. En términos generales, la tendencia  $Ti$  estaría asociada proporcionalmente al componente leñoso (IVNw), mientras que la estacionalidad  $Ei$  lo estaría al componente herbáceo (IVNh). Por la complejidad del algoritmo, se adjunta el modelo en lenguaje R en el anexo. La resolución espacial original de las imágenes

(píxel de 250m) fue re escalada (píxel de 1.6 km) para adecuarla al elevado consumo de memoria del proceso de cálculo.

Se identificaron a campo doce coberturas de suelo con presencia o ausencia de procesos de lignificación (cultivos, quemas de pasto llorón, bosque abierto, bosque cerrado, jarillal, monte bajo con piquillín). Cada uno de ellos fue caracterizado a partir de tres muestras independientes de aproximadamente 5 hectáreas cada una. Para definir un área en proceso de lignificación, se consideraron los siguientes aspectos:

1. Definiremos como lignificación a la proliferación de especies leñosas de porte arbustivo (plantas sin un eje principal definido, con ramificaciones desde la base) en ambientes dominados por herbáceas o árboles.
2. La bibliografía no especifica un número de individuos leñosos implantados por año para definir un proceso de lignificación. Se tomará como referencia una densidad  $\geq 150$  individuos jóvenes  $ha^{-1}$  reclutados durante el período 2000-2013 (Dussart et al. 1998).
3. Para cuantificar la densidad de especies arbustivas, se realizaron en cada sitio 10 transectas distribuidas al azar de 50 m de largo por 2 m de ancho donde se contabilizaron los individuos jóvenes de porte arbustivo.

Se calcularon los valores mensuales de IVNw e IVNh a partir de la serie temporal de IVN MODIS por el procedimiento STL modificado por la CSIRO (STL<sub>mod</sub>) (Lu et al. 2001) para los doce usos del suelo planteados durante el período 2000-2013. Para determinar la importancia relativa de la tendencia sobre la



estacionalidad, se calcularon las sumatorias totales del período estudiado de  $IVNw$  e  $IVNh$ , (expresados como  $\Sigma IVNw$  e  $\Sigma IVNh$  respectivamente) y la razón  $\frac{\Sigma IVNh}{\Sigma IVNw}$ . Según la hipótesis planteada, se esperarían valores entre 0 y 1 en áreas con un proceso de lignificación evidente. Las medias de los doce usos del suelo fueron contrastadas mediante un análisis de la varianza (ANVA) ( $\alpha=0.05$ ). Una vez confirmada esta hipótesis, se calculó  $\frac{\Sigma IVNh}{\Sigma IVNw}$  para la provincia de La Pampa y se clasificó como área en proceso de lignificación a aquellos píxeles que obtuvieron valores compatibles con dicho proceso. Se eliminó del análisis la superficie utilizada para agricultura (Vázquez et al. 2013). Las predicciones fueron contrastadas contra 250 verdades de campo evaluadas visualmente. El ajuste del modelo fue verificado mediante una matriz de confusión, aceptando como satisfactorio un  $\kappa \geq 0.7$ . Se relacionó espacialmente el proceso de lignificación con la

presencia de fuegos y carga animal. Para ello, se tomó una muestra al azar de 329209 puntos sobre la provincia de La Pampa donde se identificó la ausencia o presencia de procesos de lignificación modeladas en este trabajo (0=ausencia, 1=presencia) y la frecuencia de grandes fuegos. Las áreas incendiadas durante el período 2000-2013 fueron identificadas a partir del producto mensual de detección de fuegos activos MOD14 (Justice et al. 2006), verificada su certeza con Defensa Civil, seccional La Pampa (Vázquez et al. 2013). Los datos fueron analizados a partir del test no paramétrico  $\chi^2$  de Pearson. Para relacionar la carga animal con el proceso de lignificación, se compararon los requerimientos energéticos medios de los rodeos ( $EV\ ha^{-1}$ ) a partir de datos suministrados por SENASA (2000-2010) en las áreas del Espinal y Monte Occidental de provincia de La Pampa con y sin procesos de lignificación mediante un ANVA.

## Resultados

El cálculo de la razón  $\frac{\Sigma IVNh}{\Sigma IVNw}$  para los doce usos del suelo durante el período 2000-2013, hallando un valor promedio de 1.46 en sitios sin procesos de lignificación evidentes y de 0.56 en áreas con proceso de lignificación. El ANVA determinó que existen diferencias significativas entre los sitios con y sin proceso de lignificación, confirmando la hipótesis que el proceso de lignificación se caracteriza por una participación relativa mayor  $IVNw$  respecto de  $IVNh$  (tabla 1 y figura 1).

Los píxeles identificados con un proceso de lignificación totalizaron una superficie de 5400000 hectáreas, un 38% de la superficie de La Pampa (figura 2), con un coeficiente de certeza global de 0.81 (tabla 2). El 90% de los procesos de lignificación fueron observados en áreas afectadas por 1 a 3 incendios durante el período estudiado (tabla 3). Las áreas sin y con procesos de lignificación presentaron diferencias significativas respecto de su carga media anual, período 2000-2008 (0.11 y 0.155  $EV\ ha^{-1}$ , respectivamente  $\alpha=0.0001$ ).

Tabla 1: Comparación de medias de  $\frac{\Sigma IVNh}{\Sigma IVNw}$  entre usos del suelo con y sin proceso de lignificación mediante ANVA.

Lignificación	$\frac{\Sigma IVNh}{\Sigma IVNw}$		ANVA					
	Media (n)	Desv.Est.		S. cuadrados	gl	C. medios	F	Sig.
SI	0.56 (15)	0.24	E. grupos	7.07	1	7.07	18.76	0.0001
			D. grupo	12.82	34	0.37		
NO	1.46 (21)	0.77	Total	19.89	35			

Tabla 2: Matriz de confusión obtenida a partir del contraste entre áreas observadas y modeladas con (1) y sin (0) proceso de lignificación (n=249).

		Observados		Error comisión	
		0	1		
	Modelados	0	1		
	0	50	38	0.43	
	1	9	152	0.06	
Error omisión		0.15	0.20		k=0.81

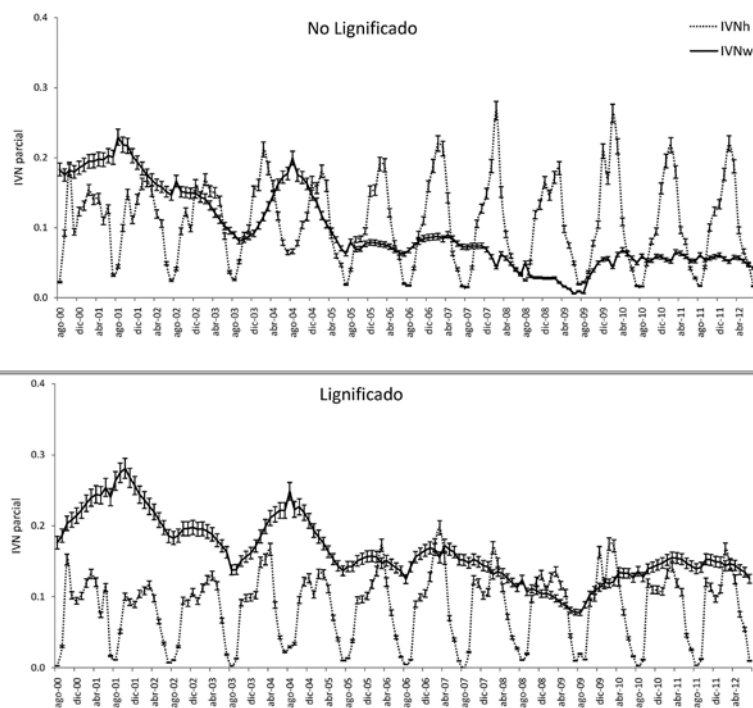


Figura 1: Evolución media mensual de la estacionalidad (IVNh) y tendencia (IVNw) en áreas con y sin proceso de lignificación durante el período 2000-2013.

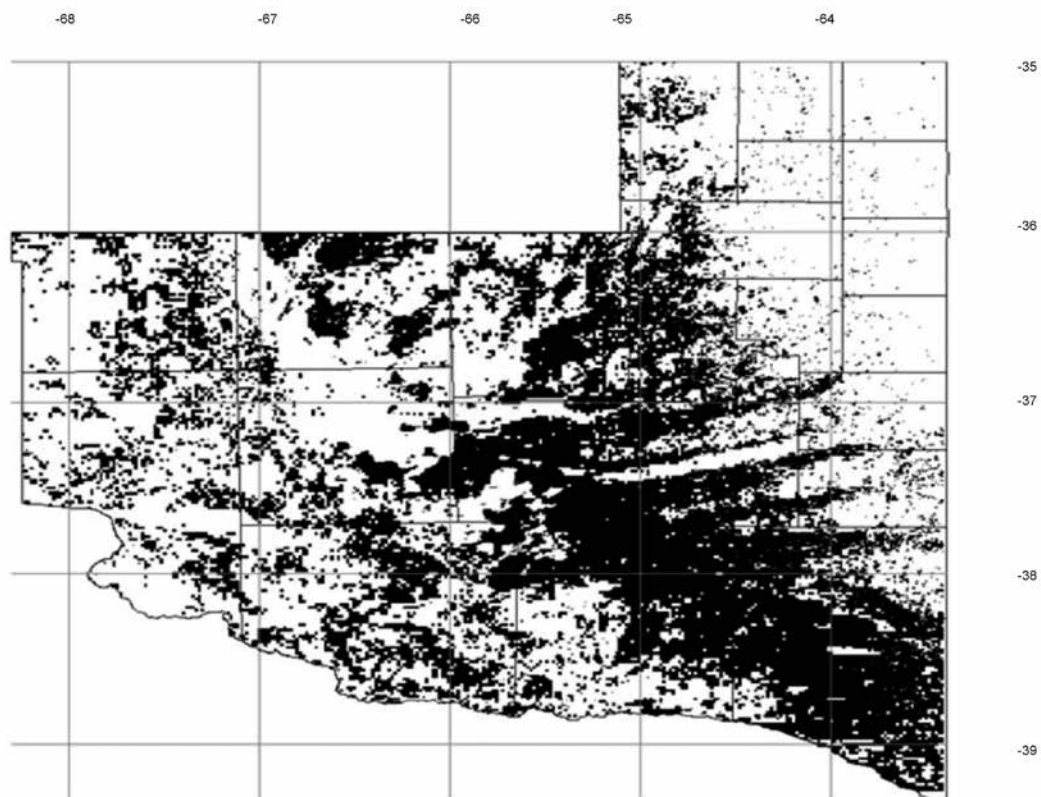


Figura 2: Procesos de lignificación identificados a partir de aplicar el algoritmo  $STL_{mod}$ .

Tabla 3: Tabla de contingencia para relacionar la presencia (1) o ausencia (0) de procesos de lignificación con la frecuencia de fuegos detectados por el producto MOD14, sobre el área ocupada por las comunidades vegetales afectadas.

		Proceso de lignificación		total	N
		0	1		
Frecuencia de fuego 2000-2013	0	4.191	1.567	5.758	8599
	1 a 3	35.543	52.948	88.491	132151
	4 a 12	2.721	3.029	5.75	8587
	Total	42.455	57.544	100	
	N	63401	85937		149338

$\chi^2$  Pearson=4247, df=8, P<0.0001

## Discusión

Se observó un proceso de lignificación activo en toda el área ocupada por leñosas. Las especies asociadas a este evento respondieron a la región donde fue observado, siendo en general versiones arrosetadas de las especies dominantes.

El proceso de lignificación estuvo asociado a zonas de baja frecuencia de fuego (1 a 3 fuegos durante el período de estudio). Si bien no se controló la temperatura del fuego, la frecuencia del mismo en áreas ocupadas por leñosas estaría asociada inversamente a su intensidad. Un fuego fuerte destruye totalmente la cubierta vegetal, requiriéndose un largo tiempo para recomponerla y acumular material combustible. Esto favorece la im-

plantación de nuevas leñosas y las sobrevivientes rebrotan de forma arrosetada (Llorens 1995; Dussart et al. 2011; Dudinszky and Ghermandi 2013, Bogino et al. 2015). Las áreas quemadas con baja frecuencia presentaron una participación relativa alta de *IVNw* respecto del IVN (60%). En la medida que los fuegos se hicieron más frecuentes, comenzó a predominar el componente *IVNh*, observándose claramente en áreas del Espinal con más de cinco eventos de fuego durante el período estudiado. Los valores elevados de carga animal hallados en sitios con procesos de lignificación fueron consistentes con lo descrito en bibliografía (Dussart et al 1998, 2011).

## Conclusiones

Se logró identificar y cuantificar el proceso de lignificación en la provincia de La Pampa a partir de la descomposición de una serie de tiempo de IVN en estacionalidad (*IVNh*) y tendencia (*IVNw*) aplicando el algoritmo  $STL_{mod}$ . La razón  $\frac{\sum IVNh}{\sum IVNw} < 1$  sería el indicador verificado de la presencia de este proceso. El 38% de la superficie de la provincia de La Pampa (5400000 de hectáreas) evidenció la presencia de procesos de lignificación, siendo afectadas todas las comunidades

vegetales dominadas por leñosas.

Los procesos de lignificación fueron identificados principalmente en áreas con altas cargas animales y/o afectadas por 1-3 fuegos durante el período 2000-2013, siendo el efecto de los mismos un aumento relativo del componente *IVNw* respecto del IVN durante el período post fuego. Fuegos más frecuentes se asociaron a una disminución y un aumento del aporte relativo de *IVNw* e *IVNh* al IVN, respectivamente.

## Agradecimientos

Al Proyecto Regional La Pampa-San Luis 1282102: Caldenal-Monte Occidental (INTA), al Proyecto Específico 1126074 Monitoreo Pastizales 2013-2019 (INTA) y al Proyecto FONCYT, PICT-2012- 2853 (Facultad de Ciencias Agrarias, UNLPAM).

## Bibliografía

- Bogino, S., S. Roa-Giménez, A. Velasco-Sastre, M. Cangiano, L. Risio-Allione and V. Rozas. 2015. Synergetic effects of fire, climate, and management history on *Prosopis caldenia* recruitment in the Argentinean pampas. *Journal of Arid Environments* **117**: 59–66.
- Cleveland, R.B., W.S. Cleveland, J.E. McRae and I. Terpenning. 1990. STL: A seasonal-trend decomposition procedure based on loess. *Journal of Official Statistics* **6**: 3–73.
- Dussart, E.G., C.C. Chirino, E.A. Morici and R.H. Peinetti. 2011. Reconstrucción del paisaje del caldenal pampeano en los últimos 250 años. *Quebracho* (Santiago del Estero) **19**: 54–65.
- Dussart, E.G., P. Lerner and R. Peinetti. 1998. Long term dynamics of 2 populations of *Prosopis caldenia* Burkart. *Journal of Range Management Archives*. **51**: 685–691.
- Hansen, M.C., S.V. Stehman and P.V. Potapov. 2010. Quantification of global gross forest cover loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. **107**: 8650–8655.
- Holben, B. 1986. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*. **7**: 1417–1434.
- Justice, C., L. Giglio, L. Boschetti, D. Roy, I. Csizsar, J. Morissette and Y. Kaufman. 2006. Algorithm Technical background Document: MODIS fire products (version 2.3). *NASA: MODIS Science Team*. 34 p.
- Knapp, A.K., J.M. Briggs, S.L. Collins, S.R. Archer, M.S. Bret-Harte, B.E. Ewers, et al. 2008. Shrub encroachment in North American grasslands: shifts in growth form dominance rapidly alters control of ecosystem carbon inputs. *Global Change Biology*. **14**: 615–623.
- Lerner, P. 2004. Ecología y manejo de los bosques de Argentina. Capítulo: *El Caldenar: dinámica de poblaciones de caldén y procesos de expansión de leñosas en pastizales*. *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UNLPAM*. 15 p.
- Llorens, E. 1995. Viewpoint: the state and transition model applied to the herbaceous layer of Argentina's calden forest. *Journal of Range Management Archives*. **48**: 442–447.
- Lu, H., M. Raupach and T. Vicar [online]. 2001. Decomposition of vegetation cover into woody and herbaceous components using AVHRR NDVI time series. *Technical Report 35/01. CSIRO Land and Water*. <<http://clw.csiro.au/publications/technical2001/tr35-01>>.
- Peinetti, R., M. Pereyra, A. Kin and A. Sosa. 1993. Effects of cattle ingestion on viability and germination rate of calden (*Prosopis caldenia*) seeds. *Journal of Range Management Archives*. **46**: 483–486.
- Roderick, M.L., I.R. Noble and S.W. Cridland. 1999. Estimating Woody and Herbaceous Vegetation Cover from Time Series Satellite Observations. *Global Ecology and Biogeography*. **8**: 501–508.
- Van Auken, O.W. 2000. Shrub invasions of North American semiarid grasslands. *Annual Review of Ecology and Systematics* **31**: 197–215.
- Vázquez, P., E. Adema and B. Fernández. 2013. Dinámica de la fenología de la vegetación a partir de series temporales de NDVI de largo plazo en la provincia de La Pampa. *Ecología Austral* **23**: 77–86.

# Selectividad del ganado vacuno por especies arbóreas de importancia forestal en las Yungas argentinas

F. Mazzini<sup>1</sup>; M.A. Relva<sup>2</sup> y L.R. Malizia<sup>1</sup>

## Resumen

Uno de los principales factores que explicaría el cambio estructural, funcional y composicional observado en los bosques tropicales maduros es la disminución de la presión de herbivoría tanto por especies nativas como exóticas (ganado). Es necesario comenzar estudios que cuantifiquen la magnitud y dirección del impacto del ganado en los bosques montanos subtropicales. El objetivo del presente trabajo fue determinar el grado de selectividad del ganado vacuno por dos especies de árboles de valor forestal de las Yungas, *Tipuana tipu* y *Cedrela balansae*. Se realizó un experimento de oferta de las especies mencionadas en 15 estaciones de consumo dotadas con un individuo de cada especie, que se organizaron en una grilla de 100 m x 200 m separadas cada 50 m entre ellas a la espera de visitas por parte del ganado. Día por medio se registró día por medio la altura y el grado de ramoneo durante cuatro semanas. Al final del experimento se pudo observar que los individuos de *T. tipu* fueron mucho más seleccionados (60% más), presentando mayor cantidad de individuos ramoneados, con menor altura final y menos cantidad de ramas que los de *C. balansae*. Las diferencias en la selectividad podrían estar dadas por la dureza de la hoja y los compuestos químicos en las hojas de las plantas, entre otros. Se está analizando si estas y otras posibles variables determinan esta diferencia en la selectividad. Se espera que el conocimiento que surja de este estudio contribuya con herramientas para minimizar el impacto de la ganadería extensiva en las Yungas.

**Palabras claves** Ensayo de cafetería, *Tipuana tipu*, *Cedrela balansae*

# Selectivity of cattle for forest tree species importance in the Argentine Yungas

## Abstract

Grazing pressure reduction from native and exotic (cattle) species is one of the main factors that explains structural, functional and compositional changes observed in an old-growth subtropical forest. It is crucial to begin studies that quantify the magnitude and direction of the impact of livestock in subtropical montane forests. The aim of this study was to determine cattle selectivity on Yungas forestry species. We conducted an experiment to determine whether cattle preferentially browsed on *Tipuana tipu* and *Cedrela balansae*. In late October 2014, in 15 feeding stations 50 m apart from each other, organized on a square grid, we placed one sapling of each species and wait cattle visits. We measured cattle preference as total high and browsing degree, every other day for 4 weeks. At the end of the experiment we observed that *T. tipu* was much more selected (60% more), with more browsed individuals, lower final high and less branches than *C. balansae*. Selectivity differences could be explained by differences in leaf hardness and leaf chemicals compounds, among others. We are analyzing if these or other variables are the ones that determine this difference. We hope this study will contribute with management recommendations to minimize the impact of extensive cattle browsing in Yungas.

**Key words** Feeding stations, *Tipuana tipu*, *Cedrela balansae*

<sup>1</sup> CETAS (Centro de Estudios Territoriales, Ambientales y Sociales), Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy. Alberdi 47 S.S. de Jujuy, Jujuy. <sup>2</sup> Laboratorio Ecotono, INIBIOMA (Universidad Nacional del Comahue-CONICET) E-mail: mazflavia@gmail.com

# Sistemas agroforestales: medida de adaptación al cambio climático en el Trópico Mexicano

A.D. Salinas-Cortés<sup>1</sup>; G. Noriega-Altamirano; M.A. Vergara-Sánchez; F. Rodríguez-Neave; S. Cruz-Hernández; B. Cárcamo-Rico.

## Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar la calidad del suelo en grandes extensiones mediante tres indicadores para generar una propuesta de manejo agroforestal en suelos tropicales impactados por el cambio climático en Oaxaca, México. Se utilizó información de 289 estaciones meteorológicas (periodos 1951-1980 y 1980-2010) para evaluar el cambio climático; para la calidad del suelo se utilizaron datos de materia orgánica, pH y CIC obtenidos de 122 sitios de muestreo y 275 perfiles de suelo, se valoró empleando la NOM-021-SEMARNAT-2000; la información fue analizada con el geoestadístico ArcGIS 10.1, con el método de interpolación Kriging. Los resultados indican: (1) el rango de temperatura 26 a 28°C en el periodo de estudio pasó de 7.2% al 11.06% de la superficie estatal; la precipitación media anual de 1000 a 1500 mm en 1951-1980 se presentaba en 26.6% del territorio, en el periodo 1980-2010 aumentó a 29.7% y las precipitaciones superiores a 4000 mm desaparecieron; (2) en el 54% del territorio los suelos califican como moderadamente ácidos; el 51.5% de los suelos revelan un contenido medio de materia orgánica; la CIC en el 79.6% de los suelos califica de baja a media. El recurso natural suelo en Oaxaca tiene disminuida la producción de sus servicios ambientales, la calidad de los suelos se ha perdido, se carece de una política pública de restauración del recurso, la estrategia es transitar a los sistemas agroforestales, diversificando las actividades productivas, utilizando cultivos anuales, perennes y arbustos para promover y restaurar los ciclos biogeoquímicos, reciclaje de nutrientes, mejorar condiciones físicas y químicas del suelo para combatir la degradación, pérdida de nutrientes y adaptación al cambio climático.

**Palabras clave:** servicios ambientales, calidad del suelo, agroecosistema cafetalero

## Agroforestry systems: Adaptation measure to climate change in the Mexican Tropic

### Abstract

The objective of the survey was to assess the soil quality over large areas using three indicators to generate a proposal of agroforestry management in tropical soils impacted by climate change in Oaxaca, Mexico. To evaluate climate change, we used information from 289 meteorological stations (period 1951-1980 and 1980-2010); were used to the quality of the soil, organic matter, pH and CIC data obtained from 122 sampling sites and 275 soil profiles, was assessed using the NOM-021-SEMARNAT-2000; the information was analyzed in the ArcGIS 10.1 geostatistical Kriging interpolation method. The results indicate: (1) the temperature range 26 to 28° C in the study period increased from 7.2% to the 11.06% of the State area; the average annual rainfall of 1000 to 1500 mm in 1951-1980 was 26.6% of the territory, in the period 1980-2010 increased 29.7% and more than 4000 mm rainfall disappeared; (2) in 54% of the territory soils qualify as moderate acids; the 51.53% of the soil reveal an average organic content; the CIC on the 79.6% of the soils qualifies low to average. Natural resource soil in Oaxaca has decreased the production of environmental services, the quality of soils is lost, there is no restoration resource policy, strategy is to travel to agroforestry systems to diversify productive activities, using crops annual, perennial and shrubs to promote and restore cycles biogeochemical, recycling of nutrients, improving physical and chemical soil conditions to combat degradation nutrient loss and adaptation to climate change.

**Key words:** environmental services, quality soil, coffee agroecosystem

<sup>1</sup> Consultor independiente. Allende 502, Barrio La Conchita, Texcoco, Estado de México. C.P. 56130. Email: adsalinascortes@gmail.com.

## Introducción

Se concibe como cambio climático, la variación estadística en el estado medio del clima (IPCC, 2001), regularmente se comparan, al menos periodos de treinta años. Los numerosos estudios revelan que el calentamiento global del planeta se atribuye a las actividades antropogénicas, caracterizado por la disminución de la precipitación y aumento de la temperatura, se estima que el 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero, como el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, se atribuyen al cambio de uso del suelo; en el trópico esta emisión alcanza cerca de 30 millones de toneladas de carbono anual por la deforestación (Kursten y Burschel, 1993). Una estrategia de adaptación al cambio climático es fomentar el incremento de la cubierta vegetal para capturar CO<sub>2</sub> mediante la fotosíntesis, por ello los sistemas agroforestales se convierten en oportunidades para restaurar los servicios ecosistémicos y opciones financieras para los productores.

Otra estrategia para contrarrestar el cambio climático, es fijar carbono en el suelo, por ello la calidad del suelo es indicador de sustentabilidad, revela la capacidad de producir bienes y servicios ambientales. Karlen *et al.*, (1997), señalan tres indicadores químicos de calidad, consideran: (1) materia orgánica, que indican en la fertilidad, el alto contenido mejora retención de agua, reduce erosión y toxicidad en suelos tropicales;

(2) la capacidad de intercambio catiónico depende del contenido de materia orgánica; y (3) el pH, a bajos niveles reduce el crecimiento de cultivos y la disponibilidad de nutrientes. La agroforestería constituye una estrategia de intensificación ecológica de los sistemas agrícolas, permite a las comunidades rurales aumentar de forma sustentable ingresos, producir alimentos, conservar recursos naturales y brindar servicios ambientales a la sociedad (Calle *et al.*, 2012). Para condiciones de degradación y restauración del recurso suelo, Thangata y Alaralapati (2003), señalan a la agroforestería como un sistema que restaura la fertilidad de los suelos incrementando la materia orgánica, fijando nitrógeno, las especies utilizadas auxilian a frenar la erosión, el escurrimiento superficial e incrementan el rendimiento agrícola en zonas tropicales.

El objetivo de este trabajo es presentar un esquema metodológico, donde mediante la geoestadística en áreas extensas se realizan muestreos de suelos y con información climática se dispone de datos suficientes para identificar la calidad del suelo, áreas con problemas de degradación e impacto al cambio climático, así apoyados en la agroforestería se recomienda el manejo agronómico para maximizar medidas de adaptación al cambio climático.

## Materiales y métodos

Oaxaca se ubica en la República Mexicana, en las coordenadas geográficas 16°53'53"N 96°24'51"O, con una extensión territorial de 9,388,859 hectáreas, forma parte de la región intertropical donde suceden fenómenos atmosféricos como ciclones, los suelos son vulnerables a las prácticas de manejo inadecuadas.

Para evaluar el cambio climático, se utilizó información climática de 289 estaciones meteorológicas de los periodos 1951-1980 y 1981-2010. El ordenamiento de la información se realizó en Excel, se procesó mediante un análisis geoes-

tadístico para las variables temperatura y precipitación; los datos se interpolaron con el método Kriging (ArcGIS versión 10.1). En la evaluación de las propiedades del suelo (materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y pH) se aplicó la normatividad descrita en la NOM-021-SEMAR-NAT-2000; se utilizaron datos de 122 sitios de muestreos y análisis de 275 perfiles de suelos, cuya distribución espacial se analizó con el método de interpolación Kriging. Se toma como referencia el agroecosistema cafetalero de las cuencas altas del Pacífico Sur Mexicano.

## Resultados y discusión

**Cambio Climático.** El Cuadro 1 muestra que la temperatura media en el rango de 26°C a 28°C aumentó su distribución, pasó de 7.2% de la superficie estatal a 11%. Por otra parte en el Cuadro 2 los datos revelan que existe una disminución de la precipitación, en el primer periodo existen rangos mayores a 4000 mm, en el segundo periodo la precipitación no supera los 4000 milímetros.

El incremento de las temperaturas se ha acentuado en la vertiente del Pacífico, y en la región del Golfo de Tehuantepec, la vulnerabilidad de los riesgos hidrometeorológicos ha aumentado, así de 1984 a 2013 se han presentado 13 ciclones con categoría 5 en la escala Saffir-Simpson, mientras que de 1954 a 1983 sólo ocurrieron 3. Angulo *et al.*, (2013), señalan que las variaciones en rendimientos de los cultivos se deben a los efectos de estrés por

temperaturas extremas, estos cambios en el clima modificarán la estructura y el funcionamiento del agroecosistema cafetalero en México, la intensidad del ataque de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en la costa del pacífico se acentuará, lo que se atribuye a que las temperaturas entre 21 y 25°C favorecen la germinación de las esporas, ello explica el fuerte problema fitosanitario actual en los cafetales. Los árboles y arbustos de un sistema agroforestal crean un microclima, protegiendo la biodiversidad faunística, este sistema desempeña un rol de protección hidrológico en las cuencas, como es el caso que ha tenido el polo turístico Bahías de Huatulco en Oaxaca, México.

**Acidez del suelo.** La acidez actual del suelo se reporta en el Cuadro 3, indica que el 54% de los suelos son moderadamente ácidos y 13% fuertemente ácidos.

---

**Area 3: Sistemas silvopastoriles y agroforestales: aspectos ambientales y mitigación al cambio climático**


---

Cuadro 1. Cambios porcentuales de la temperatura en la distribución espacial en Oaxaca, México.

Rangos (°C)	1951-1980 (%)	1980-2010 (%)
<18	7.8	6.9
De 18 a 20	21.8	19.7
De 20 a 22	22.4	24.1
De 22 a 24	15.7	15.6
De 24 a 26	25.2	22.6
De 26 a 28	7.2	11.0

Cuadro 2. Cambios porcentuales de la precipitación en la distribución espacial en Oaxaca, México.

Rangos (mm)	1951-1980 (%)	1980-2010 (%)
De 0 a 500	2.3	1.6
De 500 a 1000	39.3	35.3
De 1000 a 1500	26.6	29.7
De 1500 a 2000	11.6	13.5
De 2000 a 2500	11.2	6.7
De 2500 a 3000	4.7	7.6
De 3000 a 3500	1.7	3.6
De 3500 a 4000	1.8	1.9
De 4000 a 4500	0.7	0
De 4500 a 5000	0.2	0
Más de 5000	0.0	0

El proceso de acidificación en suelos tropicales húmedos promueven la lixiviación/acidificación emitiendo  $N_2O$  a la atmósfera; la acidificación natural del suelo ocurre por ácidos orgánicos como ácido cítrico, tartárico y oxálico (Wang et al., 2008), estos resultados orientan a conservar el sistema agroforestal del café bajo sombra en la parte alta de las cuencas del Polo turístico Huatulco-Mazunte-Puerto Escondido en la Costa del Pacífico Mexicano, donde árboles fijadores del N incrementan la fertilidad y, la simbiosis con micorrizas mejoran la disponibilidad de fósforo, calcio, potasio y magnesio.

**Contenido de materia orgánica del suelo.** El Cuadro 4 reporta que el 51% de los suelos tienen un contenido de materia orgánica medio, ésta se ha perdido por la labranza, mineralización y deforestación.

En las áreas agrícolas de cultivos anuales, la materia orgánica del suelo se ha perdido por la labranza excesiva, la aireación altera las propiedades físicas y reduce su contenido. En los suelos tropicales la pérdida de materia orgánica ocurre por la rápida mineralización, lixiviación y escurrimiento

superficial; por ejemplo en el agroecosistema cafetalero se han encontrado pérdidas de potasio intercambiable de 32 kg  $ha^{-1}$  por escorrentía (Guerrero *et al.*, 1975). Bagyaral *et al.* (2015), encontraron que un sistema de café perenne alberga mayor población de microorganismos que un sistema con árboles caducifolios, este sistema permite un mayor reciclaje de nutrimentos y transformación de materia orgánica.

**Capacidad de intercambio catiónico (CIC).** El Cuadro 5 muestra que el 80% de los suelos tiene una CIC de baja a media, explicable por los bajos contenidos de materia orgánica en el suelo, así como por las condiciones de acidez. La experiencia observada en el agroecosistema cafetalero de las partes altas de la costa del Pacífico, permite recomendar que, las áreas con agricultura de temporal y dedicadas a la ganadería deben transitar a la agroforestería, las especies recomendadas para los sistemas agroforestales deben tolerar condiciones climáticas y limitaciones ambientales como plagas, deficiencia de nutrientes en el suelo; en la zona tropical referida se recomiendan especies forestales como: *Azadirachta indica* A. Juus, *Cedrela odorata* L., *Tectona*

Cuadro 3. Distribución del pH del suelo en el Estado de Oaxaca, México.

pH	Superficie (Ha)	%
Fuertemente ácido :< 5.0	1195920	12.7
Moderadamente ácido: 5.1 - 6.5	5076556	54.1
Neutro: 6.6 - 7.3	2440996	26
Medianamente alcalino: 7.4 -8.5	673822	7.9
Total	9387294	100



*grandis* L. F.; cultivar especies hortalizas: *Cucumis melo*, *Capsicum annuum* L, *Manihot esculenta*; especies frutales: *Macadamia integrifolia*, *Annona diversifolia*, *Passiflora*

*edulis* Sims, *Hylocereus undatus*, *Byrsonima crassifolia*, *Litchi chinensis* Sonn, *Psidium guayaba*, *Annona muricata* L., entre otras.

Cuadro 4. Distribución del contenido de materia orgánica de los suelos del Estado de Oaxaca, México.

Nivel de materia orgánica	Superficie (ha)	%
Muy bajo	984	0.01
Bajo	138,850	1.5
Medio	4,836,979	51.5
Alto	3,477,798	37.
Muy alto	932,682	9.9
Total	9,387,293	100

Cuadro 5. Distribución de la Capacidad de Intercambio Cationico de los suelos en el Estado de Oaxaca, México.

CIC	Superficie (has)	%
Muy bajo	205	0.002
Bajo	2, 397, 681	25.5
Medio	5, 078, 490	54.1
Alto	1, 855, 458	19.8
Muy alto	55, 459	0.6
Total	9, 387, 293	100

## Conclusiones

El recurso suelo en Oaxaca, México, tiene disminuida la producción de servicios ambientales, la calidad de los suelos se ha perdido. Se carece de una política pública de restauración del recurso suelo, por ello en las áreas agrícolas y de uso pecuario una estrategia es transitar a los sistemas agroforestales, donde se diversifiquen las actividades productivas, utilizando cultivos anuales, perennes y arbustos para promover y restaurar los ciclos biogeoquímicos, promover el reciclaje de nutrientes. Esta medida de adaptación al cambio climático redu-

cirá las elevadas temperaturas y riesgos hidrometeorológicos observados, además de mejorar los servicios ambientales en la región.

Existe tecnología para evaluar grandes extensiones, para identificar áreas degradadas, donde la restauración de recurso suelo puede promoverse con sistemas agroforestales, como agroecosistema más eficientes para secuestrar carbono, proteger las partes bajas de la cuenca y transitar hacia la imitación de ecosistemas de bosque y selvas naturales.

## Bibliografía

- Angulo, C., Rötter, R., Lock, R; Enders, A., Fronzek, S., Ewert, F., 2013. Implication of crop model calibration strategies for assessing regional impacts of climate change in Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*. Vol. 170, pp. 32–46.
- Agroforestry Systems. Tropical agroforestry
- Bagyaral. 2015. Por debajo de la actividad microbiana del suelo influenciado por los sistemas agroforestales de Café en los Gthas Occidentales, India. *Agricultura Ecosystems y Medio ambiente*. Vol. 202. pp 198-202.
- Calle Z., Murgueitio, E., Chará, J.; 2012. Integración de actividades forestales con la ganadería extensiva sostenible y la restauración del paisaje. *Unasylva* 239 vol. (63) pp 31-40.
- Guerrero, R., Gamboa, J. & Blasio, L., 1975. Pérdidas de materia orgánica NPK por efecto de la deforestación en suelos de area andina de Nariño Colombia. *Anales de edafología y Agrobiología*, 1-2(1-136), p. 34.
- Karlen, D. L., 1997. Soil Quality a Concept, Definition and Framework for Evaluation. Primera Ed: Soil Science Society of America Journal.
- Kursten E., Burschel P. 1993. CO<sub>2</sub>-mitigathion by agroforestry, *Water, air and Soil Pollution* 70:533-544.
- Thangata, P.H.; Alavalapat, J.R.R. 2003. Agroforestry adoption in southern Malawi: the case of mixed intercropping of *Grliria-cidia sepium* and maize. *Agricultural systems*. Vol. 78(1) pp. 57-71.
- Wang, Y., 2008. Phosphate Mobilization by Citric, Tartaric, and Oxalic Acids in a Clay Loam Ultisol All rights reserved. *Soil Science Society of America Journal*, 72(5), pp. 1263-1268.

# Determinación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de la orina y el estiércol bovino en dos sistemas de pastoreo orientados a la producción de leche

J. E. Rivera Herrera<sup>1</sup>; C. H. Molina Durán<sup>1,2</sup>; J. J. Molina Echeverry<sup>1,2</sup>; E. J. Molina Durán<sup>1,2</sup>; J. Chará<sup>1</sup> y R. Barahona Rosales<sup>3</sup>

## Resumen

Uno de los gases de efecto invernadero (GEI) de mayor importancia en la ganadería bovina es el  $N_2O$  no solo por su potencial de calentamiento, sino también por el aumento de su concentración en la atmósfera. Los suelos agropecuarios, especialmente los destinados al pastoreo, son la mayor fuente de este gas, razón por la cual es importante conocer sus emisiones bajo condiciones específicas de producción y así establecer alternativas de mitigación eficaces. Con el objetivo de conocer las emisiones de  $CH_4$ ,  $N_2O$  y  $CO_2$  a partir de excreciones producidas por bovinos, se realizaron evaluaciones con la técnica de Cámara Cerrada Estática (CCE) en dos sistemas orientados a la producción de leche: un sistema silvopastoril intensivo (SSPi) y un sistema intensivo convencional (SIC). A partir de estiércol, el SSPi presentó mayores emisiones de  $CO_2$  y  $CH_4$  ( $p=0,003$ ), mientras que el SIC tuvo mayores emisiones de  $N_2O$ , con emisiones de 4663 frente a 1854  $\mu g\ m^2\ h^{-1}$  del SSPi ( $p=0,0168$ ). Para el caso de la orina, el SIC mostró mayores emisiones en 57, 98 y 86% para  $CO_2$ ,  $CH_4$  y  $N_2O$ , respectivamente, frente a las halladas en el SSPi. Los resultados encontrados en este estudio permiten concluir que bajo las condiciones colombianas, los factores de emisión sugeridos por el IPCC para estiércol y orina no tienen mucha aplicación, ya que estas emisiones pueden ser mayores a las reportadas por el IPCC.

**Palabras clave:** Cambio climático, leucaena, Óxido nítrico ( $N_2O$ ), ganadería sostenible, sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi).

## Determination of green house gases emissions from urine and cow dung in two grazing systems oriented to milk production

## Abstract

One of the greenhouse gases (GHG) of greater importance in cattle farms is  $N_2O$ , not only for its warming potential, but also by its ever increasing concentration in the atmosphere. Agricultural soils, especially those used for grazing, are the major source of this GHG. Thus, it is important to know their emissions under specific production conditions and establish effective mitigation strategies. In order to estimate the emissions of  $CH_4$ ,  $N_2O$  and  $CO_2$  from excretions produced by cattle, evaluations were performed using the Closed Static Chamber (CCE) technique in two dairy systems: an intensive silvopastoral system (ISS) and intensive conventional system (ICS). From manure, the ISS had greater  $CO_2$  and  $CH_4$  emissions ( $p = 0.003$ ), while the ITDS had higher  $N_2O$  emissions, emitting 4663 compared to 1854  $mg\ m^2\ h^{-1}$  in ISS ( $p = 0.0168$ ). In the case of urine, ITDS showed greater emissions for  $CO_2$ ,  $CH_4$  and  $N_2O$  (57, 98 and 86%, respectively). These findings support the conclusion that under these conditions, emission factors suggested by the IPCC for manure and urine do not have much application, since actual emissions may be higher than those reported by the IPCC.

**Keywords:** Climate change, intensive silvopastoral systems (ISPS), leucaena, nitrous oxide ( $N_2O$ ), sustainable cattleranching.

<sup>1</sup> Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV. Carrera 25 No 6-62 Cali, Colombia. jerivera@fun.cipav.org.co. <sup>2</sup> Reserva Natural El Hatico. <sup>3</sup> Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

## Introducción

Uno de los gases de efecto invernadero (GEI) con mayor preponderancia en el proceso productivo bovino, es el óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ) no solo por su potencial de calentamiento global que puede llegar a ser 298 veces mayor al de  $\text{CO}_2$  (Forster et al., 2007), sino también por su acumulación exponencial en la atmósfera durante los últimos años, alcanzando una tasa promedio de  $0,8 \text{ ppb año}^{-1}$  (Di y Cameron, 2006; Hristov et al., 2013).

El gas  $\text{N}_2\text{O}$  es generado en los suelos y sus fuentes de mayor importancia están asociadas a prácticas agrícolas (Flessa et al., 2002); se considera que entre 20 y 35% del total de  $\text{N}_2\text{O}$  emitido anualmente proviene directamente de los campos destinados a esta actividad. Dentro de los sistemas agropecuarios, las praderas son consideradas la mayor fuente de  $\text{N}_2\text{O}$ , debido a las excreciones de estiércol y orina por parte de los animales a través de los cuales se eliminan entre el 75 y el 90% del N consumido por los animales en pastoreo

(Luo et al., 2010). Se estima que entre el 30 y el 50% de las emisiones globales de  $\text{N}_2\text{O}$  de la agricultura provienen de los desechos de la producción animal. Esta actividad aporta unas emisiones aproximadas de 1,5 Tg de este gas a nivel global, de las cuales un 41% corresponden a orina y estiércol de animales en pastoreo (Oenema et al., 2005). Además, los suelos y las excretas animales también pueden ser emisores netos de metano, en cantidades que pueden llegar a ser considerables bajo ciertas condiciones (Hendriks et al., 2007). Con el objetivo de conocer las emisiones de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  provenientes de excretas animales en dos sistemas bovinos orientados a la producción de leche, y aportar información útil para disminuir la incertidumbre que se tiene alrededor de este tipo de emisiones, se realizaron evaluaciones tanto en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi) como en un sistema intensivo convencional (SIC) por medio de la técnica de cámara cerrada estática (CCE).

## Materiales y métodos

**Localización:** Las evaluaciones fueron llevadas a cabo en bosque seco tropical (Bs-T) (Holdridge, 1976), municipio de El Cerrito, departamento del Valle del Cauca (Colombia), a 1.000 m.s.n.m., con una precipitación promedio anual de 850 mm distribuida en forma bimodal (marzo a mayo y octubre a noviembre), una humedad relativa del 75% y una temperatura media de  $24^\circ\text{C}$ .

**Sistemas bajo estudio:** El sistema silvopastoril intensivo (SSPi) se localizó en La R. N. El Hatico, y es caracterizado por una alta densidad de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. cv Cunningham ( $> 8000$  arbustos  $\text{ha}^{-1}$ ), en asocio con *Cynodon plectostachyus* (K.Schum.) Pilg. y árboles dispersos en potrero. Este sistema fue manejado bajo pastoreo rotacional con un día ocupación y 43 días de descanso aproximadamente. Este SSPi era pastoreado por individuos de la raza criolla colombiana Lucerna, con 420 kg de peso vivo (PV), entre 2 y 5 partos y una producción media diaria de 14 l  $\text{animal}^{-1}$ . La capacidad de carga encontrada estuvo cercana a las 2,6 U.G.G (2,9 animales  $\text{ha}^{-1}$ ) y los individuos eran suplementados al momento del ordeño con salvado de arroz y germen de maíz a razón de 3,2 y 1 kg  $\text{animal día}^{-1}$ , respectivamente. El sistema intensivo convencional (SIC) estaba localizado en el predio El Trejito. Este sistema se caracterizó por praderas conformadas por la gramínea *C. plectostachyus* manejada en franjas diarias de aproximadamente 1500  $\text{m}^2$ , abiertas por medio de cercas eléctricas y fertilizadas después de cada pastoreo con urea, SAM, DAP y sulfato de potasio a razón de 50, 50, 10 y 15 kg  $\text{ha}^{-1}$ . En este sistema pastoreaban animales de las razas Pardo Suizo y Braunvieh, con pesos aproximados a los 520 kg, una producción promedio de 18 l  $\text{animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$  y que recibían suplementación al momento del ordeño con alimento concentrado comercial en pellet y harina, y cogollo de caña a razón de 6, 2 y 6 kg  $\text{animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$  respectivamente. La

capacidad de carga en el sistema estuvo alrededor de 8 U.G.G (7 animales  $\text{ha}^{-1}$ ).

**Flujo de gases:** Los flujos de gases a partir de estiércol y orina fueron medidos en ambos sistemas por la técnica de cámara cerrada estática (CCE; Rondón, 2000; Saggat, 2004). En los dos escenarios, se tomaron muestras de orina, por estimulación vulvar y se acidificaron con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.036 normal (2,0 ml por cada 20 ml de orina) (Valadares et al., 1999) y se conservaron bajo congelación a  $-20^\circ\text{C}$  hasta su análisis al igual que muestras de estiércol. Estas muestras se analizaron por su contenido de materia seca (MS, en estufa de aire forzado a  $105^\circ\text{C}$  hasta alcanzar peso constante, basado en ISO 6496) y nitrógeno (N, por el método de Kjeldahl, según NTC 4657). Para establecer las emisiones, en el caso del estiércol se analizaron 20 bostas en cada sistema a las que se les midió peso total (g), altura promedio (cm) y diámetro (cm), y para el caso de la orina fueron medidos 10 volúmenes (ml) en cada lugar con la ayuda de una probeta graduada.

En cada sistema se usaron ocho cámaras – cuatro para estiércol (puestas sobre bostas típicas construidas) y cuatro para orina donde fueron aplicadas micciones promedio. En cada uno de cinco momentos de análisis (0, 24, 288, 456 y 624 h), la toma de gas se llevó siguiendo las recomendaciones de Saggat (2004). Se tomaron muestras de gas de 20 ml a los 0, 10, 20 y 30 minutos después de cerrar cada cámara y fueron almacenadas en viales de vidrio para su traslado hacia el laboratorio (Rondón, 2000).

**Cuantificación de gases:** El contenido de  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  fue cuantificado en un cromatógrafo de gases Shimadzu® GC-14A con detectores FID y ECD y para determinar la concentración del  $\text{CO}_2$  se utilizó un analizador Modelo S151 con tecnología infrarroja. La operatividad y condiciones del cromatógrafo

fueron las existentes en el laboratorio de servicios ambientales del Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT localizado en la ciudad de Palmira, Valle del Cauca (Colombia).

Análisis de los gases: Se utilizaron las diferencias en concentraciones entre los tiempos de medición para calcular la tasa de flujo de cada cámara. Para esto, se revisó la relación de linealidad en las concentraciones de  $N_2O$ ,  $CH_4$  y  $CO_2$  de las cuatro muestras de cada cámara. Valores negativos representaron flujos netos desde la atmósfera al suelo y valores positivos indicaron una emisión neta del suelo hacia la atmósfera. Los flujos de  $N_2O$  y  $CH_4$  y las emisiones de  $CO_2$  fueron expresados en  $\mu g\ m^{-2}\ h^{-1}$  (Rondón, 2000; Kim y Kim, 2002 y Sagar et al., 2009), por medio de la ecuación:

$$J_{gas} = p_{gas} (V/A)(\Delta C/\Delta t)(273/(273+T))$$

Donde  $J_{gas}$  es el flujo del gas ( $\mu g\ m^{-2}\ h^{-1}$ ),  $p_{gas}$  es la densidad del gas ( $g\ m^3$ ),  $V$  es el volumen de la cámara ( $m^3$ ),  $A$  es el área cubierta de la cámara ( $m^2$ ),  $T$  es el promedio de temperatura en el interior de la cámara durante la toma de muestra con intervalos de 10 minutos ( $^{\circ}C$ ), y  $\Delta C/\Delta t$  es la tasa de cambio de la concentración del gas en el mismo intervalo de tiempo ( $\mu g\ L^{-1}\ h^{-1}$ ).

El flujo acumulado se calculó mediante una sumatoria en una planilla de Excel.

Análisis estadístico: El diseño usado correspondió a un modelo completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo, con cuatro repeticiones por tratamiento. Los datos fueron analizados usando el programa *Statistical Analysis System 9.1* (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2001) mediante un análisis de varianza (PROC GLM).

## Resultados y discusión

En el SSPi, las bostas típicas encontradas tuvieron un peso promedio de 1649 g con un rango entre 1304 y 2206 g, un diámetro de 37,65 cm y una altura de 3,6 cm y contenían 4,95 g de N. En cuanto a la orina, el volumen promedio por micción fue de 2043 ml que fluctuó entre 1760 y 2580 ml (12,28 g de N micción<sup>-1</sup>). En el SIC, las bostas tuvieron un peso de 1980 g (6,62 g de N) con un rango entre 1505 a 2586 g, un diámetro de 39 cm y una altura de 3,7 cm. Finalmente para la orina, en este sistema se observó un promedio de 2415 ml con un rango entre 1870 a 2800 ml micción<sup>-1</sup> y un contenido de 14,49 g de N.

Al comparar las emisiones a partir de estiércol y orina en SIC, solo para  $N_2O$  hubo diferencias ( $p = 0,0001$ ) al presentarse emisiones netas de 15399 y 4663  $\mu g\ m^2\ h^{-1}$  para orina y estiércol, respectivamente. Las emisiones de  $CO_2$  fueron 1130 y 980  $mg\ m^2\ h^{-1}$  para estiércol y orina y las de  $CH_4$  fueron 6572 y 8930  $\mu g\ m^2\ h^{-1}$ , respectivamente ( $p = 0,1782$ ). En orina la emisión de  $CO_2$  fue alta al inicio disminuyendo con el tiempo y estabilizándose a las 288 horas, contrario a lo encontrado en estiércol, que tuvo emisiones iniciales relativamente bajas (736  $mg\ m^2\ h^{-1}$ ) y alcanzó los mayores flujos a las 288 (1551  $mg\ m^2\ h^{-1}$ ), con una disminución progresiva durante las siguientes horas hasta igualar las emisiones de la orina al finalizar el tiempo de evaluación (624 h).

La emisión de metano tuvo un comportamiento similar al del  $CO_2$ , con la orina iniciando con altas emisiones hasta las 24 horas. El estiércol inició con emisiones negativas (-818  $\mu g\ m^2\ h^{-1}$ ), teniendo a las 24 horas menores emisiones que la orina. El estiércol tuvo su máxima emisión durante el periodo

de evaluación (29389  $\mu g\ m^2\ h^{-1}$ ). Finalmente, las emisiones máximas de óxido nitroso ocurrieron a horarios avanzados (456 h) para ambas excreciones y fueron más elevadas para la orina con un rango entre 100 y 41000  $\mu g\ m^2\ h^{-1}$ .

En el SSPi, las emisiones de estiércol y orina presentaron diferencias en  $CO_2$  y  $CH_4$  ( $p < 0,0001$ ), contrario a lo observado para el  $N_2O$ , que no presentó dicha diferencia entre los dos tipos de excreciones ( $p = 0,5435$ ). En promedio para el  $CO_2$ , el estiércol tuvo emisiones de 1332  $\mu g\ m^2\ h^{-1}$  frente a 479 de la orina, y el metano tuvo emisiones de 17495 vs 183  $\mu g\ m^2\ h^{-1}$  para cada una de las excreciones respectivamente.

En cuanto a  $CO_2$ , la orina tuvo un comportamiento muy estable, iniciando con emisiones máximas de 923  $\mu g\ m^2\ h^{-1}$  aproximadamente hasta las 24 h, disminuyendo progresivamente hasta las 288 h, donde alcanzó sus niveles más bajos. Este comportamiento fue totalmente contrario al observado con estiércol el cual inició con niveles bajos de emisiones y alcanzó su pico máximo a las 288 h sobrepasando los 3000  $\mu g\ m^2\ h^{-1}$ . Esto puede deberse a la inmovilización temporal de C durante la descomposición del estiércol, que también puede condicionar las emisiones de  $N_2O$  (van Groenigen et al., 2005). Para el caso de  $CH_4$ , las emisiones en el SSPi también fueron diferentes a las del SIC. El estiércol alcanzó su máxima emisión a horarios tempranos y la emisión a partir de orina fue muy estable, sin una explicación clara para este comportamiento, ya que normalmente existen picos en las emisiones para orina (Yamulki et al., 1998).

Finalmente para el  $N_2O$ , el estiércol del SSPi tuvo un comportamiento muy similar al descrito en el SIC alcanzando un pico

Tabla 1 Porcentaje de pérdidas de N vía  $N_2O$  en ambos sistemas para estiércol y orina

	Estiércol	Orina
SIC	1,08%	5,68%
SSPi	0,55%	0,84%

SIC: Sistema intensivo convencional; SSPi: Sistema silvopastoril intensivo.

de emisión más pronunciado ( $5000 \mu\text{g m}^2 \text{h}^{-1}$ ). Comparando estiércol y orina, las emisiones fueron más tardías en estiércol, dada la menor volatilización de componentes a partir de heces. Esto puede obedecer al alto contenido de materia seca del estiércol que limita el potencial de su N para infiltrarse en el suelo y restringe su interacción con la comunidad microbiana del suelo. La lluvia y el riego son factores clave para el transporte de estiércol fresco en el suelo. Sin embargo, en condiciones de sequía, el estiércol se seca y forma una costra, reduciendo la difusión del gas en el aire (Yamulki et al., 1998). En el estudio actual, se observaron costras luego de varias semanas de la deposición en ambos sitios. Esto puede favorecer una variabilidad muy grande en las emisiones provenientes de estiércol. Para el caso del SSPi existe una intensa actividad de la macrofauna del suelo que contribuye a la aireación, movilización e incorporación del estiércol al suelo que pueden influir notablemente en el nivel de emisiones.

De acuerdo al contenido promedio de N por excreta y las emisiones determinadas de  $\text{N}_2\text{O}$ , se logró estimar la pérdida de N por óxido nitroso durante los 26 días de evaluación. Las pérdidas en los dos sistemas durante este periodo se muestran en la Tabla 1. El SIC tuvo mayores pérdidas tanto en estiércol como en orina, probablemente por el mayor contenido de N y a la humedad presente por el riego aplicado allí.

Las emisiones acá son algo diferentes a las sugeridas por el IPCC, que sugiere un factor de emisión para  $\text{N}_2\text{O}$  por excrementos animales (estiércol y orina) en praderas del 2% del N depositado (IPCC, 2001). De igual forma algunos trabajos sugieren que se debe desagregar la emisión por tipo de excretas

(estiércol y orina) para caracterizar de mejor forma las emisiones. Dichos estudios sugieren que la proporción de N perdido como  $\text{N}_2\text{O}$  se encuentra entre el 0,1 a 4% del N en la orina y de 0,1 a 0,7% del N en el estiércol (Oenema et al., 1997; van Groenigen et al., 2005). Las emisiones encontradas en este trabajo son superiores a las de estos reportes, lo que reafirma la importancia de evaluar en escenarios particulares para determinar las emisiones reales y disminuir la incertidumbre.

Finalmente, comparando las dos excreciones entre sistemas, hubo diferencias en las emisiones tanto de estiércol como de orina en los tres gases evaluados. En estiércol, el SSPi presentó mayores emisiones de  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$  ( $p=0,003$ ), mientras que el SIC presentó mayores emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  al generar 4663 frente a  $1854 \mu\text{g m}^2 \text{h}^{-1}$  en el SSPi ( $p=0,0168$ ). En la Tabla 2 se presentan los valores encontrados para los dos escenarios. Como en el caso del estiércol, las emisiones a partir de orina tuvieron diferencias entre sistemas. En este caso, el SIC tuvo emisiones que fueron 2,4; 48,8 y 6,9 veces más altas que el SSPi para  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ , respectivamente (Tabla 2). Las emisiones de metano en estiércol dependen de la composición de la suspensión y su volumen, al igual que de la temperatura y tiempo de almacenamiento o estadia en campo. Cuanto mayor sea el contenido de los ácidos grasos volátiles y otros compuestos orgánicos degradables, y mayor sea la temperatura y el tiempo de almacenamiento, mayores serán las emisiones de  $\text{CH}_4$  (Oenema et al., 2007). A su vez, condiciones ambientales como humedad del suelo y precipitación pueden influir de manera indirecta sobre los flujos parciales de metano (Ciarlo, 2009).

Tabla 2 Emisiones ( $\mu\text{g m}^2 \text{h}^{-1}$ ) de estiércol y orina para ambos sistemas de producción

	Estiércol			Orina		
	SIC	SSPi	p- value	SIC	SSPi	p- value
$\text{CO}_2$	980457	1332591	0,0031	1130060	479881	<0,0001
$\text{CH}_4$	6572	17495	0,0003	8930	183	<0,0001
$\text{N}_2\text{O}$	4663	1854	0,0168	15399	2236	<0,0001

SIC: Sistema intensivo convencional; SSPi: Sistema silvopastoril intensivo

## Conclusiones

Se concluye que bajo nuestras condiciones los factores de emisión del IPCC para emisiones de estiércol y orina no tendrían mucha aplicación, ya que las emisiones a partir de estas excreciones pueden ser mayores. Además comparando ambas excreciones entre sistemas, se determinó que un SSPi con *L. leucocephala* puede emitir menores cargas de GEI que un

SIC, especialmente en lo referente a  $\text{N}_2\text{O}$  en estiércol, al representar solo el 40% de lo emitido en el SIC, además, con relación a las emisiones por orina el SSPi solo emitió el 42, 2 y 14% de lo emitido por el SIC para  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  respectivamente. Esto contrasta con la afirmación común de que los sistemas con leguminosas generan más emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$ .

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al convenio: “Análisis de sistemas productivos en Colombia para la adaptación al cambio climático”, liderado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR), y al proyecto: “Uso de nitrógeno por ganado bovino criollo colombiano bajo sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en condiciones de bosque seco tropical”, financiado por COLCIENCIAS a CIPAV. Además, los autores dan sus agradecimientos a los predios Reserva Natural El Hatito y El Trejito por haber permitido llevar a cabo los trabajos de campo en sus instalaciones.

## Bibliografía

- Ciarlo, E., 2009. Tesis Doctoral: Controles biológicos y no biológicos de las emisiones de gases nitrogenados ( $N_2O$  y  $N_2$ ) en suelos agrícolas y ganaderos. Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires, Argentina. pp 129.
- Di, H.J., Cameron, K.C., 2006. Nitrous oxide emissions from two dairy pasture soils as affected by different rates of a fine particle suspension nitrification inhibitor, dicyandiamide (DCD). *Biol. Fertil. Soils*, 42, 472-480.
- Flessa H., Ruser R., Dörsch P., Kamp T., Jimenez M.A., Munch J.C., Beese F., 2002. Integrated evaluation of greenhouse gas emissions ( $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ ) from two farming systems in southern Germany. *Agr., Ec. & Env*, 91, 175-189.
- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Bernsten, T., Betts, R., Fahey, D.W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D.C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Mand, S., Van Dorland, R., 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge. pp 1- 144 Disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf>
- Hendriks, D.M.D., van Huissteden, J., Dolman, A.J., van der Molen, M.K., 2007. The full greenhouse gas balance of an abandoned peat meadow. *Biogeosciences*, 4, 411-424.
- Holdridge, L.R., 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Centre, San Jose, California, USA. pp 149.
- Hristov, A.N., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., Firkins, J., Rotz, A., Dell, C., Adesogan, A., Yang, W., Tricarico, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Dijkstra, J., Oosting, S., 2013. Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production – A review of technical options for non- $CO_2$  emissions. In: Pierre J. Gerber, Benjamin Henderson and Harinder P.S. Makkar (eds). *FAO Animal Production and Health Paper No. 177*. FAO, Rome, Italy. pp 226.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPPC), 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. En J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. Van der Linden, X. Dai, C. A. Jonson (Edits.). United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/>
- International Organization for Standardization (ISO), 1999. *Animal feeding stuffs. Determination of moisture and other volatile matter content*. ISO 6496. Geneva, Switzerland
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 1999. NTC 4657. *Alimento para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl*. Bogotá, Colombia.
- Kim D. S., Kim J. C., 2002. Soil nitric and nitrous oxide emissions from agricultural and tidal flat fields in southwestern Korea. *J. Environ. Eng. Sci.* 1, 359 – 369.
- Luo, J., C.A.M. de Klein, S.F. Ledgard, S. Saggar., 2010. Management options to reduce nitrous oxide emissions from intensively grazed pastures: a review. *Agriculture Ecosystems & Environment* 136, 282-2.
- Oenema, O., Velthof, G.L., Yamulki, S., Jarvis, S.C., 1997. Nitrous oxide emissions from grazed grassland. *Soil Use Manage.* 13, 288-295.
- Oenema, O., Wrage, N., Velthof, G.L., van Groenigen, J.W., Dolfing, J., Kuikman, P.J., 2005. Trends in global nitrous oxide emissions from animal production systems. *Nutr. Cycl. Agroecosyst*, 72, 51-65.
- Oenema, O., Oudendag, D., Velthof G. L., 2007. Nutrient losses from manure management in the European Union. *Livestock Science* , 112, 261-272.
- Rondón M., Fernandes E., Wandelli E., Da Silva R., 2001. Tesis Doctoral: Fluxes of methane from soils in the Central Amazon: The role of agroforestry systems. Department of Crop and Soil Sciences. Cornell University. Ithaca, USA. pp 230.
- Saggar, S., Andrew, R. M., Tate, K. R., Hedley, C. B., Rodda, N. J., Townsend, J. A., 2004. Modelling nitrous oxide emissions from dairy grazed pastures. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 68, 243-255.
- Statistical Analysis System (SAS), 2001. SAS institute Inc., SAS/STAT; Software Versión 9.1 Cary, NC, USA
- Valadares, R. F. D., Broderick, G. A., Valadares, S. C., Clayton, M. K., 1999. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. *Journal of Dairy Science*, 82, 2686 - 2696.
- Van Groenigen, J.W., Kuikman, P.J., de Groot, W.J.M., Velthof, G.L. 2005. Nitrous oxide emissions from urine-treated soil as influenced by urine composition and soil physical conditions. *Soil Biol. Biochem.* 37, 463-473
- Yamulki, S., Jarvis, S.C., Owen, P. 1998. Nitrous oxide emissions from excreta applied in a simulated grazing pattern. *Soil Biol. Biochem.* 30, 491-500.

## Flujos de gases de efecto invernadero (GEI) en praderas de dos sistemas para la producción de leche bovina y un bosque secundario bajo condiciones de Bs-T

J. E. Rivera Herrera<sup>1</sup>; C. H. Molina Durán<sup>1,2</sup>; J. J. Molina Echeverry<sup>1,2</sup>; E. J. Molina Durán<sup>1,2</sup>; J. Chará<sup>1</sup>, M. Romero<sup>3</sup> y R. Barahona Rosales<sup>4</sup>

### Resumen

Para estimar los flujos de gases de efecto invernadero ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{CO}_2$ ) en praderas de fincas lecheras, se realizaron evaluaciones mediante la técnica de cámara cerrada estática (CCE) en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), un sistema convencional intensivo (SCI) y un bosque secundario. Al comparar las emisiones de los tres gases, estas fueron diferentes entre el SCI y el bosque en ( $p < 0,0001$ ), pero entre el SSPi y el bosque solo hubo diferencias en las emisiones de  $\text{CO}_2$  ( $p < 0,0001$ ), que fueron superiores en el bosque. Los flujos de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  presentaron valores de 254293, 178673 y 78908; 320,8, 5,2 y -23,3, y 537,21, 59,06 y 52,80  $\mu\text{g m}^2 \text{h}^{-1}$  para el SCI, SSPi y bosque, respectivamente.

Se concluye que los SSPi pueden tener menores emisiones de GEI en sus praderas que sistemas intensivos de lechería, a pesar de tener capacidades de carga por encima de 2,5 UGG y ofrecer densidades altas de leguminosas, llegando al punto de tener niveles de emisiones en suelo muy semejantes a las de un bosque secundario.

**Palabras clave:** Bovinos en pastoreo, calentamiento global, fertilización, leucaena, sistema silvopastoril intensivo (SSPi), uso del suelo.

## Fluxes of greenhouse gases (GHGs) from the grasslands in two systems for milk production and secondary forest

### Abstract

To estimate fluxes of greenhouse gases ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$ ) from pastures for dairy production, evaluations were performed by static closed chamber technique (CCE) in an intensive silvopastoral system (ISS), an intensive conventional system (ICS) and a secondary growth forest.

The emissions of the three gases, differed between the ICS and the forest ( $p < 0.0001$ ), but between the ISS and the forest there were differences only for  $\text{CO}_2$  emissions ( $P < 0.0001$ ), that were greater in the forest. The flow of  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  and  $\text{N}_2\text{O}$  were 254293, 178673 and 78908; 320.8, 5.2 and -23.3, and 537.21, 59.06 and 52.80  $\mu\text{g m}^2 \text{h}^{-1}$  for ICS, ISS and forest, respectively.

We conclude that the ISS may have lower GHG emissions from their pastures than ICS, despite having carrying capacities above 2.5 UGG and offering high legume densities, to the point of having soil emission levels very similar to those of a secondary forest.

**Keywords:** Cattle grazing, fertilization, global warming, intensive silvopastoral system (ISPS), land Use, leucaena.

<sup>1</sup> Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV. Carrera 25 No 6-62 Cali, Colombia. jerivera@fun.cipav.org.co. <sup>2</sup> Reserva Natural El Hatico. <sup>3</sup> Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. <sup>4</sup> Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

## Introducción

Dentro de los suelos dedicados a actividades agropecuarias, los pastizales son considerados la mayor fuente de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), en especial, los utilizados para el pastoreo animal debido a los aportes de estiércol y orina. Se estima que a través de la orina y el estiércol se excreta entre el 75 y el 90% del N consumido por la ganadería en pastoreo (Luo *et al.*, 2010).

La producción tanto de  $\text{N}_2\text{O}$  como de metano ( $\text{CH}_4$ ) puede estar influenciada por múltiples factores tales como la humedad y temperatura del suelo, reserva de  $\text{O}_2$  y cantidad de fertilizante o N en el suelo, así como de la composición de las excretas, el clima, vegetación, propiedades químicas y condiciones físicas del suelo (densidad aparente, C orgánico, pH y contenido en arcilla), además de las prácticas de manejo agrícola (Uchida *et al.*, 2010). Debido a esto, las

emisiones pueden variar considerablemente de un sistema a otro y de una región a otra, aspecto que ha generado la necesidad de llevar a cabo determinaciones en diferentes sistemas para conocer el verdadero potencial de emisión o mitigación de GEI en condiciones específicas.

Con el objetivo de conocer las emisiones de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  provenientes de praderas en dos sistemas bovinos orientados a la producción de leche en condiciones de bosque seco tropical (bs – T) y en un bosque secundario, se llevaron a cabo algunas evaluaciones tanto en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi) como en un Sistema convencional por medio de la técnica de cámaras cerradas estáticas (CCE). Se espera con este trabajo aportar información orientada a disminuir la incertidumbre que se tiene alrededor de este tipo de emisiones en sistemas productivos tropicales.

## Materiales y métodos

**Localización:** Las evaluaciones fueron llevadas a cabo en el municipio de El Cerrito, departamento de Valle del Cauca (Colombia). Los flujos de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de praderas fueron realizadas en tres sistemas, dos escenarios bajo pastoreo por ganado bovino orientados a la producción de leche y en un bosque secundario como escenario de referencia.

El Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi) evaluado se localizó en La Reserva Natural El Hatico, y es caracterizado por una alta densidad de *L. leucocephala* Lam. cv. cunningham (> 8000 arbustos  $\text{ha}^{-1}$ ), asociada a *Cynodon plectostachyus* (K.Schum.) Pilg. y árboles dispersos en potrero. El sistema se encontraba manejado bajo un pastoreo rotacional en franjas de aproximadamente 2000  $\text{m}^2$  que diariamente eran ofrecidas gracias al uso de una cerca móvil eléctrica logrando con esto un tiempo de rotación de 43 días aproximadamente y tiempos de ocupación de un día (Murgueitio *et al.*, 2011). El SSPi era pastoreado por individuos de la raza criolla colombiana Lucerna, con pesos promedio de 410 kg de peso vivo (PV) y una producción media diaria de 14 l  $\text{animal}^{-1}$ . La capacidad de carga encontrada estuvo cercana a las 2,6 U.G.G (2,9 animales  $\text{ha}^{-1}$ ) y los individuos eran suplementados al momento del ordeño con salvado de arroz y germen de maíz a razón de 3,2 y 1 kg  $\text{animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$  respectivamente.

El sistema convencional intensivo (SCI) trabajado se encontró localizado en el predio El Trejito y contaba por praderas conformadas por la especie *C. plectostachyus*, manejada en franjas diarias de aproximadamente 1500  $\text{m}^2$  por medio del uso de cercas eléctricas, fertilizadas después de cada pastoreo con UREA, Sulfato de Amonio, DAP y Sulfato de Potasio a razón de 50, 50, 10 y 15 kg  $\text{ha}^{-1}$  y regadas después de cada ocupación (8 mm cada 30 días). En este sistema pastoreaban animales de las razas Pardo Suizo y Braunvieh, con pesos aproximados de 520 kg, una producción promedio de 18 l  $\text{animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$  y una suplementación al momento del

ordeño de alimento concentrado comercial en pellet y harina, y de cogollo de caña a razón de 6, 2 y 6 kg  $\text{animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$  respectivamente. La capacidad de carga fue alrededor de 8 U.G.G (7 animales  $\text{ha}^{-1}$ ).

En cuanto al bosque evaluado, este contaba con un área de 14 ha y tenía una edad aproximada de 25 años. Su dosel, con una altura entre 25 y 35 metros, se encontraba dominado por especies como caracolí (*Anacardium excelsum*), higuierón (*Ficus isipida*) y palma real de Cuba (*Roystonea regia*). Otros árboles presentes en el sistema eran la ceiba (*Ceiba pentandra*), jigua negro o laurel amarillo (*Nectandra sp.*), laurel rosado (*Phoebe sp.*), cedrillo o bilibil (*Guarea trichiloides*), capote (*Machaerium capote*), iguá (*Pseudosamanea guachapele*), dinde (*Chlorophora tintoria*), tachuelo (*Fagara sp.*) mestizo (*Cupania sp.*), zurumbo (*Trema micrantha*) y chiminango (*Pithecellobium dulce*) en los bordes del fragmento.

**Flujo de gases en praderas:** Para la estimación de los flujos de gases en los tres escenarios fue usada la técnica de Cámara Cerrada Estática (CCE) (Rondón, 2000, Sagggar, 2004). En los escenarios pastoreados por bovinos así como para el bosque secundario, se distribuyeron aleatoriamente cuatro cámaras ( $\varnothing$  250 mm y 300 mm de altura) por sistema en un área de 1000  $\text{m}^2$  (12 unidades en total), durante un periodo de rotación y utilizando cinco momentos de evaluación, es decir, a los días -1, 1, 12, 19 y 28 del pastoreo.

En cada uno de los momentos la toma de muestras de gases se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones de Sagggar (2004). Se tomaron muestras de 20 ml de aire a los 0, 10, 20 y 30 minutos después de cerrar cada cámara (se necesitan al menos tres momentos) y se almacenaron en viales de vidrio para su traslado hacia el laboratorio (Rondón, 2000).

**Cuantificación de los gases en laboratorio:** Las muestras de los gases  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  fueron analizadas en un cromatógrafo de gases Shimadzu® GC-14A y para determinar  $\text{CO}_2$  se utilizó un analizador de  $\text{CO}_2$  Modelo S151 con tecnología



infrarroja; La operatividad y condiciones del cromatógrafo fueron las existentes en el laboratorio de servicios ambientales CIAT localizado en la ciudad de Palmira, Valle del Cauca.

Análisis de los gases: Se utilizaron las diferencias en concentraciones entre los tiempos de medición para calcular la tasa de flujo de cada cámara. Para tal fin, se revisó la relación de linealidad en las concentraciones de  $N_2O$ ,  $CH_4$  y  $CO_2$  de las cuatro muestras de cada cámara, requeridas para validar el flujo. Valores negativos representaron flujos netos desde la atmósfera al suelo y valores positivos indicaron una emisión neta del suelo hacia la atmósfera. Los flujos de  $N_2O$  y  $CH_4$  fueron reportados en  $\mu g\ m^{-2}\ h^{-1}$  y las emisiones de  $CO_2$  fueron expresadas en  $mg\ m^{-2}\ h^{-1}$  (Rondón, 2000; Kim y Kim, 2002 y Saggart *et al.*, 2009). Para esta estimación fue usada la ecuación:

$$J_{gas} = p_{gas} (V/A)(\Delta C/\Delta t)(273/(273+T))$$

Donde  $J_{gas}$  es el flujo del gas ( $\mu g\ m^{-2}\ h^{-1}$ ),  $p_{gas}$  es la densidad del gas ( $g\ m^{-3}$ ),  $V$  es el volumen de la cámara ( $m^3$ ),  $A$  es el área cubierta de la cámara ( $m^2$ ),  $T$  es el promedio de temperatura en el interior de la cámara durante la toma

de muestra con intervalos de 10 minutos ( $^{\circ}C$ ), y  $\Delta C/\Delta t$  es la tasa de cambio de la concentración del gas en el mismo intervalo de tiempo ( $\mu g\ L^{-1}\ h^{-1}$ ).

Temperatura y humedad del suelo: En cada medición se tomó la temperatura y humedad del suelo en cada una de las cámaras instaladas.

Análisis de suelos: Se realizó una caracterización de suelos para explicar de mejor forma los resultados obtenidos. Las mediciones de pH (pH metro SCHOTT GERATE CG 840), materia orgánica (Walkley & Black; volumetría), N total (Kjeldhal; volumetría), N amoniacal ( $N-NH_4$ ; cloruro de potasio 1M, colorimetría), nitratos ( $N-NO_3$ ; sulfato de aluminio 0.025 f; potenciometría) y porosidad (picnómetro), se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín y en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Análisis estadístico: Se siguió un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo, con cuatro repeticiones por tratamiento. Los datos fueron analizados usando el paquete estadístico *Statistical Analysis System 9.1* (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2001) mediante un análisis de varianza (PROC GLM) para determinar diferencias entre los sistemas.

## Resultados y discusión

Las características químicas y físicas de los suelos de ambos sistemas bovinos y del bosque evaluado se muestran en las Tablas 1 y 2.

En lo referente a características químicas, hubo algunas particularidades para cada sistema de pastoreo, a pesar de encontrarse en la misma zona. Las diferencias encontradas se deben probablemente a diferencias por micrositio y al ma-

nejo particular bajo el cual se encuentra cada uno, ya que dos sistemas son pastoreados por animales, hay diferenciación de fertilización y para el caso del CSI recibe riego periódicamente.

En lo referente al pH, el suelo de SCI mostró valores de pH un poco más ácidos que los otros dos sistemas, tuvo mayor cantidad de MO, Mg, S y N, y presentó valores muy supe-

Tabla 1. Características químicas de los suelos en los tres sistemas evaluados en el Valle del Cauca, Colombia.

Sistema Cámara	SCI				SSPi				Bosque
	1	2	3	4	1	2	3	4	General
<b>pH</b>	6,67	6,73	6,64	6,66	7,07	7,23	7,12	7,17	7,50
<b>MO, g kg<sup>-1</sup></b>	62,5	53,4	48,9	53,5	39,8	42,8	25,4	34,5	48,9
<b>P, mg kg<sup>-1</sup></b>	71,0	80,1	82,1	84,8	73,5	141,4	158,8	154,6	120,5
<b>K, cmol kg<sup>-1</sup></b>	1,02	0,98	1,12	1,22	1,19	2,24	0,46	1,11	1,08
<b>Ca, cmol kg<sup>-1</sup></b>	13,1	12,9	10,1	11,1	8,80	10,2	9,20	9,40	11,7
<b>Mg, cmol kg<sup>-1</sup></b>	8,07	7,26	5,27	6,55	3,53	3,97	3,15	3,36	4,10
<b>Na, cmol kg<sup>-1</sup></b>	0,40	0,21	0,11	0,21	0,06	0,07	0,23	0,14	0,18
<b>S, mg kg<sup>-1</sup></b>	74,1	63,3	60,0	52,0	31,5	30,6	35,5	49,0	-
<b>CIC, cmol kg<sup>-1</sup></b>	23,0	10,98	17,3	19,5	14,1	17,0	13,9	14,2	19,9
<b>N, %</b>	0,26	0,23	0,21	0,24	0,18	0,19	0,14	0,17	0,12
<b>N-NH<sup>4</sup>, mg kg<sup>-1</sup></b>	3,97	0,53	2,54	1,51	2,33	2,99	2,31	2,15	11,0
<b>N-NO<sub>3</sub>, mg kg<sup>-1</sup></b>	32,8	30,7	24,1	72,4	3,71	4,85	3,28	2,83	24,0

pH: Concentración de iones de hidronios; MO: Materia orgánica; P: Fósforo; K: Potasio; Mg: Magnesio; Na: Sodio; S: Azufre; CIC: Capacidad de intercambio catiónico; N: Nitrógeno; N-NH<sup>4</sup>: Nitrógeno amoniacal; N-NO<sub>3</sub>: Nitratos. SCI: Sistema convencional intensivo; SSPi: Sistema silvopastoril intensivo.

## Area 3: Sistemas silvopastoriles y agroforestales: aspectos ambientales y mitigación al cambio climático

Tabla 2 Características físicas de los suelos en cada uno de los sistemas evaluados

Sistema Cámara	SCI				SSPi				Bosque
	1	2	3	4	1	2	3	4	General
<b>Arcilla, %</b>	26,20	23,17	20,91	23,59	18,37	17,50	17,30	19,30	14,00
<b>Arena, %</b>	16,5	20,7	34,9	29,4	37,5	37,2	27,5	35,1	62,0
<b>Limo, %</b>	57,3	56,2	44,2	47,0	44,2	45,3	55,2	45,6	24,0
<b>DA, g cc<sup>-1</sup></b>	1,29	1,32	1,34	1,10	1,24	1,57	1,31	1,35	1,32
<b>DR, g cc<sup>-1</sup></b>	2,51	2,52	2,61	2,49	2,56	2,55	2,69	2,61	2,72
<b>Porosidad total, %</b>	48,7	47,7	48,7	55,9	51,7	38,3	51,2	48,1	51,5
<b>Macroporos, %</b>	12,5	12,9	13,9	15,7	20,0	11,0	16,1	16,6	-
Mesoporos, %	9,58	10,2	11,7	8,70	8,78	6,02	8,51	8,97	-
<b>Microporos, %</b>	32,4	31,3	29,5	27,2	24,0	34,2	28,4	29,7	-

DA. Densidad aparente; DR: Densidad real. SILT: Sistema intensivo de lecharía tropical; SSPi: Sistema silvopastoril intensivo.

riores de N-NH<sup>4</sup> y N-NO<sup>3</sup>, factores que facilitan las emisiones particularmente de N<sub>2</sub>O al favorecer condiciones para las reacciones nitrificación y desnitrificación (Kersebaum, 2007; de Klein y Eckard, 2008). Según lo mostrado en la Tabla 1, la producción de N<sub>2</sub>O en el sistema intensivo tradicional está regida por el proceso de desnitrificación, dada la elevada concentración de N-NO<sup>3</sup>, como lo sugieren Zaman et al. (2007). Cabe destacar que en sistemas ganaderos, este proceso se da más bajo estas condiciones (de Klein y Eckard, 2008).

En lo referente a las características físicas (Tabla 2) el SCI presentó contenidos ligeramente superiores de arcilla y menores de arena que los otros dos sistemas. Sin embargo, para estos suelos probablemente no se presentan problemas de mal drenaje y baja difusión del O<sub>2</sub>, aspectos que no deben favorecer en gran medida emisiones especialmente de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> (Oenema et al., 2005; Luo et al., 2010).

Al comparar las emisiones de los tres gases, estas fueron diferentes entre el SCI y el bosque en (p<0,0001), pero entre el SSPi y el bosque solo hubo diferencias en las emisiones de CO<sub>2</sub> (p<0,0001), siendo estas superiores en el bosque. En la Tabla 3 se muestran las emisiones promedio observadas en cada uno de los sistemas durante el periodo de evaluación. Como se muestra en la Tabla 3, las emisiones del SSPi no distan mucho de las del bosque, lo cual sugiere un adecuado manejo del suelo en SSPi al no favorecer altas cantidades de

GEI provenientes de suelos, especialmente de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, que tienen un alto potencial de calentamiento global.

En todos los contrastes existió interacción entre los tratamientos y el tiempo de evaluación, evidenciando cambios en las emisiones de GEI a través de los momentos de medición. Los flujos encontrados en praderas estuvieron cercanos a los reportados por Hide et al. (2006); Muñoz, et al. (2011) y Pastrana et al. (2011), quienes reportaron flujos de CH<sub>4</sub> entre -10 a 280 µg m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> y entre 120 a 680 µg m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> para N<sub>2</sub>O.

Se ha reportado que durante la época de lluvias se incrementan las emisiones lo que puede obedecer a un aumento de las condiciones anaerobias por saturación de agua en el suelo. Cuando la humedad es escasa, por una disminución de las lluvias, se generan procesos oxidativos en los que actúan bacterias aeróbicas que disminuyen las emisiones de metano, llegando a niveles donde el suelo puede actuar como sumidero de metano (Visscher et al., 2007). Los flujos de CH<sub>4</sub> pueden ser también influenciados por la especie de pasto. Pastrana et al. (2011) al evaluar tres accesiones de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickhardt bajo tres niveles de fertilización, encontraron diferencias (p<0,05) entre accesiones en cuanto a emisiones de metano.

En suelos bajo inundación, aproximadamente el 80% de este gas es consumido por bacterias metanótrofas que habitan en la interface suelo-agua y la rizósfera de las plantas (Gilbert y Frenzel, 1995). El oxígeno llega a estos microambientes

Tabla 3 Emisiones (µg m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>) del suelo en los tres sistemas bajo estudio

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>SCI</b>	254293 <sup>a</sup>	320,8 <sup>a</sup>	537,21 <sup>a</sup>
<b>SSPi</b>	178673 <sup>b</sup>	5,2 <sup>b</sup>	59,06 <sup>b</sup>
<b>Bosque</b>	78908 <sup>c</sup>	-23,3 <sup>b</sup>	52,80 <sup>b</sup>
<b>p- Value</b>	<0,0001	0,0123	<0,0001
<b>ECM</b>	929394,4	150098,7	70891,52

<sup>a,b,c</sup> Medias en una columna dentro de una misma fuente de emisión con diferente letra son estadísticamente diferentes. SCI: Sistema convencional intensivo; SSPi: Sistema silvopastoril intensivo; ECM: Error cuadrado medio.

por difusión a través de la columna de agua o directamente desde las raíces de la planta, a la vez que el  $\text{CH}_4$  llega por difusión desde las zonas anaerobias circundantes en las cuales puede desarrollarse la metanogénesis.

La producción de  $\text{N}_2\text{O}$  en suelos agrícolas es básicamente producto intermedio de actividades microbianas en procesos como la nitrificación y la desnitrificación (Singurindy et

al., 2009). Estudios de campo indican que generalmente altas emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  se encuentran ligados al proceso de desnitrificación, que sería la principal fuente de  $\text{N}_2\text{O}$  bajo escenarios de producción ganadera intensiva. Sin embargo, la nitrificación es también importante al ser responsable de convertir el N de la orina, urea o fertilizantes basados en  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{N}_2\text{O}$  (de Klein y Eckard, 2008).

## Conclusiones

En las praderas de los SSPi hay menores emisiones de GEI que en las de los sistemas intensivos de lechería, a pesar de tener capacidades de carga por encima de 2,5 UGG y ofrecer densidades altas de leguminosas, llegando al punto de tener niveles de emisiones en suelo muy semejantes a las de un bosque. Por el contra-

rio, los suelos bajo ganadería convencional pueden ser una fuente muy importante de GEI, la cual muchas veces no es tomada en cuenta, pudiendo llegar a emitir hasta 1,52 kg de  $\text{CO}_2$   $\text{m}^2$   $\text{año}^{-1}$ , 1573 mg de  $\text{CH}_4$   $\text{m}^2$   $\text{año}^{-1}$  y 4563 mg de  $\text{N}_2\text{O}$   $\text{m}^2$   $\text{año}^{-1}$ , valores que en muchas ocasiones no son tenidos en cuenta.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al convenio: “*Análisis de sistemas productivos en Colombia para la adaptación al cambio climático*”, liderado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR), y al proyecto: “*Uso de nitrógeno por ganado bovino criollo colombiano bajo sistemas silvopastoriles intensivos con Leucaena leucocephala en condiciones de bosque seco tropical*”, financiado por COLCIENCIAS. Además, los autores dan sus agradecimientos a los predios: Reserva Natural El Hatico y El Trejito por haber permitido llevar a cabo los trabajos de campo en sus instalaciones.

## Bibliografía

- de Klein, C.A., Eckard, R.J., 2008. Targetted technologies for nitrous oxide abatement from animal agriculture. *Aust. J. Exp. Agric.*, 48, 14–20
- Gilbert, B., Frenzel, P., 1995. Methanotrophic bacteria in the rhizosphere of rice microsoms and their effect on pore-water methane concentration and methane emission. *Biol. Fertil. Soils*, 20, 93–100.
- Hide, B. P., Hawkins, M. J., Fanning, A. F., Noonan, D., Ryan, M., O'Toole, P., Carton, O. T., 2006. Nitrous oxide emissions from a fertilized and grazed grassland in the South East of Ireland. *Nutr Cycl Agroecosyst.* 75, 187–200
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 1999. NTC 4657. Alimento para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl. Bogotá, Colombia. pp 5
- Kersebaum, K. C., 2007. Modelling nitrogen dynamics in soil–crop systems with HERMES. *Nutr Cycl Agroecosyst.* 77, 39–52.
- Kim, D. S., Kim J. C., 2002. Soil nitric and nitrous oxide emissions from agricultural and tidal flat fields in southwestern Korea. *J. Environ. Eng. Sci.* 1, 359 – 369.
- Luo, J., C.A.M. de Klein, S.F. Ledgard, Sagar, S., 2010. Management options to reduce nitrous oxide emissions from intensively grazed pastures: a review. *Agriculture Ecosystems & Environment* 136, 282–2.
- Muñoz, C., Sagar, S., Berben, P., Giltrap, D., Neha. J., 2011. Influence of Waiting Time After Insertion of Base Chamber Into Soil on Produced Greenhouse Gas Fluxes. *Chilean Journal of Agricultural Research.* 71 (4) 610 - 614
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B., 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management.* 261(10), 1654–1663.
- Oenema, O., Wrage, N., Velthof, G.L., van Groenigen, J.W., Dolfin, J., Kuikman, P.J., 2005. Trends in global nitrous oxide emissions from animal production systems. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 72, 51–65.
- Pastrana, I., Reza, S., Espinosa, M., Suárez, E., Díaz, E., 2011. Efecto de la fertilización nitrogenada en la dinámica del óxido nítrico y metano en *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickhardt. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 12 (2), 134–142.
- Rondón M., Fernandes E., Wandelli E., Da Silva R., 2001. Tesis Doctoral: Fluxes of methane from soils in the Central Amazon: The role of agroforestry systems. Department of Crop and Soil Sciences. Cornell University, Ithaca, USA.

- Saggar, S., Andrew, R. M., Tate, K. R., Hedley, C. B., Rodda, N. J., Townsend, J. A., 2004. Modelling nitrous oxide emissions from dairy grazed pastures. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 68, 243-255.
- Shelton, M., 1996. El género *Leucaena* y su potencial para los trópicos. En: Tyrone Clavero (edi) *Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical*. Fundación Polar, Universidad del Zulia, Centro de transferencia de tecnología en pastos y forrajes. Maracaibo, Venezuela, pp 17-28.
- Singurindy, O., Molodovskaya, M., Richards, B.K., Steenhuis, T.S., 2009. Nitrous oxide emission at low temperatures from manure-amended soils under corn (*Zea mays* L.). *Agric. Ecosyst. Environ*, 132, 74-8
- Statistical Analysis System (SAS)., 2001. SAS institute Inc., SAS/STAT; Software Versión 9.1 Cary, NC, USA
- Uchida, Y., Clough, T. J., Kelliher, F. M., Hunt, J. M., Sherlock, R. R., 2011. Effects of bovine urine, plants and temperatura on N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> emissions from a sub-tropical soil. *Plant Soil* 345, 171–186.
- Visscher, A., Boeckx, P., Cleemput, O., 2007. Artificial methane sinks. In: Reay DS, Hewitt CN, Smith KA, Grace J, (edit). *Greenhouse gas sinks*. Wallingford, UK: CAB International. pp 184-200.
- Walkley, A., Black A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37, 29-38.
- Zaman, M., Nguyen, M.L., Matheson, F., Blennerhassett, J.D., Quin, B.F., 2007. Can soil amendments (zeolite or lime) shift the balance between nitrous oxide and dinitrogen emissions from pasture and wetland soils receiving urine or urea-N? *Aust. J. Soil Res.* 45, 543–553.

# Captura de C en sistemas agroforestales y silvopastoriles (SSP)

Florencia Montagnini \*

## Resumen

El presente trabajo es una revisión de literatura que evalúa el papel de los SAF, incluyendo sistemas silvopastoriles (SSP) sobre la captura del carbono atmosférico. Los SAF bien implementados y manejados pueden tener tasas de acumulación de carbono (C) elevadas. La captura de C por SAF en biomasa aérea y la acumulación en suelos dependen del sitio, diseño, especies, edad y manejo. Los SAF con cultivos perennes acumulan más carbono que SAF con anuales. Cuando son bien diseñados y manejados, los SSP pueden compensar emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y hasta convertirse en sistemas de C neutral. La promoción de los SAF para objetivos de captura del C requiere herramientas para la evaluación de su potencial para la captura y acumulación del C. La elección de la herramienta adecuada depende de los objetivos del proyecto, sean éstos de investigación o de mitigación y venta de bonos de carbono. El uso de ecuaciones alométricas es fundamental para lograr precisión en las estimaciones de carbono de los componentes de los SAF. Los SAF pueden contribuir a evitar la deforestación al proveer productos en tierras ya deforestadas, convirtiéndose en una herramienta importante para los programas de REDD+, especialmente para las zonas de amortiguamiento o periferia de las reservas de bosque. Programas de compensación tales como pagos por servicios ambientales (PSA) tienen un papel importante en promover sistemas de uso y manejo de la tierra que neutralicen emisiones de GEI y que contribuyan a mantener las formas de vida. Los SAF son importantes para la transformación de la agricultura convencional en “agricultura climáticamente inteligente” que aumenta la productividad de manera sostenible, es resiliente, reduce los GEI y contribuye al logro de metas de seguridad alimentaria y desarrollo.

**Palabras claves:** carbono, REDD+, pagos servicios ambientales.

\* Universidad de Yale, Escuela Forestal y de Estudios Ambientales, 360 Prospect St., New Haven, CT 06511, EE.UU., Correo electrónico: florencia.montagnini@yahoo.com, florencia.montagnini@yale.edu

## Introducción

Mundialmente existen aproximadamente 1000 millones de hectáreas de SAF (Nair et al. 2010). Los SAF se encuentran ampliamente difundidos en América Latina, con un total de 200-357 millones de ha incluyendo 14-26 millones en América Central y 88-315 en América del Sur, siendo los más prominentes los sistemas silvopastoriles (SSP) y los de cultivos anuales y perennes bajo sombra (Somarriba et al. 2012). Los SAF con cultivos perennes tienen mayor potencial para la captura del C que los SAF con cultivos anuales, ya que el cultivo perenne contribuye a la captura de C total del sistema en su biomasa y suelos (Montagnini y Nair 2004).

El presente trabajo evalúa el papel de los sistemas agroforestales (SAF) sobre la captura de carbono atmosférico (C). Basado en una revisión de literatura se presentan datos sobre toma y/o acumulación de C en diferentes tipos de SAF (SAF con cultivos anuales y perennes y sistemas silvopastoriles [SSP]) en biomasa aérea y en suelos. Finalmente se plantea cómo pueden los SAF ser una herramienta efectiva para proyectos REDD+.

### Acumulación de C en SAF con cultivos anuales

En SAF de cultivos anuales existe acumulación de C en las partes 'lábiles' del sistema (follaje y ramas de los árboles y en los cultivos anuales), y almacenamiento 'permanente' en los troncos de los árboles, el cual es mayor que en las lábiles. En el Cuadro 1 se ven valores de acumulación de C en biomasa aérea en SAF con cultivos anuales de un rango variable de 0,65 a 30 Mg C ha<sup>-1</sup>. En general los SAF con cultivos anuales acumulan cantidades de C menores que los SAF con especies perennes (Montagnini y Nair 2004). Sin embargo, en Cuadro 1 se ven rangos de 35 a 120 Mg C ha<sup>-1</sup> especialmente en SAF de plantaciones con cultivos anuales intercalados ("Taungya") donde los árboles son especies maderables de buen crecimiento.

Los sistemas Multiestrato en Cuadro 1 incluyen huertos familiares, barbechos mejorados, y otros SAF con árboles de bosque o plantados asociados con cultivos anuales y perennes. La acumulación de C en SAF Multiestrato depende principalmente de los árboles acompañantes, los cuales si son de bosque maduro pueden llegar a valores de hasta casi 200 Mg C ha<sup>-1</sup> en clima ecuatorial (Af), en SAF en bosque lluvioso tropical. En cambio en climas tropicales con estación seca (Am y Aw) los valores para los SAF Multiestrato son más variables, llegando a alrededor de 100 Mg C ha<sup>-1</sup> (Cuadro 1).

### Acumulación de C en SAF con cultivos perennes

Numerosos estudios de biomasa y toma de C en varias partes del mundo y con diversas especies muestran que los SAF con cultivos perennes acumulan cantidades de C considerablemente mayores que los SAF con especies anuales. Los valores de acumulación de C para café con árboles plantados en la literatura van de 47 a 237 Mg C ha<sup>-1</sup>, y para café con árboles de bosque, existen valores de 20 a casi 50 Mg C ha<sup>-1</sup> (Cuadro 1). Para cacao se muestran valores de 24 a 52 Mg C ha<sup>-1</sup> (árboles plantados). En Rio Grande do Sul, Brasil fue estimado que la yerba mate puede capturar 5,45 Mg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en promedio en biomasa aérea, con reservas en el suelo >56 Mg C ha<sup>-1</sup> (Alegre et al. 2007).

En general los SAF con especies perennes acumulan más C que

los SAF con anuales debido a la contribución adicional de los árboles o arbustos del cultivo perenne. En conclusión, puede decirse que los SAF con cultivos perennes pueden ser importantes en el almacenamiento de C, mientras que los SAF con cultivos anuales y manejo intensivo son más parecidos a la agricultura convencional.

### Captura de C en sistemas silvopastoriles (SSP)

La toma de C en pasturas puede aumentar sustancialmente con el pastoreo controlado, uso de especies de pasturas adecuadas, y con el uso de SSP (Lal 2005, Ibrahim et al. 2007, Murgueitio et al. 2011). En Costa Rica, Colombia y Nicaragua se examinó el almacenamiento del C aéreo y en suelos en pasturas degradadas, pasturas mejoradas, bosques secundarios y plantaciones forestales. En Costa Rica las plantaciones de teca y bosques secundarios tuvieron la mayor cantidad de C en biomasa aérea (90 Mg C ha<sup>-1</sup>). Las pasturas degradadas tuvieron el menor C orgánico del suelo (COS; 22 Mg C ha<sup>-1</sup>), mientras el COS fue 96 Mg C ha<sup>-1</sup> en las plantaciones de árboles y 140 Mg C ha<sup>-1</sup> en pasturas mejoradas sin árboles. Se concluye que la toma de C puede aumentar con el uso de pastos mejorados y con la adición de árboles en el paisaje en SSP, plantaciones forestales y bosques ribereños (Ibrahim et al. 2007).

En otro estudio de C en SSP en la zona del Pacífico seco de Costa Rica, pasturas con especies de rápido crecimiento (*Brachiaria brizantha*) fueron comparadas con pastos tradicionales dominados por *Hyparrhenia rufa*. Tres especies de árboles nativos fijadores de nitrógeno (*Pithecellobium saman*, *Diphyssa robinoides* y *Dalbergia retusa*) fueron plantados a 2 m × 2 m dentro de las líneas, con callejones de 8 m de ancho entre las hileras. Las parcelas fueron pastoreadas por 4-5 días con 1-2 meses de descanso. El C total del sistema (parte aérea y subterránea) fue de 12,5 Mg C ha<sup>-1</sup> en SSP y 3,5 Mg C ha<sup>-1</sup> en los controles de pastos sin árboles (Andrade et al. 2008).

El proyecto GAMMA del CATIE está actualmente evaluando el balance de GEI en fincas ganaderas en Costa Rica para desarrollar SSP carbono-neutrales. En el Pacífico seco de Costa Rica han demostrado que fincas ganaderas podrían mitigar entre 2,2 y 10,6 toneladas de CO<sub>2</sub>e por ha con la incorporación de SSP. Las buenas prácticas de manejo de los SSP y a nivel de finca, incluyendo uso de vermicompost, biogas, ensilaje y protección de bosques también contribuyen a la absorción de CO<sub>2</sub> (GAMMA 2010).

En el Cuadro 1 se muestran para clima Af, SSP de árboles plantados en pasturas con valores de acumulación de C en biomasa aérea de 13-58 Mg C ha<sup>-1</sup>, y en SSP de pasturas con árboles residuales de bosque, con valores de 19-74 Mg C ha<sup>-1</sup>. Esto quizás sugiere que los árboles residuales de bosque presentes en las pasturas pueden alcanzar mayor biomasa que los árboles plantados en las pasturas, aunque por supuesto esto dependerá de la especie y la edad de los árboles. Para climas estacionales, hay datos de SSP de bancos forrajeros con valores bastante menores (2-7 Mg C ha<sup>-1</sup>), debido a que en estos sistemas los arbustos forrajeros se podan para facilitar el ramoneo por los animales (Cuadro 1). Muchos SSP, tales como los sistemas silvopastoriles intensivos (Murgueitio et al. 2011), incluyen bancos forrajeros en los cuales también hay árboles de bosques o plantados, los cuales aumentan

la captura de C total del sistema (Montagnini et al. 2013). En clima subtropical, datos de Misiones, Argentina muestran valores mayores de acumulación de C en SSP de árboles plantados, 51 a 92 Mg C ha<sup>-1</sup> (Cuadro 1). Estos SSP son basados en especies maderables seleccionadas y con buen manejo que producen madera valiosa en establecimientos comerciales que perciben ingresos tanto por la madera como por los animales (Pinazo et al. 2007, Fassola et al 2010).

#### Captura de C en suelos en SAF

Estimaciones del COS almacenado por los SAF dan valores de 30 a 300 Mg C ha<sup>-1</sup> en estudios realizados hasta 1 m de profundidad en el suelo (Nair et al. 2010). Para los SSP se dan valores de 6,9 a 24,2 Mg C ha<sup>-1</sup> en regiones templadas y de hasta 130 a 173 Mg C ha<sup>-1</sup> en regiones tropicales, sin embargo estas cifras dependen de la profundidad de muestreo del suelo y los métodos utilizados para el análisis del COS (Nair et al. 2010).

En SAF bien diseñados y manejados de acuerdo al sitio, los árboles pueden proveer suficiente biomasa y nutrientes como para que no sea necesario usar fertilizantes químicos, haciendo factible el manejo orgánico con sus ventajas económicas y ambientales (Montagnini et al. 2011, Montagnini 2015). Con el manejo orgánico a menudo es necesario el uso de enmiendas para el suelo

en la forma de compost y otros materiales que tienden a aumentar el C orgánico del suelo (COS), con el consiguiente beneficio en términos de contribuir a la mitigación del cambio climático. El CATIE mantiene un proyecto desde el año 2000 con el objetivo de diversificar las especies de árboles de sombra en SAF de café y comparar manejo convencional y orgánico. En investigaciones sobre la influencia de la sombra y el manejo sobre el COS cuando estos SAF tenían 8 años de edad, los resultados mostraron diferencias significativas entre el manejo orgánico y el manejo convencional con el café a pleno sol.

Se encontró un aumento en el COS total cuando el manejo cambiaba de convencional intensivo, pasando por convencional moderado y llegando a orgánico intensivo. La especie de árbol de sombra no se correlacionó positivamente con el COS, lo cual sugiere que en este experimento el efecto del manejo sobre el COS se relaciona más con el tipo de enmiendas orgánicas utilizado que con la especie de árbol asociado al café. Un menor uso de fertilizantes y herbicidas con el aumento de insumos orgánicos resultaron en un aumento en el COS, especialmente en la fracción gruesa o macroagregados del suelo (Cowart 2011). Esto indica el potencial del manejo orgánico de los SAF para aumentar el COS, lo que provee numerosos beneficios al suelo al mismo tiempo que contribuye a reducir los niveles de C atmosférico.

**Cuadro 1.** Rangos de acumulación de carbono (C stock) en biomasa aérea en SAF ordenados según el sistema Koeppen para clasificación de climas: Af es tropical sin estación seca, Am es tropical con estación seca corta, Aw es cálido con estación seca en invierno, Cfa es sub-tropical sin estación seca y verano cálido (datos del autor).

Clima	Sistemas Agroforestales		C en biomasa aérea	
	Categoría	Subcategoría	Carbono (Mg ha <sup>-1</sup> )	# datos
Af	Cultivos anuales	Taungya	35	1
Af	Cultivos perennes	Café con árboles plantados	22 a 35	2
Af	Multiestrato	Cultivos alimentarios con árboles de bosque	64 a 69	2
Af	Multiestrato	Barbecho mejorado	21 a 294	9
Af	Multiestrato	SAF indígena	59	1
Af	Silvopastoril	Arboles plantados en pasturas	13 a 58	7
Af	Silvopastoril	Pasturas con árboles residuales	19 a 74	2
Af	Complementario	Cercas vivas	70	1
Am	Cultivos anuales	Cultivos en callejones	0.65	1
Am	Cultivos anuales	Taungya	58 a 120	1
Am	Cultivos perennes	Cacao con árboles plantados	24	1
Am	Cultivos perennes	Café con árboles plantados	47 a 237	1
Am	Cultivos perennes	Café y cacao en bosque	19 a 47	1
Am	Cultivos perennes	Café orgánico en bosque (policultivo)	39	1
Am	Cultivos perennes	Café orgánico árboles de Inga naturales	46	1
Am	Cultivos perennes	Policultivo de café bajo sombra no orgánico	39	1
Am	Cultivos perennes	Varios cultivos en bosque	41 a 74	2
Am	Multiestrato	SAF commercial	3 a 114	8
Am	Multiestrato	Huertos familiares indígenas	72	1
Am	Multiestrato	Barbecho mejorado	4 a 60	6
Am	Silvopastoril	Banco forrajero	2 a 7	3
Am	Silvopastoril	Arboles plantados en pasturas	0,31 a 3,3	9
Am	Silvopastoril	Pasturas con árboles residuales	2 a 31	11
Am	Complementario	Bosquetes	21	1
Aw	Cultivos anuales	Cultivos en callejones	30	1
Aw	Cultivos perennes	Cacao con árboles plantados	31 a 52	3
Aw	Multiestrato	SAF commercial	64,5	1
Cfa	Cultivos anuales	Cultivos con árboles plantados	7 a 23	6
Cfa	Cultivos perennes	Yerba mate con árboles plantados	12 a 169	5
Cfa	Silvopastoril	Arboles plantados en pasturas	51 a 92	2

## Conclusiones

Los SAF con cultivos perennes tienen mayor potencial para la toma de C que los SAF con cultivos anuales. Cuando son bien diseñados y manejados, los SSP pueden compensar emisiones de GEI y hasta convertirse en sistemas de C neutral. Una ventaja adicional de los SAF con respecto a la mitigación, es que pueden evitar la deforestación al proveer productos maderables en tierras ya deforestadas, convirtiéndose en una herramienta importante para los programas de REDD+. En el contexto de

proyectos REDD+, mercados de C y programas de Pagos por Servicios Ambientales (PSA), el C es un producto adicional que los agricultores pueden considerar al tomar decisiones de manejo o de usos alternativos de la tierra (Montagnini y Finney 2011, Montagnini 2015). Programas de compensación tales como el PSA tienen un papel importante en promover sistemas de uso y manejo de la tierra que neutralicen emisiones de GEI y que contribuyan a mantener las formas de vida.

## Bibliografía

- Alegre, JCL; Montoya Vilcahuaman, X; Correa, G. 2007. Geração da curva alométrica para avaliar as reservas de carbono em plantios de erva-mate, no sul do Brasil. Colombo, Embrapa Florestas, Boletim de pesquisa e desenvolvimento. 19 p.
- Andrade, HJ; Brook, R; Ibrahim, M. 2008. Growth, production and carbon sequestration of silvopastoral systems with native timber species in the dry lowlands of Costa Rica. *Plant and Soil* 308:11-22.
- Cowart, M. 2011. Shade and management effects on soil carbon fractions in organic and conventional coffee agroforestry systems in Costa Rica. Tesis MS. New Haven, CT, USA, Yale University, School of Forestry and Environmental Studies. 18 p.
- Fassola, HE; Crechi, EH; Barth, SR; Keller, AE; Winck, RA; Martiarena, R; Von Wallis, A; Pinazo, M; Knebel, O. 2010. Modelos regionales de biomasa aérea de *Pinus taeda* para Misiones y NE de Corrientes, Argentina. 14as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. FCF, UNaM, Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Montecarlo, INTA. [Eldorado, Misiones, Argentina, 10-12 jun. 2010]
- GAMMA (Programa de Ganadería y Manejo del Medio Ambiente). 2010. Balance de gases efecto invernadero en fincas ganaderas de la región Chorotega, como elemento de referencia para mejorar la competitividad (en línea). Disponible En: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00202.pdf>
- Ibrahim, M; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, J; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F; Rojas, J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de uso de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 45:27-36.
- Lal, R. 2005. Soil carbon sequestration in natural and managed tropical forest ecosystems. Pp. 1-30 In: Montagnini, F. (Ed.). *Environmental Services of Agroforestry Systems*. New York, USA, Haworth Press.
- Montagnini, F; Nair, PK. 2004. Carbon Sequestration: An under-exploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 61:281-295.
- Montagnini, F; Finney, C. 2011. Payments for Environmental Services in Latin America as a tool for restoration and rural development. *Ambio* 40:285-297.
- Montagnini, F; Eibl, B; Barth, SR. 2011. Organic yerba mate: an environmentally, socially and financially suitable agroforestry system. *Bois et Forêts des Tropiques* 308:59-74.
- Montagnini, F; Ibrahim, M; Murgueitio Restrepo, E. 2013. Silvopastoral systems and mitigation of climate change in Latin America. *Bois et Forêts des Tropiques* 316(2):3-16.
- Montagnini, F. 2015. Función de los sistemas agroforestales en la adaptación y mitigación del cambio climático. Pp. 269-297 En: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., Eibl, B. (Eds.). *Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica Informe Técnico 402*, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Fundación CIPAV. Cali, Colombia. En prensa, 2015. 454pp.
- Murgueitio, E; Calle, Z; Uribe, F; Calle, A; Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management* 261(10):1654-63.
- Nair, PK; Nair, VD; Kumar, BM; Showalter, JM. 2010. Carbon sequestration in agroforestry systems. *Advances in Agronomy* 108:237-307.
- Pinazo, MA; Martiarena, RA; Von Wallis, A; Crechi, E; Pahr, NM; Knebel, O. 2007. Efectos de la intensidad de raleo sobre la compartimentalización y stock de carbono en plantaciones de *Pinus taeda* L. establecida sobre Ultisoles de Misiones. Argentina, INTA, *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 36(1):5-20.
- Somarriba, E; Beer, J; Alegre Orihuela, J; Andrade, H; Cerda, R; Declerck, F; Detlefsen, G; Escalante, M; Giraldo, LA; Ibrahim, M; Krishnamurthy, L; Menan, V; Mora-Delgado, J; Orozco, L; Scheelje, M; Campos, JJ. 2012. Mainstreaming agroforestry in Latin America. Pp. 429-453 In: Nair, PKR; Garrity, DP. (Eds.). *Agroforestry: the way forward*. New York, USA, Springer, *Advances in Agroforestry* 9.



# Agroforestería: una alternativa agroecológica para el manejo de la erosión eólica en la cuenca del valle de México

Noriega-Altamirano, G.; Cárcamo-Rico, B.; Vergara-Sánchez, M.Á.; Rodríguez-Neave F. \*

## Resumen

La Cuenca del Valle de México se encuentra en el sur del altiplano mexicano, con una superficie de 4, 850 kilómetros cuadrados, 30% es plana, situada a una altitud media de 2,612 metros sobre el nivel del mar; se realizó un diagnóstico de erosión eólica, que es la remoción de partículas del suelo por el viento; se aplicó la metodología FAO (1980), apoyándose en datos vectorizados de la carta E14-2 “Ciudad de México” escala 1:250,000 editadas por INEGI, una imagen de satélite Land Sat TM, la información se analizó mediante el uso de Arc GIS 10.1; se calcularon índices de erosividad climática, erosionabilidad edáfica, el factor de vegetación natural y uso del suelo, cuya integración identificó la distribución espacial de la erosión en la Cuenca de México. En marzo se identifica la mayor agresividad climática, es época de roturación de tierras agrícolas, en el 94% del territorio la erosividad climática tiene clase ligera, en el 6% es de moderada a alta. La erosión eólica en la Cuenca de México remueve 2, 697, 355.7 toneladas de suelo/año; en 83, 443 ha se levantan 1, 734, 443.6 toneladas de partículas de suelo, equivalen al 64.3% del total. Se identifican tres corredores erosivos, deben atenderse con el propósito de mitigar las partículas sólidas: (a) ex - Lago de Texcoco-Acolman-San Juan Teotihuacán: (b) Chalco-Amecameca; y (c) Coacalco-Teoloyucan. Por el patrón de circulación regional de los vientos dominantes en los tres corredores, debe desarrollarse un programa de prevención de la erosión eólica, ello cubriría el 17% de la Cuenca, ahí debe garantizarse la presencia de cubierta vegetal, por ello la agroforestería se apunta como una tecnología que auxiliaría a conservar el suelo y mejorar la calidad del aire, brindar una función productiva al sector rural, y ambiental a la Ciudad de México.

**Palabras clave:** Zona Metropolitana de la Ciudad de México, erosividad climática, degradación de los suelos.

## Agroforestry: an agro-ecological alternative for the management of erosion wind in the valley of Mexico basin

## Abstract

The basin in Valley of Mexico is located in the South of the Mexican highland, with an area of 4, 850 square kilometers, 30% is flat, located at an average altitude of 2,612 meters above the sea level, there was a wind erosion diagnosis, which is the removal of particles of the soil by wind; The methodology FAO (1980), was applied based on vector data of the Charter E14-2 “City of Mexico” scale 1: 250,000 published by INEGI, a satellite image Land Sat TM information was analyzed using Arc GIS 10.1; we calculated indices of climatic erosivity, soil erodibility, factor of natural vegetation and land use, whose integration identified the spatial distribution of erosion in the basin of Mexico. The higher climatic aggression arises in march, it is the season of clearing agricultural land; in 94% of the territory the climatic erosivity has light weight class, in remaining the .6% is from moderate to high. Wind erosion in the basin of Mexico removes 2, 697, 355.7 tons of soil material / year; at 83, 443 has move 1, 734, 443.6 tonnes of soil particles, is equivalent to the 64.3% of the total. There are three corridors identified to be served in order to mitigate the solid particles: (a) ex - Lake of Texcoco-Acolman-San Juan Teotihuacán: (b) Chalco-Amecameca; and (c) Coacalco-Teoloyucan. On the regional circulation pattern of prevailing winds in the three corridors is urgent to develop a program to prevent erosion wind in 17% of the Basin in Mexico, in this area the presence of vegetation cover must be ensured, therefore agroforestry is targeted as a technology could assist to conserve and improve soil, providing a productive role in rural and environmental sector in Mexico City.

**Key words:** metropolitan area of the city of Mexico, climatic erosivity, agroforestry.

\* Universidad Autónoma Chapingo. Área de Agronomía. Campo Agrícola San Ignacio. Módulo de producción de abonos orgánicos y lombricultura. Km. 38.5 carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. México. C.P 56230. Email: gerardonorieg@gmail.com

## Introducción

La erosión eólica consiste en la remoción y el depósito de las partículas del suelo por la acción del viento, así como por los efectos abrasivos de las partículas en movimiento cuando estas son transportadas (FAO, 1980). La erosión eólica es un agente destructor de la fertilidad del suelo superficial, además en el proceso de transporte las partículas desprendidas se trasladan a grandes distancias, incluso de un continente a otro, cuando este material entra en suspensión (Skidmore, 1977). La cubierta vegetal reduce la velocidad del viento, el sistema de raíces fija el suelo, además se aprovecha el escurrimiento superficial, así la vegetación protege de la erosión eólica, ello constituye una función importante. La vegetación auxilia a modificar la velocidad del viento y de los flujos del aire, retiene sólidos en suspensión por la filtración del aire. La agroforestería, puede servir como cortinas rompevientos, el arreglo agroforestal deberá ser perpendicular a la dirección de los vientos dominantes, con el fin de representar un obstáculo

al viento y proteger las tierras agrícolas del fenómeno erosivo (Velázquez, 2002). La disposición del arreglo agroforestal a nivel de las parcelas agrícolas alterará la velocidad, ventosidad y dirección del viento, esta tecnología es una estrategia para reducir los efectos perjudiciales del viento, reduciéndose la invasión a las tierras agrícolas, garantizar aire limpio a las ciudades periféricas a las zonas agrícolas.

El suelo que se remueve entra en suspensión, se convierte en polvo atmosférico, oscurece la visibilidad y contamina el aire, causa accidentes automovilísticos, pone en peligro la salud animal y humana, entre otros impactos. Lo anterior revela la importancia de identificar los espacios geográficos donde se genera el proceso degradativo causado por el viento, en el presente trabajo se estudian las interacciones: suelo-cubierta vegetal-humedad en el suelo-viento, que permitan generar estrategias de manejo para reducir la tasa de partículas en suspensión que recibe la atmósfera metropolitana de la ciudad de México.

## Materiales y Métodos

Para definir el área base de trabajo se determinó el partea-guas de la Cuenca del Valle de México, se utilizó la carta hidrológica del INEGI escala 1:250,000, se digitalizó en el software denominado Arc View versión 10.1. La superficie evaluada es de 485,137.97 ha. Sobre la delimitación de la Cuenca se ubicaron los factores: (1).- rasgos físicos naturales; (2).- infraestructura; (3).- toponimia; y (4).- mancha urbana. En la Cuenca de México se encuentran emplazadas 75 estaciones meteorológicas, 17 no reportan datos de vientos, 42 carecen de registros de evaporación; los datos faltantes se estimaron mediante interpolación, utilizando el inverso de la distancia al cuadrado, auxiliados de un raster de 100\* 100 metros de píxel en el Sistema de Información Geográfica Arc View, aplicables a la imagen de satélite Land Sat TM (Congalton y Green, 1992)

La ecuación desarrollada por Woodruff y Siddoway (1965), se aplica a un terreno agrícola en particular; FAO (1980), propuso una ecuación de erosión eólica, que se funda en la ecuación anterior, modelo que se utiliza en áreas extensas para evaluar la magnitud global de la degradación de los suelos. Se establecen dos tipos de evaluación: (1).- erosión eólica actual, que es la erosión que actúa en el momento presente, se expresa como una tasa anual, es decir, como la intensidad del proceso, no como el daño acumulado desde el pasado hasta el presente; (2).- riesgo de erosión eólica (erosión potencial), se refiere al riesgo de que ocurra erosión bajo las peores condiciones posibles del uso del suelo y carencia de vegetación, puesto que el clima, el suelo y la topografía son relativamente estables. Esto permite: (a) comparar áreas con suelos diferentes; y (b) evaluar los riesgos que se corren tan pronto como la vegetación natural se modifique o el uso del suelo cambie.

Los modelos paramétricos empleados se expresan de la

siguiente forma:

$$\text{Erosión eólica actual} = C * S * T * V * L \quad (1)$$

$$\text{Riesgo de erosión eólica} = C * S * T \quad (2)$$

Donde:

C = Factor de agresividad climática

S = Factor edáfico o de suelo

T = Factor topográfico

V = Factor vegetación natural

L = Factor uso del suelo

Esta ecuación considera los valores en razón inversa del grado de resistencia que confieren respecto a la erosión eólica (con excepción del factor C), cuanto mayor sea el factor numérico asignado, mayor será la erosión por viento estimado. A continuación se indica el procedimiento para la determinación de los factores conforme a metodología de la FAO (1980):

### Factor de Erosividad Climática (C)

El cálculo de este factor se realiza mediante el índice eólico de Chepil et al (1962) modificado por la FAO (1980), para la evaluación a escala general, como se muestra a continuación:

$$C = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{12} v^3 \left( \frac{PET - P}{PET} \times n \right) \quad (3)$$

Donde:

C = Factor de agresividad climática

V = Velocidad media mensual del viento a 2 m de altura, m/s

P = Precipitación pluvial en mm

PET = Evapotranspiración potencial en mm

n = Número de días del mes en los que hay erosión  
FAO (1980), clasifica las valoraciones del factor de agresividad climática "C", Erosionabilidad Edáfica (S), Factor Topográfico (T), Factor Vegetación Natural (V), Factor Uso del Suelo (L), los cuales se han utilizado para construir las categorías de la erosión eólica.

Una vez realizada la evaluación de la erosión eólica, se han relacionado las zonas de mayor remoción, de acuerdo al uso del suelo, con alternativas que se orienten a reducir el fenómeno erosivo, buscando la reducción de la velocidad del viento y la modificación del flujo del aire, por ello la agroforestería es el referente por su efecto protectorio.

## Resultados y discusión

El área de estudio, la Cuenca de México, tiene una altitud mínima de 2120 m, una máxima de 5225 m y una media de 2612m; cubre una superficie de 485, 137.97 ha. El uso del suelo revela que la mancha urbana representa 23.48% del territorio, el área agrícola es de 23.67%, mientras que la agricultura de escarda constituye un 13.93%; el área desertificada alcanza 3.2%; la superficie con cubierta vegetal natural en diferentes niveles de cobertura representa 43.34%; los cuerpos de agua alcanzan 0.65% mientras que agua con vegetación acuática asciende a 0.66%; el restante 5% está constituido por otros, como nubes por ejemplo.

La agresividad climática presenta valores mayores a 1 en el mes de enero, febrero, marzo y abril. Marzo es el mes cuyo valor es más agresivo y coincide con la época de preparación de tierras agrícolas. En la parte plana de la Cuenca de México, se identificaron con el Sistema FAO-UNESCO, cuatro unidades de suelo dominantes: Solonchack (gléyico y mólico), Vertisol (crómico y pélico), Feozem háplico y Fluvisol eútrico, las cuales ocupan 50% de la superficie diagnosticada. Los Fluvisoles presentan los valores más altos de erodabilidad, localizándose al sureste de la Cuenca; los Solonchack se encuentran en el lecho del Ex-lago de Texcoco.

Se identificó que el 20% de la superficie de la Cuenca de Mé-

xico, corresponde a áreas con cultivo de escarda (maíz y cereales), las cuales se distribuyen en la porción norte y oriente de la ciudad de México; 3.2% del área estudiada se encuentra en estado de desertificación y corresponde a sitios emplazados en el Ex-lago de Texcoco, Xaltocan y San Cristóbal los cuales impactan en la mancha urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

En el Cuadro 1 se reporta la necesidad de implementar programas de prevención a la erosión eólica en el 17.2% de la superficie de la Cuenca del Valle de México, equivalen a 83,443 has; de manera urgente debe atenderse el 5.2% de la superficie (25,227.1 ha). De atacarse el problema de erosión eólica en el 17.2% de la superficie de la Cuenca se evitará la emisión de 1,734,443.6 ton de partículas de suelo equivalentes al 64.3% del material total producido en la Cuenca del Valle de México, ahí las tecnologías agroforestales se deben ofrecer como una agricultura que puede ofrecer al máximo la eficiencia biológica, aumentar la producción de biomasa, conservar suelo y mejorar la calidad del aire, con modalidades, como: cultivos en fajas, árboles frutales caducifolios en las divisiones internas de las parcelas, huertos familiares en las traspatios de las casas, plantaciones comerciales de pinos navideños, entre otros.

Cuadro 1. Cuantificación de la erosión eólica media anual en la Cuenca del Valle de México, México.

No	Erosión T/ha	Superficie Ha	Superficie %	Suelo Ton	Clasificación
1	0-1	142941.6	29.4	71348.4	Insignificante
2	1-5	177022.8	36.6	533785.1	Leve
3	5-10	81440.9	16.8	610806.8	Moderada baja
4	10-20	58203.3	12.0	873049.1	Moderada alta
5	20-40	19951.5	4.1	598544.1	Severa baja
6	40-60	4426.8	0.9	221341.5	Severa alta
7	60-110	1149.8	0.2	41508.9	Muy severa
	TOTAL	485136.72	100.0	2,950,383.90	

## Conclusiones

El índice de erosividad climática indica que el 5.6% de la superficie manifiesta un valor de moderado a alto, mientras que el 94.4% restante califica como agresividad ligera. Por lo anterior, es factible desde el punto de vista climático, controlar la erosión eólica con cubierta vegetal y manejo agronómico, ahí la agroforestería es promisoría. La erosión eólica en la Cuenca de México remueve 2,697,355 toneladas / año. Este trabajo ofrece el conocimiento científico sólido para justificar el desarrollo de sistemas agroforestales en la zona agrícola de la cuenca de México, así como en la parte alta donde el paisaje debe restaurarse con una cubierta vegetal más extensa.

Los resultados del presente estudio indican que el problema de la generación de partículas de suelo en suspensión es en el Estado de México, en tres áreas principales que son los corredores (1) Lago de Texcoco- Acolman- San Juan Teotihuacán; (2) Chalco-Amecameca; y (3) Coacalco-Teoloyucan. Estas tres áreas corresponden a suelos que permanecen desnudos durante todo el año y áreas con cultivos de escarda (maíz y cereales), donde la preparación de los suelos se realiza en el mes de marzo, cuando el factor de agresividad climática y velocidad del viento son mayores. Los sistemas agroforestales

representan una alternativa que puede conducir a intensificar la producción de bienes y servicios ambientales y a un aumento en la productividad agrícola.

El corredor Chalco- Amecameca es el de mayor remoción de suelos por erosión eólica; la dirección de los vientos dominantes en el mes de marzo, que es el de máxima agresividad climática en los tres corredores, se orienta hacia la ciudad de México. Por lo que en este corredor debe priorizarse el establecimiento de los sistemas propuestos como un programas de prevención a la erosión eólica en el 17.2% de la superficie de la Cuenca del Valle de México (83,070 has) para evitar la emisión de 1,734,443.6 toneladas de partículas de suelo, equivalentes al 64.3% del material producido en la Cuenca del Valle de México.

Para las áreas agrícolas que se identifican con niveles altos de erosión eólica se recomienda diseñar sistemas agroforestales orientados a la conservación y mejoramiento del suelo, con una función productiva para el sector rural, dicha tecnología debe contemplar un arreglo lineal, específicamente la modalidad de cultivos en callejones y sobre curvas a nivel, huertos familiares, plantaciones de frutales como setos vivos en la periferia y en las divisiones de las parcelas.

## Bibliografía

- Chepil, W. S., F.H. Siddoway, y D.V. Armbrust. 1962. Climatic factor for estimating wind erodability of farm fields. *Jour. Soil and Water Conserve.* 17(4): 162-165 pp.
- FAO. 1980. Metodología Provisional para la Evaluación de la Degradación de los suelos. FAO y PNUMA. Roma. Italia. 86 p.
- Skidmore, E. L. 1977. Criteria for assessing wind erosion. In *FAO Soils Bul. 34 Assessing Soil Degradation*. 52-62 pp.
- Woodruff, N. P., y F. H. Siddoway. 1965. A wind erosion equation. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 29(5): 602-608 pp.
- Congalton, R. G., and K. Green. 1992. The ABC of GIS. An Introduction to Geographic Information Systems. *Journal of Forestry.* 90(11): 13-20.
- Moreno S., y F. Moreno S. 1995. Los Sistemas de Información Geográfica en la Administración de los Recursos Naturales. Recomendaciones de las Experiencias del INIFAP. *Ciencia Forestal.* 20(78): 93-109.
- Velázquez G.,J. 2002. Agrofenoclimatología. UAEM. México.

# Un marco ecológico para establecer márgenes de manejo de sistemas silvopastoriles. 1- El caso de ñirantales del norte de la Patagonia, Argentina.

Rusch, V.E<sup>1</sup>; López, D.R.<sup>1</sup>; Cavallero, M.L.<sup>2</sup>; Rusch, G.M.<sup>3</sup>; Peri, P.L.<sup>4</sup>; Cardozo, A.<sup>1</sup>; Hansen, N.<sup>5</sup>; von Müller, A.<sup>5</sup>; Garibaldi, L.A.<sup>6</sup>; Sarasola, M.M.<sup>1</sup>

## Resumen

En bosques nativos bajo uso silvopastoril, el manejo tiene un fuerte impacto sobre la dinámica y estructura. Por ello, es necesario conocer sus efectos para diseñar prácticas de manejo que mantengan, en el largo plazo, al sistema en los estados deseables. El objetivo de este trabajo es realizar un primer Modelo de Estados y Transiciones (ME&T) para los bosques de ñire en el norte de la Patagonia. Para ello se recopiló bibliografía que describiera las comunidades vegetales de estos sitios ecológicos, la historia de disturbios naturales y su respuesta a manejos específicos en base a lo cual se propusieron estados posibles. Mediante un taller y posterior controles de campo, se ajustó el modelo. Se definieron 8 estados, 14 transiciones de degradación, y 5 de restauración; los factores que disparan las primeras (pastoreo, incendios y extracción intensa de leña) y sus niveles. Los bosques más íntegros están dominados por ñire y caña, mientras que el estado más degradado es la estepa subarborescente de *Acaena splendens*. Estadios intermedios fueron considerados los más aptos para el uso silvopastoril (bosque abierto de ñire con caña y pastizal y bosque de ñire con pastizal). La mayoría de las transiciones de degradación son irreversibles aún con aplicación de tecnologías de alto costo (como plantación y protección de especies arbóreas o desarbustado). Si bien se espera profundizar en el estudio de las fases críticas de cada estado, de manera de contar con alertas tempranas del deterioro, el desarrollo de un ME&Ts permitió reunir y compartir, de manera simple, información hasta el momento dispersa sobre los cambios de la vegetación en el largo plazo. Se presenta como una herramienta interesante para que los productores puedan mantener la composición y estructura del bosque dentro de los límites de mayor valor, productivo y ambiental.

**Palabras clave:** sustentabilidad; resiliencia, degradación, disturbio

## An ecological framework to establish management boundaries for silvopastoral systems. 1- The case of ñire forests of northern Patagonia, Argentina

### Abstract

Native forests and silvopastoral systems are shaped by anthropogenic use, so it is necessary to understand their dynamics and the consequences of management to keep the system between desired conditions. The aim of this study is to develop a State-and-Transition-Model (S&TM) for northern Patagonia ñire forests. Under silvopastoral use. We reviewed the literature describing vegetation communities of northern ñire ecological sites and historical information about natural disturbances and case studies of management practices. The model was further built in an experts workshop and ground-truthed with field surveys. We defined 8 states, 14 negative and 5 positive transitions, factors that trigger the former (associated with grazing, fire and intensive logging) and their levels. Ñire forests with bamboo are considered the reference state, with least anthropic intervention, and the state characterized by dwarf shrub steppe with dominance of *Acaena splendens* was the most degraded state. Intermediate states were the most suitable for silvopastoral use (open forests with bamboo and grassland, and ñire forest with grassland). Most transitions were irreversible, even by using costly techniques (tree plantation and protection from grazing, shrub removal). In the future, we aim to improve the definition of "critical phases" for a more precise early warning system of degradation. The development of the S&TM enabled us to gather dispersed information on long-term vegetation changes in a simple way. S&TMs are seen as an interesting tool to help maintain forest structure and composition within the boundaries of productive and environmental value.

**Key words:** sustainability; resilience, degradation, disturbance

<sup>1</sup>EEA INTA Bariloche, CC 274, 8400 Bariloche, Argentina;. <sup>2</sup>UNCOMA-CONICET. <sup>3</sup>Norwegian Institute for Nature Research (NINA), <sup>4</sup>EEA INTA Santa Cruz; <sup>5</sup>EEA INTA Esquel, <sup>6</sup>Grupo de Investigación en Agroecología (AGRECO), UNRN-CONICET. rusch.veronica@inta.gov.ar

## Introducción

El bosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) del norte de la Patagonia se utiliza mayormente como base del sistema de producción bovina de cría bajo uso silvopastoril. El manejo ganadero (sistema de pastoreo) y silvícola en combinación con otros factores y disturbio naturales (sequías, muerte masiva de caña) y antrópicos (incendios) genera un mosaico de parches de vegetación de distinta composición florística y estructural. Estos parches pueden considerarse como estados alternativos del bosque original como consecuencia de distinta presión o intensidad de uso, por lo que representan distintos niveles de integridad ecológica. Los estados están, de este modo, asociados a una condición del ecosistema original con estructuras y funciones características relacionadas y, a su vez, a capacidades distintas de proveer bienes y servicios eco-sistémicos. Es común que dichos estados, sean vistos como situaciones estables y perdurables lo que obstaculizaría la toma de decisiones del productor sobre el manejo silvopastoril y puede llevar al sistema a situaciones de degradación (pérdidas de fertilidad de suelo, reducción del potencial productivo, pérdida de las funciones de regulación ambiental entre otras) en muchos casos irreversibles (Scheffé *et al.* 2001).

Los modelos de estados y transiciones (ME&Ts, Westoby *et al.* 1989) proveen una manera simple y versátil de describir la dinámica de la vegetación para un determinado “sitio ecológico” (Briske *et al.* 2003, 2008) en función de disturbios naturales y antrópicos. Asimismo éstos facilitan la toma de decisiones de manejo que tienen como fin evitar cambios no deseados. Según el marco del ME&Ts, bajo determinadas condiciones de sitio, como consecuencia de distintos regímenes de disturbio y/o presión antrópica pueden existir estados alternativos del sistema.

Cada estado se caracteriza por una determinada composición de la comunidad vegetal, por atributos estructurales y funcionales persistentes y por una dinámica temporal de la vegetación asociada a fluctuaciones climáticas y/o al manejo (Bestelmeyer *et al.* 2010). Los estados están ligados por transiciones, las cuales pueden ser de degradación (negativas), o de recuperación (positivas). Las transiciones entre estados pueden ser disparadas tanto por eventos naturales (como sequías, inundaciones); por acciones de manejo (cortas, pastoreo); o por combinaciones de ambos tipos de procesos (López *et al.* 2013<sub>b</sub>). Dichas transiciones ocurren cuando los valores de determinadas variables superan “umbrales” (López 2011 y López *et al.* 2011). El marco de ME&Ts permite detectar “fases de riesgo” (Bestelmeyer *et al.* 2010) dentro de los estados, o condiciones próximas a los umbrales de cambio, que pueden ser vistas como “alertas tempranas” al proceso de degradación. Este enfoque permite, a su vez, determinar la vulnerabilidad del ecosistema, al evaluar la resiliencia y resistencia del mismo en cada transición, es decir, la capacidad de retornar al estado inicial o de mantenerse dentro del mismo estado después de un disturbio. Los ME&Ts permiten plantear hipótesis sobre la respuesta de la vegetación a prácticas de manejo (Bestelmeyer *et al.* 2010). En sistemas como los bosques de ñire en los cuales el pastoreo de animales domésticos constituye un factor modelador de gran importancia, son imprescindibles los ajustes de manejo que permiten el mantenimiento del sistema dentro de un rango estructural y funcional específico. El objetivo de este estudio es definir un ME&T para los bosques de ñire, del norte de la Patagonia Andina (Neuquén, Río Negro y N de Chubut).

## Materiales y Métodos

Las definiciones de la terminología a emplear, se basan en Westoby *et al.* (1989) y López 2011. Los sistemas analizados corresponden a ñirantales de fondos de valle o terrazas fluviales. En base a la recopilación bibliográfica de trabajos publicados e inéditos, se realizó una propuesta preliminar de estados y transiciones posibles. Las referencias de incendios se basaron en Willis (1914), Rothkugel (1916); Tortorelli (1947); Bruno (1982); registros inéditos de Parques Nacionales y en información recabada de los pobladores. Las referencias de pastoreo histórico y actual consistieron en relatos de los pobladores (algunos de ellos publicados como Montaña (1982) Seibert (1982); Bonvisutto *et al.* (1999a), y Arqueros (1999) y observaciones de rastros (bosteos, ramoneo). La descripción inicial de la vegeta-

ción de los estados se basó en Somlo *et al.* (1995), Bonvisutto *et al.* 1999b, Arqueros 1999; Rusch *et al.* 2007), Siffredi *et al.* (2005) y Bran *et al.* (2007). Algunas especies fueron consideradas clave para la identificación de los estados. En los casos en que hubo suficiente información y fue relevante, se identificaron fases dentro de dichos estados. Para diferenciar entre fases y estados se evaluó la posibilidad de reversión natural del proceso de degradación, o sea, la probabilidad de una transición positiva autógena. Posteriormente se realizó un taller de expertos de la región para discutir la definición de dichos estados, y definir los procesos y variables que definen las transiciones negativas entre los mismos. Finalmente se recorrieron algunos sitios a campo para ajustar la descripción de los estados.

## Resultados y Discusión

El sitio ecológico tipo de los Bosques de ñire (Bran *et al.* 2007), se halla en la cuenca de El Foyel. Presenta planicies de pendientes muy suaves a suaves (<5%), entre los 600 y 800 msnm, suelos caracterizados como Hapludandos ácuicos y Endoacuandos

típicos; someros a moderadamente profundos, de textura franca a franco-limosa, bien provistos de MO (4 a 6%), drenaje imperfecto a pobre y pedregosidad frecuente (10 al 30%) subsuperficial con depósitos limo-arcillosos de origen glacial en profundidad

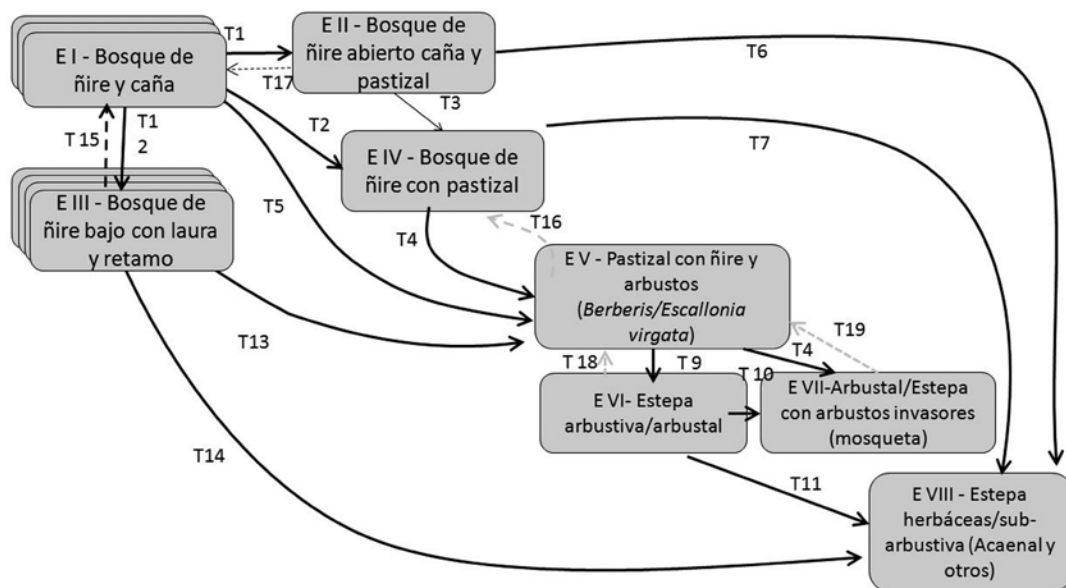
(López *et al.* 2007). Se incluyeron posteriormente ñirantales de otros valles al norte y al sur, algunos posiblemente no presenten la capa de arcilla semienterrada que determina la gran anegabilidad. Entre las especies vegetales empleadas para definir los estados, se destacan el ñire (*N. antarctica*); retamo (*Dioslea juncea*); laura (*Schinus patagonicus*); caña (*Chusquea culeou*); rosa mosqueta (*Rosa rubiginosa*); cadillo (*A. splendens*) y *Berberis spp.* También el grupo de las gramíneas introducidas fue relevante en dicha definición.

Se propuso un ME&Ts con 8 estados (Figura 1 Tabla 1). El Bosque de ñire con caña (estado EI), corresponde al estado de referencia, es decir la condición de mayor integridad. Por otro lado la estepa de herbáceas y subarborescentes dominadas por *Acaena splendens* (EVIII) es considerado el estado de mayor degradación (Figura 1). Se identificaron 14 transiciones negativas (Figura 1, Tablas 2 y 3). Las transiciones positivas se basaron en censos de sitios excluidos al uso (Rusch *et al.* 2004) y sobre observaciones de prácticas de restauración implementadas (Sarasola, inédito). Se identificaron 5 transiciones positivas, descritas en el texto, correspondientes a las dos tipologías posibles: 1) aquellas que pueden producirse con cambios del clima y “prácticas de facilitación” como el manejo ganadero; 2) aquellas que requieren de “prácticas de aceleración” tales como siembra, plantación, control de arbustos o recuperación de la estabilidad del suelo (sensu Bestelmeyer *et al.* 2010). Las transiciones que implican grandes costos para lograr cambios del sistema biofísico, se consideraron improbables.

En el Estado EI, pudieron distinguirse varias fases posibles, tanto por la dinámica natural como por intervenciones con intensidades que no impiden la recuperación del mismo. La caña y los renuevos de semilla y el rebrote son consumidos por el ganado, y se pierden con el sobrepastoreo. La introducción de gramíneas por el ganado puede producir una alta cobertura de pastizal en los sistemas más abiertos (menor cobertura arbórea y de caña).

Por ello, las fases de bosques más abiertas (por cortas o mortandad), y las de menor densidad de caña, son fases de riesgo, con alta probabilidad de disparar la transición hacia el estado EII por pastoreo. El EII presenta una cobertura de pastos introducidos brindando mayor productividad del pastizal, pero que impide la recuperación.

La dinámica natural del componente arbóreo del sistema (ñire) por exclusión competitiva. Las fases con baja cobertura de caña son de riesgo, pudiendo desaparecer este recurso invernal del sistema, con el mantenimiento del pastoreo (T3, Figura 1). El EIII, presenta una estructura de bosque mixto de especies pirófilas y rebrotantes. Se reconocen en éste diversas fases que corresponden, por un lado a la dinámica natural: fase en la que codominan 3 especies arbóreas (ñire, retamo y laura); bosque con retamo muerto ante el cierre del dosel por parte del ñire, y en una tercera fase de mortandad de laura (retornando al estado de bosque puro de ñire). Las fases derivadas de la acción antrópica se relacionan con bosques más abiertos por corta o con presencia de pastizal de especies introducidas y ausencia de caña por pastoreo. Eventos de incendios podrían disparar la transición hacia este estado desde bosques puros de ñire (T1, Fig.1 Tabla 3). Ante ausencia de corta y pastoreo, el sistema puede retornar al bosque puro de ñire por competencia, pero en las fases en que se ha introducido el pastoreo y generado un tapiz vegetal, este retorno es dudoso, o al menos, lento. La eliminación de caña se produce por pastoreo (posiblemente en las primeras fases de recuperación pos-fuego). En este estado se reconocen fases de riesgo asociadas a las primeras etapas del período de recuperación posfuego, en el que los legados del sistema anterior (nutrientes de suelo, troncos que actúan como perchas, especies rebrotantes sobrevivientes como ñire y caña pueden ser eliminados del sistema (por pastoreo, extracción de material muerto, erosión), transformándose en una vía rápida de degradación (Cavallero *et al.* 2015) (transición a EVIII). Una muy alta tasa de extracción de madera en combinación con altas



**Figura 1: Modelo de Estados y Transiciones para ñirantales del NO de la Patagonia.** Las cajas representan estados, los estados (E) se describen en la Tabla 1; las transiciones negativas (T con líneas llenas), en la Tabla 3 y las positivas (T líneas punteadas), en el texto.

**Area 3: Sistemas silvopastoriles y agroforestales: aspectos ambientales y mitigación al cambio climático**

Tabla 1. Descripción de los estados del Modelos para los Ecosistemas de Ñirantales de Patagonia Norte.

Estado	Descripción
<b>E I</b> Bosque de ñire con caña	<p>Bosque puro de ñire, cerrado o semicerrado, -con sotobosque de caña (<i>Chusquea culeou</i>) dominante. Especies acompañantes principales: <i>Ribes cucullatum</i>, <i>Berberis buxifolia</i>, <i>Maytenus chubutensis</i>, <i>Acaena ovalifolia</i>, <i>Osmorrhiza chilensis</i> y <i>Alstroemeria aurea</i>. Incluye diversas fases, dadas por un lado por el ciclo natural del ñire (fases de desmoronamiento, regeneración, fustal, oquedal), y por intervenciones (corta y pastoreo) leves, produciendo fases semicerradas o semiabiertas, que permiten mantener el sistema dentro de fases reversibles. Incluye las fases de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- rodales jóvenes coetáneos de semilla o por rebrote de cepa, de ñire y caña</li> <li>- rodales maduros coetáneos, de ñire y caña</li> <li>- rodales sobremaduros de ñire y caña</li> <li>- rodales sobremaduros con regeneración, de ñire y caña</li> <li>- bosques semiabiertos de ñire y caña</li> <li>- bosques de ñire con presencia esporádica de gramíneas exóticas y reducción parcial de caña</li> </ul> <p>Son bosques que solo han recibido presiones bajas de corta y pastoreo, que han podido sufrir incendios, pero desde hace más de 50-60 años, habiéndose evitado el pastoreo en las primeras fases pos-fuego (10-15 años). El fuego permite el rebrote de la caña y del ñire (Tortorelli, 1947).</p>
<b>E II</b> Bosque de ñire abierto con caña y pastizal	<p>Bosque de ñire mono-específico en el dosel arbóreo, con sotobosque de herbáceas exóticas y caña</p> <p>Presenta baja cobertura de caña y mayor cobertura de herbáceas <i>Holcus lanatus</i>, <i>Trifolium repens</i>, <i>Taraxacum officinalis</i>, <i>Trisetum spp.</i>, <i>Poa pratensis</i> y <i>Agropyron patagonicum</i>; <i>Taraxacum. gilesii</i>; <i>Osmorrhiza. chilensis</i>, <i>Rumex acetosella</i>, <i>Fragaria chiloensis</i> y <i>Elymus gayanus</i>.</p> <p>La corta de árboles y el pastoreo reduce la cobertura arbórea, aumenta la cobertura de herbáceas ingresando spp exóticas ruderales primero y adaptadas al pastoreo después, y reduciendo la cobertura de caña (por ser una especie consumida como forraje en invierno e intensamente ramoneada (Arqueros 1999, Raffaele <i>et al.</i> 2011).</p>
<b>E III</b> Bosque de ñire con laura y retamo	<p>Bosque mixto de ñire, con retamo y laura que incluye diferentes fases. Las más importantes son las que suceden inmediatamente a los incendios. Estas presentan legados (troncos en pie, raíces de especies rebrotantes, nutrientes en la superficie de suelo) de gran valor para la recuperación del sistema, por lo que resultan fases críticas, y susceptibles al tipo de manejo que se realice (Cavallero 2012):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1-Matorral (&lt; 2 m altura),</li> <li>2-Bosque mixto de ñire joven, con retamo y laura</li> <li>3-Bosque de ñire cerrado que supera el dosel de las especies acompañantes, con laura co-dominante y retamo muerto</li> <li>4-Bosque mixto de ñire semi-abierto o abierto, con co-dominancia de alguna o ambas de las otras especies.</li> </ol> <p>Este bosque mixto es fundamentalmente producto de incendios en ambientes de ñire. Se cree que el pastoreo en fases tempranas reduce sustancialmente o elimina la especie más palatable para el ganado, la caña, y puede también reducir la densidad relativa de ñire que rebrota. Esto permite la co-dominancia de arbustos o árboles bajos de las primeras etapas sucesionales posfuego, como son laura y retamo. Existen hipótesis sobre este estado, como primario en algunas situaciones, posiblemente menos húmedas que las del bosque de ñire y caña.</p>
<b>E IV</b> Bosques de Ñire con pastizal	<p>Bosques de ñire monoespecíficos cerrados o semicerrados sin caña. El sotobosque es preferentemente de herbáceas exóticas <i>Holcus lanatus</i>, <i>Trifolium repens</i>, <i>T. officinale</i>, <i>Poa spp</i>, <i>Osmorrhiza chilensis</i>, otras gramíneas, <i>Acaena ovalifolia</i>. Incluye fases de bosques cerrados y semicerrados, y sus fases de reproducción.</p> <p>Son bosques cerrados o semicerrados que, como resultado de una larga historia de pastoreo, han perdido la caña y el sotobosque se ha repoblado con especies introducidas adaptadas al pastoreo (mayormente gramíneas).</p>
<b>E V</b> Pastizal con ñire y arbustos	<p>Pastizal dominado por <i>Holcus lanatus</i>, <i>Trifolium repens</i>, <i>Taraxacum. officinale</i>, <i>Poa spp</i>, otras gramíneas. Con presencia de ñires aislados</p> <p>O en ambientes más anegadizos <i>Escallonia virgata</i>. Estrato herbáceo con <i>Holcus lanatus</i>, <i>T. officinale</i>, <i>Veronica serpyrifolia</i>; <i>Fragaria chiloensis</i>, <i>Geum valdivianum</i> Estrato arbustivo con <i>Escallonia virgata</i> dominante, <i>Pernettya pumila</i>, <i>Berberis buxifolia</i> acompañantes en ciertos casos.</p> <p>Se produce la mortandad de ñires por tiempo o corta, estando impedida la regeneración natural por efecto de la competencia de los pastos.</p>
<b>E VI</b> Estepa arbustiva (arbutal)	<p>Similar a la anterior, pero con valores de mayor cobertura de arbustos. En ambientes más húmedos, la cobertura es de <i>Berberis buxifolia</i>, <i>B. darwinii</i> y acompañados por el subarbutal <i>Acaena splendens</i>. En ambientes más húmedos, con mayor cobertura de <i>Escallonia. virgata</i> (chapel). Similar a E V pero el mantenimiento de presiones altas de pastoreo, reduce la competencia de pastos sobre arbustos y la presencia de suelo desnudo facilita la reproducción por semilla de estos.</p>
<b>E VII</b> Arbustal/ Estepa con arbustos invasores (rosa mosqueta)	<p>Pastizales malos degradados dominados por <i>Hipochaeris radicata</i>, <i>Holcus lanatus</i>, <i>Acaena pinnatifida</i>, con estrato arbustivo de <i>Rosa rubiginosa</i>. (rosa mosqueta) y <i>Discaria spp</i>, Son pastizales derivados de bosques de ñire que han sido sobrepastoreados y ha habido acceso de ganado que ha ingerido <i>Rosa spp</i> trasladándola en su tracto digestivo. Incluye también fases de pastizales de mayor calidad (Estado V) con presencia de <i>Rosa spp</i>.</p>
<b>E VIII</b> Estepa herbácea/ sub-arbustiva (Acaenal)	<p>Estepas subarbutivas con <i>Acaena splendens</i> (dominante), <i>Stipa spp</i> y <i>Mulinum spinosum</i>. La eliminación de la vegetación por corta, sobrepastoreo o fuego mas pastoreo, lleva al sistema a este estado, en el que la erosión, hídrica o eólica a modificado la calidad del estrato superior de suelo y posiblemente removido legados (bancos de semillas) que impiden el restablecimiento de las especies herbáceas del sistema original. La eliminación total del estrato arbóreo puede darse por fuegos intensos o fuegos /cortas, con pastoreos intensos que impiden la recuperación por rebrote de cepa.</p>



presiones de pastoreo, o bien, fuegos severos y extensos y una alta presión de pastoreo post-fuego podrían disparar transiciones negativas desde *EI*, *EIII* y *EIV* hacia *EV* (T4, T5 y T13, Tabla 3). En el *EV* domina el pastizal pudiendo encontrarse algunos arbustos no dominantes y ñires malos. En este estado la cobertura boscosa se reduce paulatinamente a medida que los individuos maduros mueren y no hay regeneración para su reemplazo. En los ambientes más húmedos, el arbusto dominante es *E. virgata* (chapel). En *EVI*, el arbusto *Berberis spp.* posee alturas mayores a 2 m o el chapel puede cubrir superficies de más del 50%. *EVII* representa un estado degradado invadido por el arbusto espinoso exótico *Rosa rubiginosa*, introducido y dispersado en el pastizal por el ganado, pudiendo llegar a cubrir más del 80% de la superficie. Por último, una muy elevada intensidad de disturbio sobre *EII*, *EIII*, *EIV* o *EVI* podría disparar transiciones negativas hacia *EVIII*; el estado más degradado, con erosión de suelo y dominancia del subarbusto *A. splendens* (que se considera posee sustancias alelopáticas, Becker, com. pers.).

Algunas transiciones de recuperación son factibles mediante prácticas de manejo o restauración. La exclusión de ganado podría permitir la recuperación de *EIII* a *EI* (T15, Figura 1), en las fases que no han perdido cobertura de ñire y mantienen cobertura

intermedia de caña. En cambio, la T16, requiere de prácticas de desarbustado; mientras que para permitir la recuperación de *EII* a *EI* (T17) es necesario reforestar y evitar el acceso del ganado para recuperar el dosel arbóreo. T19 necesita medidas similares, con la diferencia que la especie arbustiva introducida (rosa) requiere de mayores esfuerzos para evitar que se mantenga en el sistema pues posee estrategias de reproducción por rizomas, por rebrote y semillas.

Al traspasar los umbrales críticos, además de producirse cambios a nivel estructural (vegetación, suelo), se produce la pérdida de funciones o procesos claves del ecosistema como la productividad, regeneración y, estabilidad (López 2011). Al igual que en otros ecosistemas (Westoby *et al.* 1989; Cingolani *et al.* 2005), el pastoreo en bosques nativos, no puede ser propuesto como el del establecimiento de un estado estable. Por el contrario, se encontró que los estados más apropiados para mantener un sistema silvopastoril (*EII* y *EIV*), son inestables, con alto riesgo de transiciones hacia estados de alta degradación potencialmente irreversibles (por ejemplo, T6 y T7, Fig. 1). El modelo indica, entonces, la necesidad de mantener el sistema productivo mediante medidas activas como la plantación de ñire y la exclusión temporaria del pastoreo.

Tabla Nº 2. Factores que definen las transiciones y sus niveles

Factores	Narrativa	Unidad	Niveles
Presión de pastoreo	Se define en función de la relación de la productividad forrajera aprovechable y la carga ganadera, siendo el valor de 1 cuando ambas variables están equilibradas. Sin embargo, esta carga «adecuada» ejerce una presión y efectos diferencial sobre los distintos componentes. La caña, la arvejilla ( <i>Vicia spp</i> ) y el ñire son tres especies altamente preferidas en estos sistemas boscosos.	Mgcal/ Mcal MS forraje	Alto (>1,1) Medio (0,9 - 1,1) Bajo (<0,9)
Tipo de pastoreo*	El pastoreo continuo presenta la carga ganadera a lo largo de todo el año, el pastoreo estacional permite descansos en una temporada con pastoreos entre 4 y 8 meses (en algunos casos invernales, en otros de primavera y otoño, en los menos estivales). El pastoreo rotativo permite el descanso y sufre pastoreo –a veces intensivos- en forma alternada y por lapsos más cortos que en los sistemas anteriores, permitiendo la recuperación de la biomasa en pie.		Continuo (1) Estacional (2) Rotativo (>2)
Tiempo de pastoreo	Se consideran que los años de pastoreo son claves para el desarrollo de diversos procesos. La ingresión y establecimiento del pastizal de especies introducidas se produce a partir de una situación inicial de baja cobertura de suelo y facilitado por el transporte por vía animal y el viento. También el tiempo de pastoreo determina la reducción o desaparición de elementos sensibles de la comunidad.	años	<10 ; >10
Fuego	Se define el fuego por sus efectos. Generalmente periodos secos o acumulación de material combustible (ej por floración y muerte masiva de caña); o bien fuegos reiterados provocan la muerte de los ñires y la caña imposibilitando su rebrote de cepa. Baja permite rebrote. Media, elimina individuos, permite rebrote yemas. Alta ñire no rebrota (en un evento o en fuegos recurrentes). Los fuegos medios permiten el rebrote de parte de los individuos, eliminando otros, y fuegos leves permiten el rebrote de las especies adaptadas		Baja; media ; alta
Extracción madera	También en este caso la extracción de madera se define por lo remanente en el bosque, ya que son las variables como cobertura, área basal, estructura remanente, lo que definirán los servicios ecosistémicos que el sistema permitirá proveer.	AB remanente (m <sup>2</sup> /ha)	Muy baja (>40); Baja (25-40); Media (15-25); Alta (8-15); M. alta (<8).
Disponibilidad de propágulos	En el caso de ñirantales de Patagonia norte, el fruto de la especie invasora rosa mosqueta ( <i>R. rubiginosa</i> ) es consumido por el ganado y, luego de pasar por el tracto digestivo, resembrado sobre las heces, con alta capacidad de resiembra. El ganado proveniente de predios o cuadros con Rosa, deben ser desbastados (permitir la eliminación de las heces), antes de ingresar al predio. En caso contrario, se considera que el sitio será invadido por la plaga.		No disponible- Disponible
Manejo forestal*	Diferencia dos situaciones, una relativa a raleos frecuentes con la intención de mantener un dosel abierto para optimizar el crecimiento de herbáceas forrajeras, en una propuesta de manejo silvopastoril, y la otra, una extracción «única» en el mismo periodo de tiempo, que busca obtener madera, postes y leña, pero no prioriza el uso ganadero.		Único- sucesivo

\* esta variable no fue empleada en este modelo, pero lo será en el ME&T de ñire sur

## Conclusiones

Tabla N° 3- Descripción de los Factores y niveles que definen las transiciones en el ME&T de ñirantales de Patagonia Norte

Nombre	Transición	Factores y niveles determinantes
T1	E I- E II	Cortas medias, presión pastoreo medio y tiempo alto. O Fuego bajo o medio con tiempo alto y presión de pastoreo medio.
T2	E I - E IV	Presión pastoreo media o alta, >10 años de pastoreo
T3	E II- E IV	Presión de pastoreo media o alta, > 30 años de pastoreo. (conduce a una fase abierta del BÑ c/pastizal)
T4	E IV- E V	Extracción de madera muy alta y pastoreo alto
T5	E I- E V	Extracción de madera muy alta y pastoreo alto, Tiempo > 30 - o Pastoreo medio tiempo > 120 años - o Pastoreo medio, cortas medias, tiempo > 70
T6	E II- E VIII	Pastoreo intenso, tiempo >120. O pastoreo intenso y tala alta ( se promueve la erosión de suelo)
T7	E IV- E VIII	Extracción muy alta, pastoreo alto, erosión. O fuego con pastoreo intenso mas de 10 años y después del disturbio, erosión.
T8	E V- E VII	Disponibilidad de propágulos alta, y pastoreo alto. O erosión alta y disponibilidad de propágulos alta.
T 9	E V- E VI	Pastoreo medio o alto y tiempo > 30 años
T 10	E VI- E VII	Disponibilidad de propágulos alta.
T 11	E VI- E VIII	Tiempo alto, pastoreo alto, erosión
T 12	E I- E III	Fuego bajo o medio con pastoreo
T 13	E II- E V	Extracción de madera alta y Pastoreo medio o alto. O fuego alto y pastoreo medio o alto.
T 14	E III- E VIII	Extracción de madera alta o muy alta, pastoreo medio alto y tiempo alto. O fuego medio, pastoreo medio y extracción de madera alta, tiempo alto

Se propone que es necesario adaptar el manejo silvopastoril e intervenir activamente, para poder mantener a los bosques nativos de ñire en Patagonia Norte dentro de los límites estructurales y de productividad deseados. Para ello, los ME&Ts muestran ser una herramienta válida que permite explicitar y reunir el conocimiento existente sobre los cambios que sufren estos sistemas ante diferentes manejos o disturbios y los

potenciales de degradación y recuperación permitiendo tener una mirada de largo plazo. El método es de especial utilidad como herramienta para el manejo adaptativo, pudiendo utilizarse como un elemento didáctico que le permite al productor visualizar hacia donde se encamina su sistema productivo en función de sus decisiones de manejo.

## Agradecimientos

El taller de expertos se realizó gracias al aporte de los Proyectos del INTA PNFOR 1104081; PRET 1281101 y el Proyecto OpenESS. Se agradece a la Lic. Mónica Mermóz, por los aportes en las discusiones del taller.

## Bibliografía

- Arqueros, MX. 1999. Caracterización de los bosques de ñire del paraje Trompul y del manejo que realizan los pobladores para proveerse de leña. PNL, Pcia Nqn, Arg. T. Intens. FAUBA.
- Bestelmeyer, B; K. Moseley; P. Shaver; H. Sánchez; D. D. Briske; M. Fernandez-Gimenez. 2010. Practical Guidance for Developing State-and-Transition Models. Soc.Ran.Manag.2010:23-30.
- Bonvisutto G.; M. Manacorda 1999a. Manejo silvopastoril en bosques de ñire: efecto de las diversas formas de intervención sobre la vegetación. En: INTA, CIEFAP.Seminario Taller Criterios de utilización de ñirantales. Trevelin
- Bonvisutto G, M. Manacorda. 1999b. Producción de forrajes en el sotobosque de los ñirantales. En: INTA, CIEFAP 1999. Seminario Taller Criterios de utilización de ñirantales. Trevelin.
- Bran, D; J. Ayesa, C. Lopéz; F. Umaña. 2007. Cobertura de vegetación del área El Foyel en: Proyecto” PATNOR 618021. Informe final, 5pp

- Briske D.D., Fuhlendorf S.D. y Smeins F.E. 2003. Vegetation dynamics on rangelands: a critique of the current paradigms. *J. App. Ec.*, 40:601-614.
- Briske D. D., Fuhlendorf S.D. y Smeins F.E. 2006. A unified framework for assessment and application of ecological thresholds. *Rangeland Ecology and Management*, 59:225-236.
- Bruno, J. 1982. Los incendios forestales en los PN, Estudio estadístico y análisis de su incidencia. *Man.*, 45 pp
- Cavallero L. 2012. Heterogeneidad ambiental y dispersión de semillas en comunidades de distinta edad post-fuego del noroeste de Patagonia. Tesis doctoral, UNCOMA, 74 pp.
- Cavallero L., López D. Raffaele E. & Aizen M. 2015 Structural-functional approach to identify post-disturbance recovery indicators in forests from NW Patagonia: a tool to prevent state transitions. *Ecol. Ind.* 52, 85-95.
- Cingolani, A. M., I. Noy-Meir, & S. Díaz. 2005. Grazing effects on rangeland diversity: A synthesis of contemporary models. *Ecological Applications* 15: 757–773.
- López, C; J Gaitán (2007). Reconocimiento y distribución de los suelos en el área de El Foyel. Aptitud Forestal de las Tierras. En: Informe Proyecto” PATNOR 618021.
- López; D.R.. 2011. Una aproximación estructural-funcional del Modelo de Estados y Transiciones para el estudio de la dinámica de la vegetación en Estepas de Patagonia norte. Tesis, D Biol.UNCOMA, 297 pp.
- López; D.R.. L. Cavallero, M.A. Brizuela & M.R. Aguiar. 2011. Ecosystemic structural–functional approach of the state and transition model. *Applied Vegetation Science* 14: 6–16..
- López, D. R., Brizuela, M. A., Willems, P., Aguiar, M. R., Siffredi, G. y Bran, D. 2013b. Linking ecosystem resistance, resilience, and stability in steppes of N. Patagonia. *Ecol. Ind.* 24:1-11.
- Montaña, C. 1982. Las comunidades de ñire (*Nothofagus antarctica* (Forst.) Orst.) de la cuenca del Río Manso Superior, Río Negro, Argentina. Tesis Dr.Cs.Biol., Univ. Cdba, Argentina. 163 pp
- Raffaele, E; T Veblen, M. Blackhall & N.Tercero-Bucardo. 2011 Synergistic influences of introduced herbivores and fire on vegetation change in northern Patagonia, Argentina. *Jour. Veg. Sci.* 22:59-71.
- Rothkugel, M. 1916. Los bosques patagónicos. Ministerio de Agricultura. Oficina de Bosques y Yerbatales, 207 pp.
- Rusch, V; MV Lantschner; M de Urquiza. 2007. Impactos en la biodiversidad y los suelos. Proyecto Regional: Productividad y efectos ambientales en ñirantales: plantaciones con pino oregón y sistemas silvopastoriles. Informe interno, INTA Bariloche, 138 pp
- Scheffe, M.; J. Carpenter, J. Foley, C. Folke; B. Walker. 2001. Catastrophic shifts in ecosystem. *Nature* 413: 591-596.
- Seibert, P. 1982. Carta de Vegetación de la región de Bolsón, RN. *Doc. Phytosociol.* 2, 120 pp
- Siffredi, G.; M Sarasola, D. López; J. Gaitan 2005. Módulo 3: Productividad de sistemas silvopastoriles. En: Informe Proyecto” PATNOR 618021. Informe final.
- Somlo, R; M Manacorda, G. Bonvissuto. 1995 Manejo silvopastoril en los bosques de ñire de la región del El Bolsón. I Efectos de las diversas formas de intervención sobre la vegetación. *Act.Jor.FtalesSMA* 42-55.
- Tortorelli, L. 1947. Los incendios de bosques en la Argentina. *Min de Agric, Dir. Ftal, BsAs*, 239 pp.
- Westoby M; B Walker; I Noy -Meir. 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Jour.Range Manag.* 42 (4):266-274.
- Willis, B. 1914. Northern Patagonia. Ministerio de Obras Públicas. BsAs, Argentina.

# Degradabilidad y producción *in vitro* de metano de dietas para ganado lechero en sistemas silvopastoriles intensivos y convencionales

J. E. Rivera Herrera\*; I. C. Molina Botero\*; G. Donney's Lemos\*; G. Villegas Sánchez\*; J. Chará\* y R. Barahona Rosales\*\*.

## Resumen

Con el objetivo de ampliar el conocimiento de las emisiones de CH<sub>4</sub>, degradación y dinámica de fermentación de dietas tropicales, se realizó una evaluación *in vitro* de la dieta ofrecida a vacas lecheras en dos sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) y dos sistemas convencionales (SC) con y sin suplementación. En general, las dietas contenían una adecuada cantidad de nutrientes para bovinos de leche, alcanzando contenidos de PC superior al 15%, niveles promedio de FDN y FDA de un 50 y 30% respectivamente y una aceptable oferta de Ca y P. Existió diferencia en la DIVMS de las dietas ( $p < 0,0001$ ), especialmente de las dietas con suplementación frente al SC sin suplementación, siendo más evidente dicha diferencia a las 12 y 24 horas de incubación. A las 72 de degradación, la DIVMS varió entre 56,1 y 59,7% ( $p = 0,067$ ). En los primeros horarios de incubación se observaron diferencias en producción de gas entre las cuatro dietas ( $p < 0,05$ ), donde el SSPi con suplementación tuvo las mayores producciones y el SC sin suplementación las menores (16,71 vs 9,73 y 36,72 vs 19,94 ml g<sup>-1</sup> de MO a la 3 y 6 horas, respectivamente). Por su parte, la máxima producción de gas (72 horas) varió entre 184,6 y 195,1 ml g<sup>-1</sup> de MO incubada ( $p = 0,0524$ ). En lo referente a emisiones de CH<sub>4</sub>, no hubo diferencias entre las dos dietas con suplementación ( $p > 0,05$ ), pero sí entre aquellas sin suplementación ( $p = 0,0029$ ), evidenciando que la presencia de *L. leucocephala* reduce estas emisiones. Se concluye que en la ausencia de suplementación, en SSPi se generan menores emisiones de CH<sub>4</sub> que en SC. Además, el mejoramiento de la calidad de la dieta puede contribuir a disminuir las emisiones por kg de MS consumida en SSPi.

**Palabras clave:** Bovinos en pastoreo, calidad nutricional, cambio climático, fermentación entérica, gases de efecto invernadero (GEI), *Leucaena leucocephala*.

## Degradability and *in vitro* methane production in dairy cattle diets in intensive silvopastoral systems and conventional systems

### Abstract

With the aim of increasing knowledge of CH<sub>4</sub> emissions, degradation and fermentation dynamics of tropical diets, an *in vitro* evaluation of the diet offered to dairy cows on two intensive silvopastoral systems (ISS) and two conventional systems (CS) with or without supplementation was carried out.

In general, diets contained adequate amounts of nutrients for dairy cattle, having PC contents of 15%, average NDF and ADF contents of 50 and 30% respectively and an acceptable offer of Ca and P. There was a difference in IVDMD of diets ( $p < 0.0001$ ), especially in CS diets with supplementation versus CS diet with no supplementation, the difference being more evident at 12 and 24 hours of incubation. After 72 h of incubation, IVDMD ranged between 56.1 and 59.7% ( $p = 0.067$ ). In the early hours of incubation, there were differences in gas production among the four diets ( $p < 0.05$ ), where the ISS with supplementation had the largest and the CS without supplementation the lowest (16.71 vs 9.73 and 36.72 vs 19.94 ml g<sup>-1</sup> OM at 3 and 6 hours, respectively). Meanwhile, the maximum gas production (72 hours) ranged between 184.6 and 195.1 ml g<sup>-1</sup> OM incubated ( $p = 0.0524$ ). Regarding CH<sub>4</sub>, there was no difference between the two diets with supplementation ( $p > 0.05$ ), but there was among those without supplementation ( $p = 0.0029$ ), demonstrating that the presence of *L. leucocephala* reduce these emissions. We conclude that in the absence of supplementation, lower emissions of CH<sub>4</sub> are generated in ISS than in CS. In addition, improved diet quality in ISS can help reduce emissions per kg DM consumed.

**Keywords:** Cattle grazing, climate change, nutritional quality, enteric fermentation, greenhouse gases (GHG), *Leucaena leucocephala*.

\*Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV. Carrera 25 No 6-62 Cali, Colombia. jerivera@fun.cipav.org.co. \*\*Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

## Introducción

La generación de metano ( $\text{CH}_4$ ) durante la fermentación entérica en ruminantes es influenciada por factores ambientales, alimenticios, nutricionales y otros inherentes al animal (Cardona et al., 2005), por lo que las emisiones de este gas pueden variar considerablemente entre países, regiones y sistemas de producción, dificultando su determinación por medio de ecuaciones o factores de emisión predictivos. En consecuencia, se ha coincidido en que el primer paso para determinar las emisiones bajo escenarios particulares, es realizar evaluaciones a nivel local que permitan disminuir la incertidumbre de las

estimaciones y permitir encontrar estrategias de mitigación realmente eficaces (de Klein et al., 2008).

Con el objetivo de ampliar el conocimiento de las emisiones de  $\text{CH}_4$ , degradación y dinámica de fermentación de dietas ofrecidas en escenarios específicos de producción y así conocer su real potencial de mitigación o emisión, se llevó a cabo una evaluación *in vitro* de cuatro dietas ofrecidas en sistemas orientados a la producción de leche en zonas cálidas de Colombia por medio de la técnica de producción de gases.

## Materiales y métodos

**Dietas y sistemas evaluados:** Se evaluaron dos dietas ofrecidas en sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) con *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit asociada a pasturas mejoradas y dos dietas de sistemas convencionales (SC) con *Cynodon plectostachyus* (K.Schum.) Pilg. Los forrajes fueron recolectados bajo condiciones de bs – T en el departamento del Valle del Cauca (Colombia) momentos antes de ser pastoreados. En la Tabla 1 se presentan los componentes y porcentajes de inclusión de las materias primas en las dietas evaluadas.

**Análisis bromatológico:** Las dietas fueron analizadas por su contenido de: proteína cruda (PC, según NTC 4657,1999), fibra en detergente ácido (FDA) y fibra en detergente neutro (FDN) según la técnica secuencial descrita por Van Soest et al. (1991), cenizas (Cen, según AOAC 942.05, 2005), extracto etéreo (EE, NTC 668, 1973), y calcio (Ca) y fósforo (P) por espectrofotometría AA y U.V- VIS basado en NTC 5151 (2003) y 4981 (2001), respectivamente.

**Técnica de producción de gas (TPG):** Esta fue realizada según Theodorou et al. (1994) y la solución tampón fue preparada según Brooks y Theodorou (1997). Las mediciones de presión (PSI) de los gases fueron realizadas a las 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48 y 72 h pos-inoculación y para corregir el volumen de gas

se utilizó la ecuación:  $Y=0,1312 + 4,9203x$ . Los datos fueron ajustados al modelo Gompertz propuesto por Lavrencic et al. (1997). Para determinar la degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) se retiraron frascos a las 12, 24, 48 y 72 h. **Determinación de la producción de metano:** La concentración de metano se determinó usando cromatografía de gases en muestras del gas acumulado durante las primeras 24 h de fermentación. Las condiciones empleadas fueron las existentes en el laboratorio de servicios ambientales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira, Valle del Cauca (Colombia).

**Análisis estadístico:** Los resultados se analizaron siguiendo un diseño de bloques completos al azar. Las variables analizadas fueron: producción de gas (ml) por gramo de materia orgánica (MO), desaparición de MS (%), parámetros obtenidos mediante el modelo de Gompertz, y metano por gramo de MS incubada y materia seca degradada (MSD, g). La comparación de las medias se hizo mediante la prueba de Tukey y el ajuste de los datos del volumen de la producción de gases a modelos matemáticos no lineales se realizó con el PROC NLIN. Para los análisis estadísticos se usó el software SAS®, versión 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2001).

Tabla 1. Porcentaje (%) de inclusión de cada una de los componentes que conforman las dietas ofrecidas en los sistemas trabajados

Dieta	Sistemas Silvopastoriles Intensivos		Dieta	Sistemas Tradicionales	
	El Hatico (TTO1)	Lucerna (TTO2)		El Trejito (TTO3)	Lucerna (TTO4)
<i>C. plectostachyus</i>	50,73	27	<i>C. plectostachyus</i>	46,04	100
<i>L. leucocephala</i>	16,86	23	Concentrado Pellet	31,67	0
Salvado de Arroz	24,54	0	Concentrado Harina	10,56	0
Germen de Maíz	7,88	0	Cogollo de Caña	11,73	0

## Resultados y discusión

En la Tabla 2 se muestran las fracciones químicas de las dietas evaluadas. En general, las dietas tuvieron una composición química adecuada para animales lecheros, con un contenido de PC superior al 15%, niveles promedio de FDN y FDA de un 50 y 30% respectivamente, y una aceptable oferta de Ca y P.

Solamente TTO4 presentó valores aparentemente bajos de PC y niveles elevados de fibra dado que se basaba solamente en la inclusión de *C. plectostachyus*.

A pesar de que las dietas TTO1 y TTO3 contaban con suplementación (harina de arroz y gluten de maíz), sus característi-

## Area 3: Sistemas silvopastoriles y agroforestales: aspectos ambientales y mitigación al cambio climático

Tabla 2. Fracciones químicas de las dietas evaluadas (%)

Tratamientos	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	EE (%)	Cen (%)	Ca (%)	P (%)
<b>TTO1</b>	17,5	47,9	26,9	6,6	8,99	0,41	0,73
<b>TTO2</b>	15,94	60,78	38,6	1,58	10,76	0,45	0,27
<b>TTO3</b>	16,25	51,3	29,2	2,8	10,08	0,73	0,24
<b>TTO4</b>	11,69	69,84	40,87	1,46	11,83	0,28	0,28

PC: Proteína cruda; FDN: Fibra en detergente neutro; FDA: Fibra en detergente ácido; EE: Extracto etéreo; Cen: cenizas; Ca: Calcio; P: Fósforo. TTO1: SSPi con *L. leucocephala* y suplementación; TTO2: SSPi con *L. leucocephala* sin suplementación; TTO3: SC con suplementación; TTO4: SC basado en pasto estrella sin suplementación.

cas químicas no difirieron mucho de las de la dieta TTO2 (dieta silvopastoril sin suplementación). Esto obedece a la inclusión de *L. leucocephala* en TTO2, una leguminosa caracterizada por sus contenidos elevados de PC (<20%) y bajos contenidos de FDN y FDA. Molina et al. (2013) reportaron que esta leguminosa puede contener hasta tres veces más de PC que pasturas comúnmente ofrecidas en condiciones de bs – T. Asimismo, Cardona et al. (2002) y Yousuf et al. (2007) reportaron altos contenidos de PC en leucaena.

**Producción acumulada de gas:** Los forrajes evaluados en mezclas presentaron mayores volúmenes de producción de gas especialmente en horarios tempranos, lo que sugiere efectos sinérgicos entre materias primas. Se ha reportado que la composición química de los forrajes afecta el volumen de gas producido y la máxima de producción de gas.

La producción de gas a los primeros horarios presentó diferencia para las cuatro dietas ( $p < 0,05$ ), teniendo el TTO1 las mayores y el TTO4 las menores (16,71 vs 9,73 y 36,72 vs 19,94 ml g<sup>-1</sup> de MO incubada a las 3 y 6 horas, respectivamente). Esta misma tendencia se mantuvo hasta que a las 36 horas se igualó la producción de gas acumulada ( $p > 0,05$ ). Cabe destacar que a las 72 h, la producción de gas fue de 195,11; 189,08; 186,56 y 184,55 ml g<sup>-1</sup> de MO incubada para TTO4, TTO2, TTO3 y TTO1 respectivamente. Este comportamiento obedece a que TTO1 y TTO3 contenían suplementos como se observa en la Tabla 1 (>30% de la MS total incubada), los cuales tienen mayor tasa de fermentación que los forrajes (Rivera et al., 2013). Es importante destacar que hasta las 36 horas, el TTO2 (SSPi sin suplementación) presentó mayor y más rápida producción de gas que el TTO4, debido a la presencia de *L. leucocephala*.

Además, al final de la incubación, las dietas con mayores contenido de forrajes (TTO4 y TTO2) fueron los tratamientos con mayor acumulación de gas (195,1 y 189,1, respectivamente).

En la Tabla 3 se presentan los parámetros del modelo Gompertz de los tratamientos evaluados. Las producciones máximas de gas (*a*) no tuvieron diferencia ( $p = 0,0524$ ), lo cual es consistente con otros estudios donde se han evaluado forrajeras y algunos suplementos (Sallam et al., 2010).

Al analizar el tiempo que tarda la curva de producción de gas en alcanzar su punto de inflexión (*HPI*), se encontró que TTO4 y TTO2 no presentaron diferencias, pero sí hubo diferencias frente a TTO1 y TTO3 ( $P < 0,05$ ). En general, los tratamientos mostraron bajos HPI, lo cual es representativo de fermentaciones muy constantes y relativamente rápidas. Estos resultados están por debajo a los reportados por Molina et al. (2013) y Naranjo (2014), quienes observaron valores hasta 50% mayores en dietas similares a las de este estudio. Con relación al volumen de gas al punto de inflexión (*GPI*), no hubo diferencias entre dietas ( $p > 0,05$ ), pero sí la hubo para TMPG y FL ( $p < 0,05$ ).

**Degradación de la materia seca:** En la Tabla 4 se muestra la desaparición de MS a las 12, 24, 48 y 72 horas de incubación. Hubo diferencia entre tratamientos a las 12 y 24 horas ( $p < 0,0001$ ), lo que pudo deberse a la presencia de granos en las dietas TTO1 y TTO3, que favorecen dicha degradación.

A las 72 horas de incubación, el TTO1 tuvo el mayor porcentaje de degradación, seguido por TTO2, TTO3 y TTO4. Particularmente para el SSPi sin suplementación (TTO2) se destaca que si bien a las 12 y 24 horas la DIVMS estuvo por debajo de las dietas con suplementación, a las 48 y 72 horas ya no tuvo diferencias ( $p < 0,05$ ) con estas dietas, permitiendo afirmar

Tabla 3. Parámetros del modelo Gompertz encontrados en las dietas evaluadas

Parámetros	TTO1	TTO2	TTO3	TTO4	p-value	EEM
<b>a</b>	185,57 <sup>a</sup>	191,93 <sup>a</sup>	186,63 <sup>a</sup>	192,48 <sup>a</sup>	0,0524	32,950
<b>b</b>	1,13 <sup>b</sup>	1,24 <sup>a</sup>	1,13 <sup>b</sup>	1,28 <sup>a</sup>	0,0004	0,0082
<b>c</b>	0,090 <sup>a</sup>	0,080 <sup>a</sup>	0,089 <sup>a</sup>	0,085 <sup>a</sup>	0,3950	0,0002
<b>HPI</b>	11,82 <sup>b</sup>	16,30 <sup>a</sup>	12,95 <sup>b</sup>	15,40 <sup>a</sup>	<,0001	1,2353
<b>GPI</b>	68,59 <sup>a</sup>	69,78 <sup>a</sup>	67,98 <sup>a</sup>	70,59 <sup>a</sup>	0,2330	8,1300
<b>TMPG</b>	6,44 <sup>a</sup>	5,68 <sup>b</sup>	6,33 <sup>a</sup>	6,47 <sup>a</sup>	0,2908	0,0145
<b>FL</b>	0,98 <sup>c</sup>	3,92 <sup>a</sup>	1,93 <sup>b</sup>	3,56 <sup>a</sup>	<,0001	0,3122

<sup>a,b,c</sup> Medias en una fila con diferente letra son estadísticamente diferentes, acorde con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). A: Producción máxima de gas; b: Diferencia entre el gas inicial y final en un tiempo x; c: tasa específica de acumulación de gas; HPI: hora al punto de inflexión, h; GPI: gas al punto de inflexión, ml; TMPG: tasa máxima de producción de gas, ml hora<sup>-1</sup>; FL: fase lag, h. TTO1: SSPi con *L. leucocephala* y suplementación; TTO2: SSPi con *L. leucocephala* sin suplementación; TTO3: SC con suplementación; TTO4: SC basado en pasto estrella sin suplementación.

Tabla 4 Desaparición de la materia seca a diferentes horarios en cada una de las dietas evaluadas (%).

Horarios de incubación (h)	TTO1	TTO2	TTO3	TTO4	p-value	ECM
12	30,17a	23,49c	28,45b	24,54c	<,0001	3,0793
24	44,03a	39,56b	42,58a	36,70c	<,0001	3,6128
48	53,39a	54,76a	53,43a	52,57a	0,2206	4,6917
72	59,65a	58,59a	59,06a	56,18a	0,0675	7,7028

<sup>a,b,c</sup> Medias en una fila con diferente letra son estadísticamente diferentes, acorde con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). TTO1: SSPi con *L. leucocephala* y suplementación; TTO2: SSPi con *L. leucocephala* sin suplementación; TTO3: ST con suplementación; TTO4: ST basado en pasto estrella sin suplementación; ECM= Error del cuadrado medio.

que la inclusión de *L. leucocephala* en dietas con solo pasturas favorece la degradación de la dieta a pesar de la presencia de taninos condensados (Barahona et al., 2003) y otros metabolitos secundarios (Makkar, 2003) habitualmente encontrados en esta especie.

**Producción de metano:** En la Tabla 5 se observa la producción de metano de las dietas evaluadas.

Las dietas con suplementación no mostraron diferencias ( $p < 0,05$ ). Lo contrario se observó entre las dietas sin suplementación (TTO2 y TTO4) donde si existió diferencia ( $p = 0,0029$ ). Los datos reportados en el presente estudio se encuentran dentro del rango (2 - 12%) reportado por Johnson y Ward (1996). Según Von Bernard et al. (2007) la variación en emisiones tiene una alta relación con la digestibilidad de los forrajes y con componentes como FDN y FDA. Estos dos nutrientes se correlacionan con las emisiones de metano de forma negativa, por lo que

se afirma que los carbohidratos de la pared emiten más metano que los solubles (Archimède et al. 2011).

En referencia al efecto de leucaena sobre las emisiones entéricas de  $\text{CH}_4$  en Australia, se encontró que ésta puede reducir hasta un 30% las emisiones de  $\text{CH}_4 \text{ kg}^{-1}$  de MS consumida (Charmley, 2009), en México se encontró que en los SSPi con leucaena se reduce en 38% la emisión anual de  $\text{CH}_4$  por animal (Solorio, 2011) y en Colombia se encontró que en la presencia de leucaena se reduce en 35% la emisión de metano por kg de materia fermentada (Molina, 2013). Según Blaxter y Clapperton (1965) a mayor digestibilidad, menor producción de metano por unidad consumida. Eso se observó en el presente estudio, ya que la leucaena permite un mayor aporte de nutrientes (Archimède et al., 2011), en especial proteína degradable y carbohidratos solubles, disminuyendo la relación acético/propiónico (Possenti et al. 2008) y la emisión de  $\text{CH}_4$ .

Tabla 5. Producción de metano por g de MS incubada y kg de MS degradada

	TTO1	TTO2	TTO3	TTO4	p-value	ECM
g de $\text{CH}_4 \text{ kg de MS}^{-1}$	20,30 <sup>c</sup>	24,93 <sup>b</sup>	19,58 <sup>c</sup>	26,93 <sup>a</sup>	0,0029	18,51
g de $\text{CH}_4 \text{ kg de MSD}^{-1}$	38,45 <sup>bc</sup>	46,67 <sup>ab</sup>	35,73 <sup>c</sup>	53,53 <sup>a</sup>	0,0016	83,98
EB de la dieta transformada en $\text{CH}_4$ (Ym)	6,93 <sup>c</sup>	7,51 <sup>b</sup>	8,17 <sup>b</sup>	9,10 <sup>a</sup>	0,0212	43,91

<sup>a,b,c</sup> Medias en una misma fila con diferente letra son estadísticamente diferentes, acorde con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). MS: Materia Seca; MSD: Materia Seca Degradada; TTO1: SSPi con *L. leucocephala* y suplementación; TTO2: SSPi con *L. leucocephala* sin suplementación; TTO3: SC con suplementación; TTO4: SC basado en pasto estrella sin suplementación. ECM: Error cuadrado medio.

## Conclusiones

La inclusión de leucaena modificó la fermentación incrementando la producción de gas hacia el inicio de la fermentación. La desaparición de MS no fue afectada por la inclusión de esta leguminosa, pero dados los cambios en la composición de la dieta, la presencia de leucaena podría aportar mayor cantidad

de nutrientes. En lo referente a las emisiones de  $\text{CH}_4$ , entre los dos sistemas con suplementación no hubo diferencias ( $p < 0,05$ ), pero si entre los sistemas sin suplementación, evidenciándose un efecto inhibitorio de la *L. leucocephala* sobre las emisiones (8 % menos  $\text{CH}_4$  por kg de MS consumida;  $p = 0,0029$ ).

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al convenio: “Análisis de sistemas productivos en Colombia para la adaptación al cambio climático”, liderado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR). Los autores también agradecen a los predios Lucerna, El Hatico y El Trejito por haber permitido el desarrollado de algunas actividades dentro de sus instalaciones.

## Bibliografía

- Archimède, H., Eugène, M., Magdeleine, C., Boval, M., Martin, C., Morgavi, D. P., Lecomte, M., Doreau, M., 2011. Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 166-167, 59-64.
- Association Of Official Analytical Chemists (AOAC)., 2005. Official Method 942.05. Determination of Ash in Animal Feed. En *Official Methods of Analysis of AOAC International* (18 ed.). Gaithersburg, MD, USA. pp 3.
- Barahona R., Lascano C. E., Narvaez N., Owen E., Morris P., Theodorou M. K., 2003. In vitro degradability of mature and immature leaves of tropical forage legumes differing in condensed tannin and non-starch polysaccharide content and composition. *J Sci Food Agr.* 83(12),1256–66.
- Blaxter, K. L. & Clapperton, J. L., 1965. Prediction of amount of methane produced by ruminants. *Br. J. Nutr.*, 19(1), 511-522.
- Brooks, A., Theodorou, M. K., 1997. Manual for gas production technique. Institute of Grassland and Environmental Research (IGER), Aberystwyth, UK. pp 90.
- Carmona, J. C., Bolívar, D., Giraldo, L. A., 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Rev Col Cienc Pec*, 18 (1), 49 – 63.
- Charmley, E. 2009. Reducing methane emissions from livestock and the role of *Leucaena*. The *Leucaena* Network 2009 Conference and Annual General Meeting. Disponible en en: <http://www.leucaena.net/conference.htm>
- de Klein, C.A.M., Eckard, R.J., 2008. Targetted technologies for nitrous oxide abatement from animal agriculture. *Aust. J. Exp. Agric.*, 48, 14–20.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)., 1973. NTC 668. Alimentos y materias primas. Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)., 1999. NTC 4657. Alimento para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl. Bogotá, Colombia
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)., 2001. NTC 4981. Alimentos para animales. Determinación del contenido de fósforo. Método espectrofotométrico. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)., 2003. NTC 5151. Alimento para animales. Determinación de los contenidos de Calcio, Cobre, Hierro, Magnesio, Manganeso, Potasio, Sodio y Zinc. Método usando espectrometría de absorción atómica. Bogotá, Colombia.
- Lavrencic, A., Stefanon, B., Susmel, P., 1997. An evaluation of the Gompertz model in degradability studies of forage chemical components. *Anim Sci*, 64, 423 - 431.
- Makkar, H. P. S., 2003. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A laboratory manual. Klumer Academic Publishers. Netherlands. pp 102.
- Molina, I., Cantet, J. M., Montoya, S., Correa, G., Barahona, R., 2013. Producción de metano in vitro de dos gramíneas tropicales solas y mezcladas con *Leucaena leucocephala* o *Gliricidia sepium*. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 8 (2), 15 – 31.
- Naranjo, J., 2014. Tesis doctoral: Evaluación de la fermentación ruminal *in vitro* en dietas simuladas de Sistemas Silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia. pp 156.
- Possenti, R. A., Franzolin, R., Schammas, E. A., Assumpção, J. J., Shiraishi, R. T. Lima, M. A., 2008. Efeitos de dietas contendo *Leucaena leucocephala* e *Saccharomyces cerevisiae* sobre a fermentação ruminal e a emissão de gás metano em bovinos. *R. Bras. Zootec.* 37(8), 1509-1516.
- Rivera, J., Naranjo, J., Cuartas, C., Arenas, F., 2013. Fermentación in vitro y composición química de algunos forrajes y dietas ofrecidas bajo un Sistema Silvopastoril en el trópico de altura. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 25, Article #174. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd25/10/rive25174.htm>
- Sallam, S.M.A.H., Bueno, I.C.S., Godoy, P.B., Nozella, E.F. Vitti, D.M.S.S., Abdalla A.L., 2010. Ruminal fermentation and tannins bioactivity of some browses using a semi-automated gas production technique. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 12, 1-10.
- SAS®. SAS/STAT User's Guide. Institute Inc. Statistical Analysis Systems Institute. Version 9.0 th Ed. Cary, NC.: SAS Institute Inc. 2003.
- Theodorou, M. K., Williams, B. A., Dhanoa, M. S., McAllan, A. B. France, J., 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. 48, 185-197. *Anim Feed Sci Technol*, 48(3-4), 185-197.
- Van Soest, P. J., 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feed. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J Assoc Off Anal Chem*, 46 (5), 829.
- Von Bernard, H., Vilarino, V., & Pineiro, G., 2007. Emisión teórica de metano en tres sistemas de invernada para engorda de ganado en Argentina. *Cienc. Inv. Agr.* 34(2), 121-129
- Yousuf, M. F., Belewu, M. A., Daramola, J. O., Ogundun, N. I., 2007. Protein supplementary values of cassava, leucaena and gliricidia leaf meals in goats fed low quality *Panicum maximum* hay. *Livestock Research for Rural Development*, Volume 19, Article #23. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd19/2/yous19023.htm>



# Influencia de las formas de carbono orgánico en las propiedades edáficas en un sistema silvopastoril de Tucumán, Argentina.

Corbella, R.D.<sup>1\*</sup>; Banegas, N.<sup>1,2</sup>; Caldez, L.B.<sup>3</sup>; Luchina, J.<sup>2</sup>; Plasencia, A. M.<sup>1</sup>; Martínez Calsina, L.<sup>2</sup>  
Ceballos, R. B.<sup>3</sup> y García, J. R.<sup>1</sup>

## Resumen

La materia orgánica es un factor clave en el funcionamiento de los sistemas naturales y cultivados. La determinación de carbono orgánico (CO) y sus fracciones brinda las herramientas para el manejo y monitoreo de los sistemas productivos ya que se encuentra ejerciendo efectos directos e indirectos en suelo. En la región NOA es escasa la información disponible sobre los sistemas silvopastoriles (SSP) en términos de productividad y sus efectos sobre propiedades edáficas con respecto a los sistemas pastoriles (SP). El objetivo fue cuantificar el carbono orgánico de suelo y fracciones, y evaluar su influencia en diferentes propiedades edáficas, comparando dos sistemas productivos (SSP y SP). El ensayo fue en el Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido de INTA, departamento Leales, región de la Llanura deprimida salina tucumana. El área experimental cuenta con 18 has de las cuales 9 has se destinan a los SSP y 9 has a los SP. Se tomaron muestras de suelos a 0-20, 20-50 y 50-100 cm debajo de la copa (T1), entre copa (T2) del SSP, y en el SP (T3). Las muestras fueron llevadas a laboratorio para determinar CO, carbono orgánico particulado (COPa), carbono orgánico pesado (COPE), textura, pH, conductividad eléctrica. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente por ANOVA y el programa INFOSTAT. En los SSP existe un comportamiento diferencial de las variables estudiadas de T1, con respecto a T2, encontrándose mayores valores de CO, COPa, COPe, RE e Infiltración, y menores valores de DA y humedad. El SP mostró un comportamiento semejante en algunas propiedades a T1, mientras que en otras fue similar a T2.

**Palabras clave** Materia orgánica, arboles, pastura, vaquillonas

## The influence of organic carbon forms on edaphic properties in a silvopastoral system of Tucuman Province, Argentina

### Abstract

The organic matter is a key factor in the functioning of the natural and cultivated systems. The determination of organic carbon (CO) and its fractions offers the tools for the management and monitoring of the productive systems as it produces direct and indirect effects on the soil. In the NOA region the information available about silvopastoral systems in terms of productivity and its effects on edaphic properties in relation to pastoral systems is limited. The objective was to quantify the organic carbon of the soil and fractions and evaluate its influence on different edaphic properties, comparing two productive systems (SSP and SP). The trial took place in IIACS in Leales, a region of the Tucumán saline depressed plain. The experimental area has 18 has, 9 of which are for the SSP and 9 to SP. Soil samples of 0-20, 20-50 and 50-100 cm below the tree crown (T1), between tree crowns (T2) of SSP and SP (T3). The samples were taken to the laboratory to determine CO, the particulated organic carbon (COPa), heavy organic carbon (COPE), texture, pH, electric conductivity. The obtained data was analyzed statistically by ANOVA and the INFOSTAT program. The SSP had a different behavior of the variables studied in T1 with respect to T2, finding greater values of C, COPa, RE and infiltration, and lesser values of DA and humidity. T3 showed a similar behavior in some properties to T1, while in others it was similar to T2.

**Key words** Organic matter, trees, pasture, heifers

<sup>1,3</sup> Cátedras Edafología y Manejo de Suelos-Facultad de Agronomía y Zootecnia-UNT. <sup>2</sup> Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido, Centro de Investigaciones Agropecuarias, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. \* roberto.corbella@gmail.com

## Introducción

La materia orgánica (MO) es un factor clave en el funcionamiento de los sistemas naturales y cultivados (Corbella, 2010). En el suelo se encuentra constituida por una variedad de compuestos importantes de complejidad variable y en continuo estado de transformación. En esta mezcla heterogénea de material orgánico no existen límites definidos sin embargo, desde el punto de vista funcional y conceptual es importante fijarlos. Es posible definir varios *compartimentos* con una relación inversa entre tamaño y velocidad de descomposición, donde las fracciones más abundantes se descomponen más lentamente. La disponibilidad para los organismos edáficos de cada uno de estos *compartimentos* dependerá de su composición química, de su relación carbono/nitrógeno (R C/N), de su estado de transformación y su ubicación dentro de la matriz del suelo. Las fracciones más abundantes son las de ciclado más lento, por ello se necesitan gran cantidad de años para observar cambios en sus contenidos como consecuencia del manejo. En cambio, las fracciones menos transformadas y abundantes, pueden ser utilizadas como indicadores tempranos de los cambios que producen las prácticas agropecuarias sobre la dinámica de la MO en el corto plazo. Por lo tanto el conocimiento y la determinación de las diferentes fracciones de MO brindan las herramientas para el manejo y monitoreo de los sistemas productivos permitiendo comprobar la participación de las mismas en las diferentes propiedades del suelo productivo (Galantini *et al.*, 2013).

En la región de la Llanura chacopampeana tucumana, García

*et al.* (2008) determinaron que las pérdidas de las diferentes formas de carbono orgánico, (carbono liviano por ejemplo) se tradujeron en falta de formación y estabilización de la estructura, disminución de la infiltración y de la actividad de la flora edáfica, aumento de la compactación, así como alteraciones en la dinámica del agua y su almacenamiento en el suelo.

Estos estudios fueron conducidos en sistemas principalmente agrícolas, sin embargo, los sistemas ganaderos deben ser evaluados dado el potencial para su establecimiento en la región. En la región se encuentran sistemas pastoriles con base de pasturas megatérmicas, sin embargo Syed Ismail (2004) afirma que los sistemas SSP constituyen una alternativa de producción que favorece el balance de C en el suelo, pues combinan las bondades de las pasturas y las de los árboles. Mientras que las pasturas acumulan el 90% del C y N en la biomasa subterránea, los árboles lo hacen en la madera y la hojarasca (aproximadamente un 60%). Así una mayor biomasa total adecuadamente distribuida y una activación de la dinámica de los nutrientes por la combinación de especies son los beneficios de estos sistemas.

Resulta importante generar información sobre estos sistemas, y su efecto sobre la materia orgánica del suelo, teniendo en cuenta que la misma influye sobre diversas propiedades del suelo y por ende sobre la productividad de los sistemas. El objetivo fue cuantificar el carbono orgánico de suelo y fracciones, y evaluar su influencia en diferentes propiedades edáficas (físicas, físico-químicas, biológicas) en dos sistemas productivos (SSP y SP) de la región.

## Materiales y Métodos

El ensayo se realizó en el Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS) - INTA, departamento Leales, en la región de la Llanura Deprimida salina tucumana (27°11'10.60" S y 65°14'32.45" O) a una altitud de 335 msnm. El clima es de tipo subtropical subhúmedo con estación seca. La precipitación media anual es de 880 mm concentrados de octubre a marzo. La temperatura media anual es de 19 °C, siendo la media del mes más cálido 25°C y la del mes más frío 13 °C. Los suelos son de origen aluvial y corresponden principalmente a Haplustol fluvacuéntico (Soil Taxonomy - USDA) afectados por una napa freática salina permanente y fluctuante. (Zuccardi y Fadda 1985). El área experimental cuenta con 18 has de las cuales 9 has se destinan a los SSP y 9 has a los SP. En el año 1998 se implantaron algarrobos (*Prosopis alba*) en un marco de plantación de 10 m x 10 m en una superficie de 9 ha. En enero de 2010, esas 9 ha con algarrobos y 9 ha contiguas sin algarrobos se sembraron con *Chloris gayana* cv Epica INTA-Pemán. Se delimitaron trece parcelas, de las cuales seis parcelas de 0,9 ha cada una (180 m de largo x 510 m de ancho cada una) son silvopastoriles, seis parcelas de iguales dimensiones son pastoriles puras y una parcela de 0,35 ha (50 m de largo x 70 m de ancho) silvopastoril a la cual

no tienen acceso los animales (esta parcela no se considera un tratamiento en si sino un control o testigo). El pastoreo se realiza con terneras que ingresan al ensayo en mayo y salen en marzo del año siguiente con incremento de peso vivo promedio. La carga animal fue de 3 vaquillonas.ha<sup>-1</sup>. En un diseño completamente aleatorizado, se tomaron muestras de las siguientes profundidades: 0-20, 20-50 y 50 -100 cm en el SSP y en SP (T3). En el caso del SSP, las muestras fueron extraídas debajo de la copa (T1) y entre copa (T2). Las mismas fueron extraídas en noviembre de 2011 y 2012.

Se realizaron las siguientes determinaciones: Químicas: Carbono orgánico por Walkley - Black, escala semimicro SAGyP 29571-2, Carbono orgánico particulado y pesado (Cambardella y Elliot, 1992); Físicas: Textura (Método de la pipeta), Infiltración (doble anillo), Humedad edáfica (método gravimétrico) y Densidad Aparente (método del cilindro); Físico-Químicas: pH (método potenciométrico), Conductividad Eléctrica (método pasta saturada), y Biológicas: respiración edáfica (RE) (Weaver *et al.*, 1994). Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente por ANOVA y test de diferencia de medias (Tukey 0,05) con el programa INFOSTAT (2013).

## Resultados y Discusión

Los valores de CO para los distintos tratamientos se observan en la Tabla 1. En todos los tratamientos se observaron diferencias significativas en profundidad, encontrándose mayores valores en los primeros 20 cm de suelo.

La estratificación del carbono orgánico es común en muchos ecosistemas naturales, bosques y pasturas manejadas, resultado de un mayor aporte de residuos aéreos, biomasa radicular, rizodeposición, falta de movimiento del suelo y una descomposición muy lenta del material por menor contacto con los microorganismos del suelo (Babujia *et al.*, 2010; López-Fando y Pardo 2011; Yang *et al.*, 2012; Banegas *et al.*, 2012). En SSP los valores de CO fueron significativamente menores en el T2 con respecto a T1 hasta los 50 cm de profundidad no determinándose diferencias significativas a mayor profundidad. El SP (T3) mostró una tendencia similar pero con valores de CO significativamente menores al T1. En T1 y T2, posiblemente, el aporte de residuos sobre la superficie del suelo sea mayor con respecto a T3, en ellos se observa un importante cantidad de residuos aéreos de la pastura como así también de los árboles. Similares resultados fueron obtenidos por Carvalho *et al.* (1999) y Mahecha *et al.*, (1999) quienes sostienen que con la sombra natural de los árboles la adición de nutrientes a los sistemas se ve incrementada por deposición de hojarasca y por un sistema radicular profundo que permite aprovechar los nutrientes de profundidades fuera del alcance de las raíces de las pasturas. Los valores de las fracciones de carbono (COPa y COPe) presentaron una tendencia similar a lo observado en CO (Tablas 1 y 2).

El COPa y COPe mostraron igual distribución que el CO, encontrándose los mayores valores en los 20 cm de suelo para todos los tratamientos. Se observa en la Tabla 2 que las fracciones de carbono evaluadas variaron en función del

tratamiento. Las diferencias significativas entre tratamientos se dieron a los 0-20 y 20-50 cm de profundidad en ambas variables (COPa y COPe). Los menores contenidos de estas fracciones en T2 se asocian a una mayor tasa de mineralización, en gran medida producto por la actividad animal (pisoteo) que causa rotura física de los agregados dejando a la MO expuesta al ataque microbiano (Kuzakov, 2002). Es de destacar que en los primeros centímetros de suelos el T3 presenta mayores valores de COPa (materia orgánica parcialmente descompuesta), con respecto a T2, probablemente debido a solo el desarrollo del sistema radicular fasciculado de la pastura megatérmica en este sistema. Los mayores valores de RE en los 20 cm de suelo se asocian en estos sistemas al mayor contenido de CO, y sus fracciones (particularmente el COPa) en esta profundidad con respecto al resto de las profundidades en estudio (Tablas 1, 2 y 3).

A mayor profundidad se produce un descenso en la actividad, asociado a un menor aporte como así también a condiciones menos propicias para el crecimiento y proliferación microbiana (menor concentración de O<sub>2</sub>). Los menores valores de RE en T2 con respecto a T1 y a T3 se deben fundamentalmente a un incremento de la densidad aparente (Tabla 4), parámetro asociado a fenómeno de compactación de suelo, y por ende a una reducción en el espacio poroso del suelo. En T3 los menores valores de DA están relacionados a los mayores valores de COPa, debido fundamentalmente a que esta fracción de carbono orgánico tiende una marcada acción en la mejora de las propiedades físicas del suelo (mayor estabilidad de los agregados principalmente), conjuntamente con una mayor actividad microbiana en los 20 cm de suelo (Tabla 3).

Los beneficios de CO en el suelo no solo se detectaron con los menores valores de DA por mayor porosidad, sino también en

Tabla 1. Valores medios de carbono orgánico (CO), en g.kg suelo<sup>-1</sup>, para los tratamientos T1 y T2 de un sistema silvopastoril y T3 para un sistema pastoril puro

Prof. (cm)	T1	T2	T3
0-20	1,50±0,13bC	1,21±0,05aC	1,18±0,13aC
20-50	0,65±0,09bB	0,31±0,06aB	0,39±0,08bB
50-100	0,19±0,04aA	0,16±0,03aA	0,12±0,05aA

Letras minúsculas distintas en filas indican diferencias significativas (p<0,05).

Letras mayúsculas distintas en columnas indican diferencias significativas (p<0,05).

Tabla 2. Valores medios de carbono orgánico particulado (COPa) y pesado (COPe), en g.kg suelo<sup>-1</sup>, para los tratamientos T1 y T2 de un sistema silvopastoril y T3 para un sistema pastoril puro

	Prof. (cm)	T1	T2	T3
COPa	0-20	0,80±0,10aC	0,39±0,05bC	0,67±0,05cC
	20-50	0,29±0,05aB	0,21±0,09bB	0,27±0,09aB
	50-100	0,13±0,03aA	0,10±0,03aA	0,11±0,03aA
COPe	0-20	0,71±0,12aC	0,83±0,08bC	0,51±0,08cC
	20-50	0,36±0,09aB	0,10±0,06bB	0,12±0,06bB
	50-100	0,07±0,02aA	0,06±0,03aA	0,06±0,03aA

Letras minúsculas distintas en filas indican diferencias significativas (p<0,05).

Letras mayúsculas distintas en columnas indican diferencias significativas (p<0,05).

**Area 3: Sistemas silvopastoriles y agroforestales: aspectos ambientales y mitigación al cambio climático**Tabla 3. Valores medios de respiración edáfica (RE), en  $\mu\text{g CO}_2\text{ g suelo}^{-1}\text{ 10 días}^{-1}$ , para los tratamientos T1 y T2 de un sistema silvopastoril y T3 para un sistema pastoril puro

Prof. (cm)	T1	T2	T3
0-20	1068,42±61,17aC	927,65±32,49bC	1022,4±25,39aC
20-50	668,27±39,14aB	479,60±40,81bB	505,62±46,81bB
50-100	122,77±8,17aA	115,15±4,86aA	99,55±4,50bA

Letras minúsculas distintas en filas indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ).Letras mayúsculas distintas en columnas indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ).

la cantidad de agua ingresada al perfil en los distintos tratamientos. Esto fue medido a través de la Infiltración básica en  $\text{mm.hora}^{-1}$  (T6). Incrementos en DA producen compactación, disminución de la porosidad, afecta el almacenaje (Tabla 5) y el movimiento del agua, como también la toma de nutrientes. Los valores promedios de humedad edáfica, determinados a la profundidad de 0-20 cm, explican que el mayor consumo de agua lo ejerce el sistema integrado por sistema radicular arbóreo asociado a pastura y por ende con la mayor tasa evapotranspiratoria.

Relacionando la tasa de infiltración con el mayor contenido de humedad en suelo, se demostró que el sistema P es capaz de almacenar mayor humedad edáfica. Esto se contradice con otras investigaciones realizadas (Ney Ríos *et al* 2000) donde afirman que la cobertura arbórea, más que la herbácea, contribuye a incrementar la infiltración en el suelo. Dentro de las parcelas de SSP la situación T2 presentó la menor tasa de infiltración como consecuencia de valores altos de DA, menor contenido de carbono liviano (COPa), asociados a un mayor tránsito y permanencia del ganado.

Tabla 4. Valores medios de densidad aparente (DA), en  $\text{gr cm}^{-3}$ , para los tratamientos T1 y T2 de un sistema silvopastoril y T3 para un sistema pastoril puro

Prof. (cm)	T1	T2	T3
0-10	1,26a	1,35b	1,25a

Letras minúsculas distintas en filas indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ).

Tabla 5. Valores medios de humedad gravimétrica (He), en %, para los tratamientos T1 y T2 de un sistema silvopastoril y T3 para un sistema pastoril puro

Prof. (cm)	T1	T2	T3
0-20	14,56 a	15,32 a	18,23 c

Letras minúsculas distintas en filas indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ).Tabla 6. Valores medios de Infiltración básica (Ib), en  $\text{mm hora}^{-1}$ , para los tratamientos T1 y T2 de un sistema silvopastoril y T3 para un sistema pastoril puro

Prof. (cm)	T1	T2	T3
Superficial	12,06 b	8,98 c	14,64 a

Letras minúsculas distintas en filas indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ).

## Conclusiones

En los SSP existe un comportamiento diferencial de las variables estudiadas bajo copa, con respecto a entre copa, encontrándose mayores valores de CO, COPa, COPe, RE e Infiltración, y menores valores de DA y humedad.

El SP mostró un comportamiento semejante en algunas propiedades a bajo copa, mientras que en otras fue similar a entre copa.

La copa de árboles actúa con un efecto protector, permitiendo mejorar los contenidos de algunas variables que hacen a la

sostenibilidad del sistema, constituyéndose como un factor importante para el ciclo de nutrientes en sistemas silvopastoriles.

La compactación de suelo afecta adversamente la fertilidad física, el almacenaje y el movimiento del agua, como también la dinámica de nutrientes, a través del incremento de la DA, la disminución de la porosidad y la infiltración.

El sistema de pastura puro es capaz de almacenar mayor humedad edáfica.

## Bibliografía

- Babujia, L.; M Hungria; J.C Franchini y P.C Brookes. 2012. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. *Soil Soil Biology & Biochemistry*, 42: 2174-2181.
- Cambardella, C.A y E.T Elliott. 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal*, 56: 777-783.
- Corbella et al 2012 Variaciones de las diferentes fracciones de Carbono Orgánico en suelos agrícolas del este Tucumano. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo
- Chaparro, L.A. 2005. Análisis financiero de sistemas agrosilvopastoriles multiestrata y agroforestales, en fincas ganaderas convencionales del Departamento de Santander, Colombia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE.
- Foloni, J; J Calonego y S De Lima. 2003. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. *Pesqu. Agropec. Brasil*, 38:947 - 953.
- Galanti et al 2013. Calidad y dinámica de las fracciones orgánicas en sistemas naturales y cultivados. INTA.
- García, J.R., Sanzano G. A. y Corbella, R. D. 2008. Indicadores de Suelo para la producción de granos en Tucumán XXI congreso de la Ciencia del Suelo. San Luis.
- Golluscio, R. 2009. Receptividad ganadera: marco teórico y aplicaciones prácticas. *Ecología Austral*, 19: 215-232.
- Jarillo-Rodríguez, J; B. Valle de la Mora; E Castillo Gallegos y L Ramírez y Avilés. 2010. Efecto de la carga animal sobre características del suelo y de la vegetación en un pastizal nativo del trópico húmedo de Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12: 373-388. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93913070018>.
- Kuzyakov, Y. 2002. Review: Factors affecting rhizosphere priming effects. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 165: 382-396.
- Martínez, E.; Fuentes J.P.; Acevedo, E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 8: 68-96.
- López-Fando, C y M.T Pardo. 2011. Soil carbon storage and stratification under different tillage systems in a semi-arid region. *Soil & Tillage Research*, 111: 224-230
- Murgueitio, E. 2000. Sistemas agroforestales para la producción ganadera en Colombia. *Pastos y Forrajes* 23(3):235 - 250
- Nelson, D y L Sommers. 1982. Methods of soil analysis. In: Page, A (ed), *Agronomy 9, ASA, SSSA*, 539-579
- Ney Ríos, Hernán Andrade y Muhammad Ibrahim "Evaluación de la recarga hídrica en sistemas silvopastoriles en paisajes ganaderos" Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.
- Weaver, R; J Angle y P Bottomley. 1994. Methods of soil analysis. Part 2: Microbiological and biochemical properties. *SSSA Book Series 5*, Madison, USA.
- Wilson, J.R; Ludlow, M.M. 1991. The environment and potential growth of herbage under plantations. In Shelton. *Forages for plantations crops*. Canberra, AU, ACIAR. p. 10-24. (ACIAR Proceedings No. 32).
- Wong, V.N.L; R.S.B Greene; B.W Murphy; R.Dalal y S Mann. 2005. Decomposition of added organic material in salt-affected soils. En: Roach I.C. ed. *Regolith 2005 - Ten Years of CRC LEME*. CRC LEME, pp. 333-337.
- Yang, X.; W. Ren; B. Sun y S. Zhang. 2012. Effects of contrasting soil management regimes on total and labile soil organic carbon fractions in a loess soil in China. *Geoderma*, 177-178: 49-56.
- Zuccardi, Ramón B. y Fadda, Guillermo S. 1985. Bosquejo Agrológico de la Provincia de Tucumán. *Miscelánea N° 86*. FAZ - UNT. ISSN 0325.

# Impacto de diferentes usos ganaderos sobre las comunidades de coleópteros en pastizales y bosque nativo de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Tierra del Fuego

MV Lencinas; RM Soler; G Martínez Pastur; PL Peri, JM Cellini; M Barrera. \*

## Resumen

La producción de ganado ovino y vacuno influye diferencialmente sobre el suelo y la vegetación de los ecosistemas naturales, pudiendo afectar las comunidades de insectos que allí habitan. El objetivo de este trabajo fue cuantificar el impacto de prácticas ganaderas tradicionales con ovinos y vacunos sobre las comunidades de coleópteros en pastizales nativos y bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Tierra del Fuego. Se seleccionaron sitios con ganado ovino y vacuno, con distinta intensidad de uso (poco-mucho) lo cual se corroboró mediante conteo de heces. En cada sitio se evaluó la riqueza y abundancia de coleópteros mediante trampas tipo pit-fall. La riqueza fue similar entre pastizales y bosques, y entre intensidad de uso, pero levemente diferente entre tipos de ganado, donde los sitios con vacas presentaron menor riqueza de coleópteros que los sitios con ovejas. Asimismo, los sitios con vacas tuvieron una riqueza similar entre aquellos con distinta intensidad de uso, pero en los sitios con ovejas la riqueza con mucho uso fue 5 veces mayor que con poco uso. La abundancia de coleópteros fue diferente para el tipo de ganado y la intensidad de uso, ya que en sitios con ovejas se esta se triplicó respecto de los sitios con vacas, y lo mismo ocurrió entre poco y mucho uso ganadero. La producción ovina, como así también la mayor carga de ganado, produce cambios que incrementan los niveles de riqueza y abundancia de coleópteros (principalmente mayor humedad y altura del estrato herbáceo), que facilita el ingreso de especies proveniente desde otros ambientes y/o aumenta la abundancia de algunas especies.

**Palabras clave:** abundancia, biodiversidad, conservación, riqueza, silvopastoril

## Impact of different livestock activities on beetle communities in native grasslands and ñire forest (*Nothofagus antarctica*) in Tierra del Fuego

## Abstract

The production of sheep and cattle differentially influences soil and vegetation of natural ecosystems and can affect insect communities that inhabit there. The aim of this study was to quantify the impact of traditional farming practices with sheep and cattle on communities of beetles in environments of native grasslands and ñire (*Nothofagus antarctica*) forests in Tierra del Fuego. Sites grazed by sheep and cattle, with different intensity of use (low-high), which was confirmed by counting feces, were selected. At each site, pit-fall traps were installed to evaluate richness and abundance of beetles. Richness was similar between grassland and forest, and between use intensities, but slightly different between sheeps and cattles, where sites with cows had less richness than sites with sheeps. Also, sites with cows had similar richness between low and high use intensities, but sites with sheep had 5 times greater richness in high than in low use intensities. Abundance was different for sheep and cattle and intensity of use, showing that sheep sites tripled the abundance of cow sites, and the same happened between low and high use intensities. Sheep production, as well as increments in quantity of animals in each site, produce changes that increase levels of richness and abundance of beetles (mainly greater soil moisture and higher herbaceous layer), which facilitate the entry of species from other environments and/or increase in the abundance of some species.

**Key words:** biodiversity, conservation, insect diversity, richness, silvopastoral

\* Lab. de Recursos Agroforestales, CADIC-CONICET. Houssay 200 (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego. vlencinas@cadic-conicet.gob.ar

## Introducción

La cría de ganado doméstico (vacas y ovejas), ha sido históricamente una de las principales actividades productivas en Patagonia Sur desde la llegada de los europeos. Como consecuencia se evidencian diversos grados de impacto ecológico, desde la modificación de las comunidades vegetales originales a la pérdida de cubierta vegetal, transformación de su fisonomía o degradación del ecosistema. Las variaciones en la composición específica de las comunidades vegetales repercuten en otros organismos propios de estos ecosistemas, como los insectos, que pueden depender de las plantas en determinadas etapas de su ciclo de vida. La alta vulnerabilidad de los insectos frente a cambios drásticos en las condiciones originales en las que cumplen su ciclo de vida (Jacobs et al. 2007), se debe a los estrechos requerimientos de nicho y a la elevada sensibilidad que tienen muchas especies (Apigian et al. 2006). Por otra parte, los cambios en las comunidades de insectos podrían afectar a su vez distintos procesos ecosistémicos, como la degradación de materia orgánica y el reciclado

de nutrientes (Bustamante Sánchez et al. 2004). Dentro de la entomofauna activa a nivel del suelo, uno de los órdenes más sensibles a las actividades productivas y reconocidos como indicadores de manejo sustentable en todo el mundo (Sackmann et al. 2005; Borgelt y New 2006), es Coleopterae, que además es uno de los más importantes en los bosques de *Nothofagus* en términos de riqueza y abundancia (Spagarino et al. 2001; Lencinas et al. 2008).

El impacto de los distintos tipos de ganado bovino y ovino sobre la biodiversidad es un tema vagamente explorado en Patagonia Sur. Considerando que los sistemas silvopastoriles procuran ser ecológicamente viables (Peri, 2009), sería preciso optimizar la conservación de especies sensibles a dichas prácticas de manejo. El objetivo de este trabajo fue cuantificar el impacto de prácticas ganaderas tradicionales con ovinos y vacunos sobre las comunidades de coleópteros en ambientes de pastizales nativos y bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Tierra del Fuego.

## Materiales y Métodos

Se realizaron 24 muestreos de la entomofauna de coleópteros activos a nivel del suelo, en pastizales naturales (14 sitios) y bosques de ñire (10 sitios), comparando sitios con distinta intensidad de uso (mucho-poco). La intensidad de uso actual se corroboró por observación directa de animales en el campo y mediante conteo de heces frescas en transectos de 50 m de longitud y 2 m de ancho. En cada sitio se instalaron un set de 5 trampas tipo pit-fall, distanciadas aproximadamente 5 m unas de otras. Cada trampa (12 cm de diámetro y 14 cm de profundidad), contuvo en su interior 300 ml de agua con detergente comercial para romper la tensión superficial del agua. Las trampas permanecieron activas durante una semana, realizándose los muestreos entre la segunda quincena de enero y la primera quincena de febrero. Cada individuo colectado se

determinó taxonómicamente a la menor categoría posible, y se contaron los individuos de cada taxón. En el caso de no poder identificarlos a nivel de especie, se los clasificó en morfoespecies (se utilizará el término “especie” para referirse a la suma de ambas). Asimismo, en cada sitio se midió la altura del estrato herbáceo y la humedad volumétrica del suelo a 6 cm de profundidad (probeta de medición tipo TDR), mediante promedios de 5 puntos de muestreo. Los datos de riqueza (cantidad de especies) y abundancia (cantidad de individuos) se analizaron mediante ANOVAs triples, considerando la fisonomía (pastizal-bosque), el tipo de ganado (vacas-ovejas) y la intensidad de uso (mucho-poco) como factores principales de análisis. Luego, se aplicó un test de Tukey a posteriori ( $p < 0,05$ ) para separar las medias.

## Resultados y discusión

Se colectaron 578 ejemplares de 54 especies de coleópteros (22 de estas fueron raras, con 1 o 2 individuos en todo el muestreo), pertenecientes a las familias Brentidae (1 morfoespecie), Carabidae (9 especies), Chrysomelidae (2 morfoespecies), Coccinellidae (1 morfoespecie), Curculionidae (11 especies y 14 morfoespecies), Erotylidae (2 morfoespecies), Perimylopidae (1 especie), Ptiliidae (1 morfoespecie), Scaphidiidae (1 morfoespecie), Scarabeidae (3 especies), Staphylinidae (5 morfoespecies), Scolytidae (1 morfoespecie) y Tenebrionidae (2 especies), además de 1 morfoespecie que no pudo ser determinada a nivel de familia. De la riqueza total de coleópteros, el 30% (16 especies) fue común a ñirantales y pastizales, el 46% (25 especies) fue exclusivo de pastizales, y el 24% (13 especies) fue exclusivo de ñirantales.

En relación a la riqueza de especies, no se encontraron diferencias de acuerdo a la fisonomía y la intensidad de uso, y sólo hubo diferencias marginalmente significativas en tipo de ganado, donde los sitios con vacas presentaron menor riqueza que los pastoreados con ovejas (Tabla 1). No se detectaron interacciones entre factores, pero se observó que la riqueza en los bosques de ñire fue similar entre intensidades de uso, mientras que en pastizales muy pastoreados la riqueza duplicó la de poco pastoreados por incremento en especies de Curculionidae. Asimismo, los sitios con vacas tuvieron una riqueza similar entre intensidades de uso, pero en los pastoreados con ovejas fue mayor en sitios con mucha intensidad de uso que en poco uso (Figura 1), también por incremento en especies de Curculionidae y Carabidae.

En relación a la abundancia de especies, se encontraron di-

*Area 3: Sistemas silvopastoriles y agroforestales: aspectos ambientales y mitigación al cambio climático*

Tabla 1. Análisis de riqueza de especies y abundancia de coleópteros en bosques de ñire y pastizales de Tierra del Fuego con distinta intensidad de uso ganadero ovino y vacuno.

Factor		Riqueza	Abundancia
A: fisonomía	Ñire	6,37	23,43
	Pastizal	8,30	25,68
	<i>F (p)</i>	1,56 (0,229)	0,05 (0,829)
B: Ganado	Vacas	5,79	12,06 a
	Ovejas	8,88	37,06 b
	<i>F (p)</i>	4,03 (0,062)	5,94 (0,026)
C: Intensidad	Poco	6,45	12,37 a
	Mucho	8,23	36,75 b
	<i>F (p)</i>	1,33 (0,265)	5,65 (0,030)
A*B	<i>F (p)</i>	0,05 (0,825)	0,20 (0,658)
A*C	<i>F (p)</i>	0,98 (0,336)	0,04 (0,847)
B*C	<i>F (p)</i>	2,03 (0,173)	6,80 (0,019)
A*B*C	<i>F (p)</i>	0,38 (0,548)	0,02 (0,895)

F= prueba de Fisher, p= probabilidad. Las letras indican diferencias significativas (Tukey  $p < 0,05$ ).

ferencias significativas para el tipo de ganado y la intensidad de uso (Tabla 1). La abundancia en sitios con ovejas triplicó la de sitios con vacas, y lo mismo ocurrió entre poco y mucho uso ganadero. Sin embargo, se detectaron interacciones entre tipo de ganado e intensidad de uso, ya que los sitios con vacas tuvieron una abundancia similar entre poco y mucho uso, pero en sitios con ovejas la abundancia fue 5 veces mayor con mucho uso que con poco uso. Dicho incremento en abundancia corresponde no solo a individuos de especies que ingresan al sistema, sino al aumento poblacional de especies presentes en ambos, por ejemplo de Staphylinidae o Erotylidae.

Cabe mencionar que hubo especies poco abundantes de los pastizales que desaparecieron en sitios con mucha intensidad de uso, como *Antarctobius hyadesii* (Curculionidae) y *Barypus clivinoides* (Carabidae), así como otras que no llegaron a desaparecer pero disminuyeron su abundancia (ej., *Picnochila fallaciosa*, Carabidae). Por el contrario, no se observó pérdida de especies ni disminuciones de abundancia en ñirantales con mucho pastoreo. Es probable que

algunas especies sean sensibles a cambios que ocurren en las condiciones de suelo y vegetación en las que cumplen su ciclo de vida (Jacobs et al., 2007).

Por otro lado, las ovejas al ser más selectivas que las vacas (Borrelli y Oliva 2001) podrían modificar en mayor grado la dominancia de las especies menos palatables o de especies exóticas no forrajeras (Lencinas et al. 2014), lo cual afectaría las poblaciones de insectos. En sitios con ovejas, la altura de la vegetación herbácea fue menor que en sitios con vacas, así como la humedad del suelo (Figura 2). Esto podría modificar las condiciones de humedad en el estrato herbáceo más bajo, lo cual podría estar afectando a las comunidades de insectos (Jacobs et al., 2007).

Este estudio dimensiona el ensamble actual de coleópteros en pastizales y ñirantales bajo uso ganadero y lo correlaciona con la intensidad de uso y el tipo de ganado observados. Sin embargo, sería conveniente contar con mayor información sobre la historia de uso de los sitios al menos en el último decenio para profundizar el estudio de los impactos a largo plazo de la ganadería en dichos ambientes.



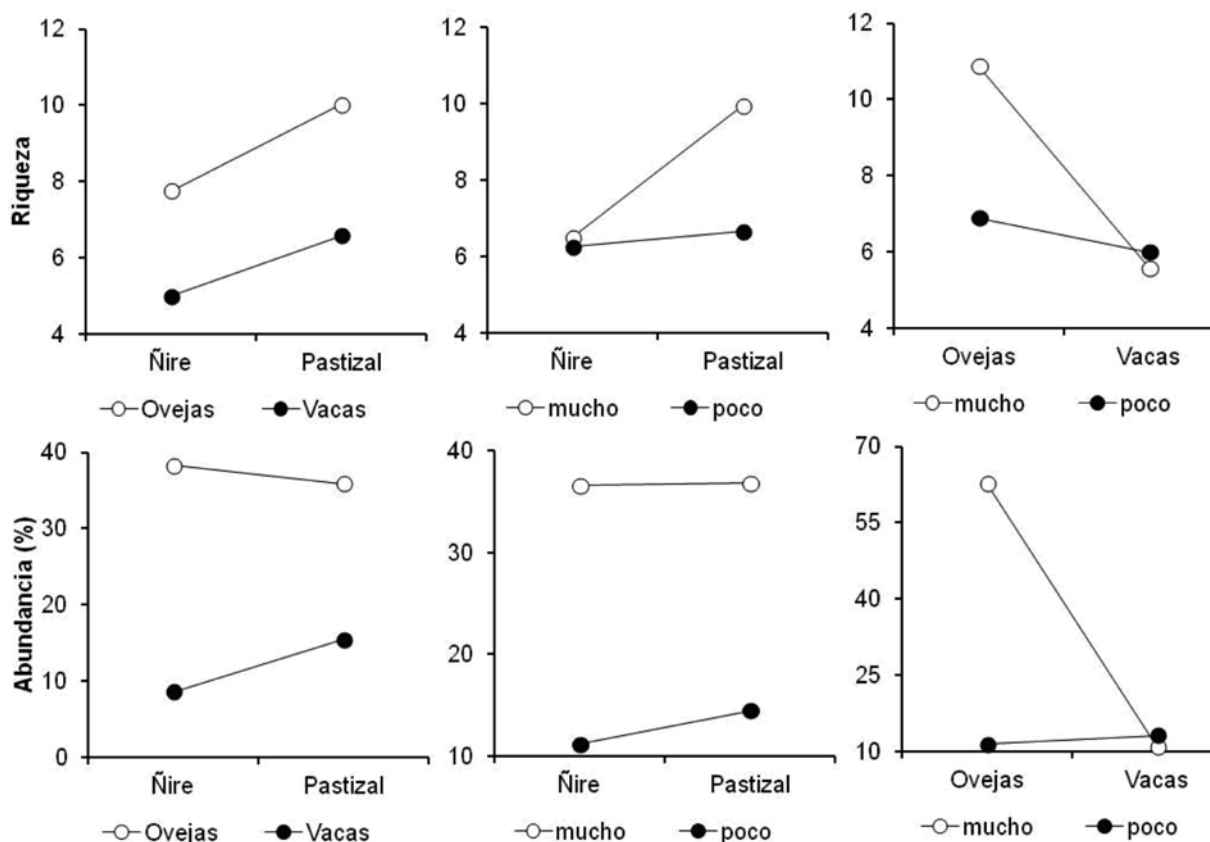
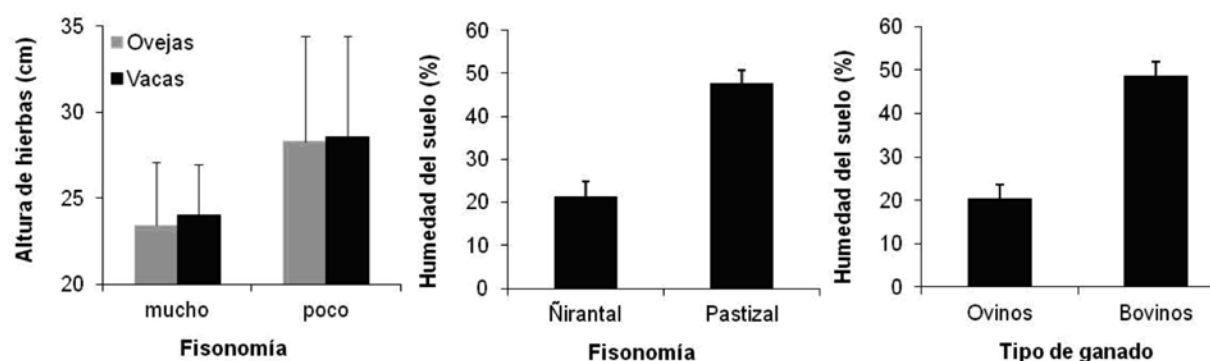


Figura 1. Valores promedio de riqueza y abundancia de coleópteros

Figura 2. Valores promedio ( $\pm$  error estándar) de la altura del estrato herbáceo y la humedad del suelo en los sitios de muestreo en Tierra del Fuego.

## Conclusiones

En pastizales y bosques de ñire de Tierra del Fuego pastoreados con ovinos, y comparados con bovinos, se encontró mayor abundancia y ligeramente mayor riqueza de especies de coleópteros. El mismo efecto se observó con una mayor intensidad de uso ganadero. Esto no significa una ventaja de un sistema respecto de otro, sino que refleja los

diferentes impactos que tienen ambos tipos de ganado y la influencia de la carga ganadera sobre la composición de especies. La información generada, relativa a la conservación de insectos en los ambientes analizados, debería considerarse en los planes de manejo silvopastoriles en Tierra del Fuego.

## Bibliografía

- Apigian, K.O., Dahlsten, D.L., Stephens, S.L. 2006. Biodiversity of coleoptera and the importance of habitat structural features in a Sierra Nevada mixed-conifer forest. *Environmental Entomology* 35(4): 964-975.
- Borrelli, P., Oliva, G. 2001. Efectos de los animales sobre los pastizales. Cap. 4. pp 99-128. En: *Ganadería Sustentable en la Patagonia Austral*. Borrelli, P. y G. Oliva. Ed. INTA Reg. Pat. Sur. 269 pp.
- Borgelt, A., New, T.R. 2006. Pitfall trapping for ants (Hymenoptera, Formicidae) in mesic Australia: what is the best trapping period? *Journal of Insect Conservation*, 10(1): 75-77.
- Bustamante Sánchez, M.A., Grez, A.A., Simonetti, J.A. 2004. Dung decomposition and associated beetles in a fragmented temperate forest. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 107-120.
- Jacobs, J.M., Spence, J.R., Langor, D.W. 2007. Influence of boreal forest succession and dead wood qualities on saproxylic beetles. *Agricultural and Forest Entomology* 9(1): 3-16.
- Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Anderson, C.B., Busso, C. 2008. The value of timber quality forests for insect conservation on Tierra del Fuego Island compared to associated unproductive environments. *Journal of Insect Conservation* 12: 461-475.
- Lencinas, M.V., Soler, R., Martínez Pastur, G.J., Kreps, G., Peri, P. L. 2014. Estudio comparativo de intensidades de uso ganadero por bovinos y ovinos en sotobosque de *Nothofagus antarctica* (Forster f.) Oersted y pastizales alledaños. *Actas 16° Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales*. Eldorado, Misiones, pp. 497-507.
- Peri, P.L. 2009. Sistemas Silvopastoriles en Patagonia: revisión del conocimiento actual. 1° Congreso de Sistemas Silvopastoriles, 10pp. Posadas (Misiones), 14-16 de Mayo.
- Sackmann, P., Ruggiero, A., Kun, M., Farji-Brener, A.G. 2005. Efficiency of a rapid assessment of the diversity of ground beetles and ants, in natural and disturbed habitats of the Nahuel Huapi region (NW Patagonia, Argentina). *Biodiversity and Conservation* 15(6): 2061-2084.
- Spagarino, C., Martínez Pastur, G., Peri, P.L. 2001. Changes in *Nothofagus pumilio* forest biodiversity during the forest management cycle: 1. Insects. *Biodiversity and Conservation* 10: 2077-2092.

# Estimación de la huella de carbono en sistemas silvopastoriles intensivos y convencionales para la producción de leche bovina en Colombia

J. E. Rivera Herrera\*; J. D. Chará\*, E. Murgueitio Restrepo y R. Barahona Rosales\*\*

## Resumen

En los últimos años se han promovido sistemas bovinos con menores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por unidad de producto, pero existen pocas evaluaciones que permitan conocer su verdadero potencial de mitigación. Con el objetivo de estimar las emisiones de GEI en la producción de leche y perfilar alternativas de mitigación, se analizó la huella de carbono (HC) de tres sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) y tres sistemas convencionales (SC) ubicados en lugares contrastantes de Colombia. Se usó la estructura metodológica ISO 14040 y 14044, los límites fueron hasta el punto en que la leche es vendida en finca y las unidades funcionales utilizadas fueron: leche corregida por grasa y proteína (LCGP) y por energía (LCE), kg de proteína y kg de grasa producida. En los tres lugares, los SSPi tuvieron HC menores que los SC. En promedio, los SSPi presentaron 15% menos emisiones para la producción de un kg de LCGP, 20% menos para producir un kg de grasa y un 15% menos para producir un kg de proteína. Dentro de las fincas el gas con mayor contribución a las emisiones ( $\text{CO}_2$  eq.), fue el  $\text{CH}_4$  (65% de los GEI totales); y fuera de estas el gas de mayor importancia fue el  $\text{CO}_2$  que representó cerca del 70%. La HC en cada escenario fue 1,87 Vs 2,05; 1,96 Vs 2,19 y 2,55 Vs 5,05 kg de  $\text{CO}_2$  eq/kg de leche LCGP, para los SSPi y SC en zonas de altura, trópico seco bajo y zonas ácidas bajas, respectivamente. Los SSPi son una alternativa válida para obtener menores cargas ambientales en la ganadería, gracias a su menor dependencia de insumos externos como fertilizantes y alimentos concentrados y a que no se afecta la productividad. Además, la inclusión de arbustivas como *L. leucocephala* y *T. diversifolia* contribuye a reducir las emisiones de  $\text{CH}_4$  producto de la fermentación entérica.

**Palabras clave:** Bovinos en pastoreo, calentamiento global, fermentación entérica, gases de efecto invernadero (GEI), mitigación.

## Estimating of the carbon footprint in traditional and intensive silvopastoral systems for the production of milk in Colombia

## Abstract

In recent years, farming systems that could lead to lower emissions of greenhouse gases (GHG) emissions per unit of output have been promoted, but there are few evaluations that reveal their true mitigation potential. In order to estimate GHG emissions in the production of milk and outline mitigation alternatives, the carbon footprint (CF) of three intensive silvopastoral systems (ISS) and three conventional systems (CS) located in contrasting points in Colombia was analyzed. The methodological structure of ISO 14040 and 14044 was used and the system boundaries were when milk is sold in the farm and the functional units used were milk corrected for fat and protein (FPCM) and energy corrected milk (ECM), kg of milk protein and kg of milk fat produced. In all three locations, the CF of ISS were lower than that of CS. On average, ISS presented 15% less emissions to produce one kg of FPCM, 20% less to produce a kg of milk fat and 15% less to produce a kg of milk protein. Within farms, the gas with greatest contribution to the emissions ( $\text{CO}_2$  eq) was  $\text{CH}_4$  (65% of total GHG); and off-farm, the most important gas was  $\text{CO}_2$ , representing about 70%. The CF was 1.87 vs 2.05; 1.96 vs. 2.19 and 2.55 vs. 5.05 kg of  $\text{CO}_2$  eq/kg of FPCM, for highland, dry tropical lowland and acid lowland ISS and CS, respectively. The ISSs are a valid alternative to lower environmental burdens in livestock production, thanks to its lower dependence on external inputs such as fertilizers and concentrates and that animal productivity is not reduced. Furthermore, the inclusion of *L. leucocephala* and *T. diversifolia* helps reduce enteric  $\text{CH}_4$  emissions.

**Keywords:** Cattle grazing, enteric fermentation, greenhouse gas emissions (GHG), global warming, mitigation.

\* Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV. Carrera 25 No 6-62 Cali, Colombia. jrivera@fun.cipav.org.co. \*\*Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

## Introducción

La ganadería bovina ha estado asociada a una alta generación de gases de efecto invernadero (GEI), degradación de los recursos naturales y bajos estándares de producción (Steinfeld et al., 2006 Murgueitio et al., 2010). Con unas emisiones estimadas en 7,1 gigatoneladas (GT) de CO<sub>2</sub>-eq por año, que representan el 14,5% de las emisiones de GEI inducidas por el ser humano, esta actividad incide de manera importante en el cambio climático (CC), siendo la producción de carne y leche de vacuno, responsable de la mayoría de las emisiones al contribuir con el 41% y el 29% respectivamente de las emisiones totales del sector (Gerber et al., 2013).

Debido a este contexto, se han promovido iniciativas enfocadas a favorecer el medio ambiente por medio de sistemas productivos capaces de generar un menor impacto ambiental, gracias a principios agroecológicos que logran tener un enfoque integral

al incluir los aspectos productivos, técnicos, sociales, económicos y ambientales (Jarvis et al., 2010; Murgueitio et al., 2011). A pesar de esto, existen pocos estudios del potencial de estos sistemas bajo condiciones tropicales para generar menores impactos ambientales que los sistemas convencionales, por lo que existe la necesidad de estudiar cómo estos sistemas pueden contribuir a mitigar los diferentes impactos de la ganadería y favorecer el mejor uso de los recursos (Jarvis et al., 2010; Giraldo et al., 2011; Nardone, 2012; Rivera et al., 2014).

Con el objetivo de estimar las principales emisiones de GEI generadas en la producción bovina de leche bajo tres condiciones colombianas y así contribuir a perfilar alternativas de mitigación a nivel local, se calculó la Huella de Carbono (HC) en diferentes Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) como en sistemas convencionales.

## Materiales y métodos

**Sistemas bajo estudio:** Se evaluaron tres SSPi en tres zonas contrastantes del país junto con sus respectivos sistemas convencionales ((1) SSPi con *T. diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. y *P. clandestinum* Hochst. ex Chiov. en zonas altas (> 2000 msnm); (2) SSPi con *T. diversifolia* y pasturas del género *Brachiaria* y guineas en zonas ácidas; y (3) SSPi con *L. leucocephala* (Lam.) de Wit asociada *Cynodon plectostachyus* (K.Schum.) Pilg. y *Megathyrus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs). Las características y desempeños productivos de cada sistema fueron obtenidos a partir de encuestas en cada uno de los lugares, diferentes trabajos reportados por autores como Rivera et al. (2011); Gaviria et al. (2012); Cuartas 2013 y Murgueitio et al. (2012), y reportes de estamentos gubernamentales y gremios como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN).

**Huella de carbono:** Para el análisis de HC se usó la estructura metodológica basada en las normas ISO 14040 y 14044 (ISO, 2006a, b). Según las condiciones de este estudio las fases metodológicas se describen a continuación:

**Objetivo y alcance:** El análisis fue desarrollado hasta el punto en que el producto principal generado es vendido en la finca. Las unidades funcionales (UF) utilizadas fueron: kg de leche corregida por grasa y proteína (LCGP), Kg de leche corregida por energía (LCE), kg de proteína y kg de grasa producida y la categoría de impacto ambiental trabajada fue el potencial de calentamiento global, por tratarse de un análisis de HC.

**Inventario de HC:** Durante esta etapa se colectó la información necesaria para estimar las emisiones en cada sistema.

Dentro de la evaluación se tuvo en cuenta, entre otros aspectos importantes, los materiales utilizados directamente en los procesos productivos como: cantidad de fertilizante utilizado, alimento balanceado ofrecido, intensidad del transporte de insumos, capacidad de carga, inventario ganadero, entre otros.

**Evaluación de impacto:** En esta etapa la información colectada en el inventario de cada sistema fue analizada para determinar cómo se traducen en impactos (emisiones de GEI); para el caso del estudio los impactos incluidos en el análisis se presentan en la Tabla 1.

Para las diferentes estimaciones se usaron factores de emisión encontrados en fuentes bibliográficas tratando en lo posible de identificar impactos tanto a nivel de finca como fuera de esta, producto de la elaboración de algunos insumos y su transporte.

**Emisiones dentro del predio:** Las estimaciones a nivel de predio estuvieron enfocadas a las principales fuentes de emisión que tradicionalmente son manejadas en sistemas ganaderos. Las fuentes de emisión de CH<sub>4</sub> fueron: fermentación entérica, emisiones por excretas a nivel de potrero y emisiones en praderas producto de algunas reacciones anaerobias, las cuales fueron estimadas siguiendo los factores de emisión (FE) reportados por Marín (2013); Sneath et al. (2006); IPCC (2006); Molina (2013) y Nascimento (2007), además, de estimaciones basadas en los lineamientos del IPCC (2006) Tier 2.

En cuanto a las emisiones de N<sub>2</sub>O, las fuentes incluidas en el análisis estuvieron relacionadas con la fertilización con fuentes químicas y excreción de N vía heces y orina, siguiendo

**Tabla 1.** Impactos ambientales a evaluar y unidades de cuantificación.

Impacto medioambiental	Unidad	Contribución	Factor
<b>Potencial de calentamiento Global</b>	Kg CO <sub>2</sub> – eq.	CO <sub>2</sub>	1
		CH <sub>4</sub>	23
		N <sub>2</sub> O	298

las recomendaciones del IPCC (2006). Las cantidad de N excretado fue calculada a partir de la digestibilidad de la proteína cruda de las dietas ofrecidas en cada uno de los sistemas (Rivera et al., 2012; Cuartas, 2013 y Restrepo et al., 2013) y con el apoyo del sistema CrossRumimant. Finalmente dentro del predio fueron tenidas en cuenta las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas principalmente por la quema de combustible (IPCC, 2006) y por las praderas producto de la descomposición de la

materia orgánica (Tenuta et al., 2010).

*Emisiones fuera del predio:* Las emisiones externas se encontraron alrededor de los gases generados por la fabricación de los principales insumos utilizados en el proceso productivo por medio de factores de emisión identificados en la base de datos de Ecoinvent (2010), e incluyeron insumos como alimentos concentrados, fertilizantes, combustibles, sal mineralizada, uso de energía eléctrica, entre otros.

## Resultados y discusión

En Tabla 2 se presentan los kg de CO<sub>2</sub> eq. emitidos por kg de LCGP, LCE, grasa y proteína en los sistemas evaluados. Particularmente en zonas altas, el SSPi tuvo menor generación de GEI ya que solo emitió un 90% de los gases emitidos en el SC. Además, las emisiones para producir ya sea un kg de grasa o un kg de proteína, también fueron superiores en el sistema convencional. La anterior afirmación se sustenta en que el SSPi logró generar un 18,8 y un 12,92% menos de emisiones respectivamente frente al SC. Con relación a la distribución de los gases tanto a nivel de finca como fuera de esta, se determinó que dentro de los predios el GEI de mayor importancia fue el CH<sub>4</sub>, seguido del N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> con valores promedio de 70, 22 y 8% respectivamente del total emitido expresado como CO<sub>2</sub> eq.

En ambos sistemas, la producción de CH<sub>4</sub> fue generada principalmente producto de la fermentación entérica durante la digestión de los alimentos, al representar cerca del 94% de las emisiones dentro del predio; las emisiones por el manejo de las excretas a nivel de potrero representaron el 5% y las emisiones directas de las praderas aportaron un 1%. En cuanto a las emisiones de este gas por unidad de área, se encontró que el SSPi emitió 7706 kg de CO<sub>2</sub> eq./ha/año y el sistema convencional 9499 kg de CO<sub>2</sub> eq./ha/año, valores muy similares a los reportados por Rivera et al. (2014) en sistemas de lechería especializada en Colombia.

Por otra parte las emisiones de N<sub>2</sub>O estuvieron un poco más distribuidas en sus diferentes fuentes, ya que el 49,5; 27,4 y 22,2% de este gas fue generado gracias a la fertilización química, excreción de N vía heces y excreción de N por orina, respectivamente, aunque cabe destacar que en el sistema convencional las emisiones producto de la fertilización estuvieron por encima del 55% del total de N<sub>2</sub>O depositado a la

atmósfera producto de una mayor intensidad de fertilización registrada allí.

Las emisiones de GEI encontradas en este trabajo se encuentran en el rango descrito por Hagemann et al. (2012) quienes para sistemas de lechería alrededor del mundo encontraron emisiones entre 0,98 y 2,69 kg de CO<sub>2</sub> eq. por kg de leche producida corregida por grasa y proteína, siendo las valores más bajos en sistemas especializados en Europa y los valores más elevados en África dependiendo del grado de tecnificación y manejo local. Estos valores igualmente son similares a los reportados por Arsenault et al. (2009); O'Brien et al. (2012) y Flysjö et al. (2012), quienes evaluaron sistemas tanto orgánicos como convencionales de lechería.

Finalmente dentro de estos sistemas, en lo que tiene que ver con la distribución de los GEI dentro de los límites establecidos, se destaca que fuera de los predios el CO<sub>2</sub> fue el gas que más se generó, seguido por el N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> con un aporte del 78, 18 y 4% respectivamente, producto del transporte y uso de energía fósil en los procesos productivos de los insumos utilizados en los sistemas ganaderos.

*Sistemas en zonas ácidas y secas:* Así como en el escenario de lechería especializada bajo condiciones de trópico de altura, en condiciones ácidas, bajas y secas también se encontraron menores GEI para el SSPi. Es así como para un kg LCGP, como para un kg de proteína, un kg de grasa y un kg de LCE, el SSPi generó aproximadamente la mitad de las emisiones que el SC en kg de CO<sub>2</sub>-eq. por cada UF trabajada. A nivel de finca en los dos sistemas, la distribución de GEI tuvo un comportamiento muy similar ya que el gas con mayor importancia fue el CH<sub>4</sub>, seguido por el N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>.

En las emisiones generadas en todo el proceso productivo, se

**Tabla 2.** Emisiones de GEI para cada una de las UF trabajadas en los sistemas evaluados

	Sistemas evaluados					
	SSPi*	SC*	SSPi**	SC**	SSPi***	SC***
<b>Kg CO<sub>2</sub> eq/Kg de leche</b>	1,47	1,56	1,54	1,68	2,16	4,15
<b>Kg CO<sub>2</sub> eq/Kg de leche (LCGP)</b>	1,87	2,05	1,96	2,17	2,55	5,05
<b>kg CO<sub>2</sub> eq/Kg de grasa</b>	38,58	45,82	40,63	49,49	56,84	121,99
<b>Kg CO<sub>2</sub> eq/Kg de proteína</b>	43,12	48,69	45,41	52,58	63,53	129,61
<b>Kg CO<sub>2</sub> eq/Kg de leche (LCE)</b>	1,52	1,69	1,60	1,78	2,06	4,08

\* SSPi con T. diversifolia y pasto P. clandestinum, y sistema convencional orientados a la producción de leche en zonas altas; \*\* SSPi con T. diversifolia y pasturas del género Brachiaria y guineas en zonas ácidas orientado a la producción de leche; \*\*\* SSPi con L. leucocephala asociada a pasturas como C. plectostachyus y M. maximus y sistema convencional orientados a la producción de leche en zonas de trópico seco.

destaca que estas fueron muy bajas fuera de las fincas, por lo cual la HC obedeció a los GEI generados dentro de los predios producto del escaso uso de insumos externos como alimentos concentrados y fertilizantes. Esta condición permite tener un menor impacto ambiental total del sistema ya que bajo condiciones promedio fuera del predio se pueden generar entre un 25 y 40% del total de GEI en sistemas lecheros (Rivera et al., 2014).

Según las características de ambos sistemas, las emisiones por unidad de área, expresados por  $\text{kg CO}_2 - \text{eq./ha/año}$ , para los gases  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  fueron 5423 vs 2897; y 873 vs 265 para el SSPi y SC respectivamente. Si bien se presentaron mayores emisiones por unidad de área para el SSPi, las emisiones por UF fueron inferiores para este sistema, ya que la productividad animal fue muy superior al SC (un 36% mayor), lo cual permitió un “disolución” de las emisiones por UF. Las mayores emisiones en el SSPi se debieron probablemente a una mayor carga animal y animales con mayor consumo de MS, condiciones que favorecen mayores emisiones de  $\text{CH}_4$  producto de la fermentación entérica y mayores emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  al presentar mayor cantidad de excreción de N vía heces y orina.

*Sistemas con L. leucocephala:* Los distintos gases analizados tuvieron un comportamiento muy similar a los observados en los otros dos escenarios, ya que el  $\text{CH}_4$  representó las mayores emisiones a nivel de finca y el  $\text{CO}_2$  fue el GEI con mayor importancia fuera de esta. Comparando ambos sistemas, el SSPi tuvo un 11% menos emisiones por kg de leche, y un 21 y 16% en la producción de un kg de grasa y proteína respectivamente. Las emisiones de  $\text{CH}_4$  estimadas en este

estudio fueron 7,57 y 8,67 Ton de  $\text{CO}_2 - \text{eq./ha/año}$  para el SSPi y SC respectivamente. Estos valores se encontraron muy cercanos a los reportados por Naranjo et al. (2012) quienes encontraron emisiones de 6,1 Ton de  $\text{CO}_2 \text{ eq./ha/año}$  para un SSPi con leucaena. Contrastando estos valores con los reportados por Primavesi et al (2004) en el Brasil (3,09 toneladas  $\text{CO}_2 \text{ eq/ha/año}$ ) en pasturas tradicionales, se logra identificar mayores emisiones por unidad de área en los sistemas evaluados en este estudio ya que estos presentaron una capacidad de carga más elevada gracias la productividad de sus pasturas y a que los consumos son mayores en SSPi (Restrepo et al., 2012), aunque cabe resaltar que las emisiones por unidad de producto son menores en sistemas de alta productividad animal basados en pasturas ya que las emisiones totales se diluyen en el producto final (Naranjo et al., 2012; Rivera et al., 2014). Con relación al efecto de la inclusión de leucaena en la dieta de bovinos frente a las emisiones por fermentación entérica de  $\text{CH}_4$ , en Australia, se encontró que ésta puede reducir hasta un 30% las emisiones de  $\text{CH}_4/\text{kg}$  de MS consumida (Charmley, 2009) y en México Solorio (2011) encontró que en los SSPi con leucaena se reduce hasta un 38% la emisión de  $\text{CH}_4$  anual por animal. En cuanto a las emisiones a nivel de finca de  $\text{N}_2\text{O}$ , el SSPi tuvo una menor emisión debido a que en este sistema no se aplican fertilizantes nitrogenados y las emisiones solo obedecieron a las excreciones de N vía orina y heces. Los resultados en este estudio en emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  por heces y orina en  $\text{kg CO}_2 \text{ eq./ha/año}$ , fueron de 1500 y 4930 para el SSPi y SC respectivamente, valores un poco más altos a los reportados Naranjo et al., (2012) quienes calcularon 1230  $\text{kg CO}_2 \text{ eq./ha/año}$  para el SSPi.

## Conclusiones

Los SSPi pueden ser una alternativa real en diferentes condiciones ambientales y de producción para lograr disminuciones de GEI de hasta un 50% por unidad de producto frente a sistemas convencionales, gracias a la inclusión de arbustivas como *L. leucocephala* y *T. diversifolia* para la alimentación animal, la optimización de la fertilización, adecuada oferta de alimentos concentrados y un apropiado balance de la dieta que permita disminuir la excreción de

N. Se destaca que las mayores emisiones de GEI en cada uno de los escenarios, expresadas como  $\text{CO}_2 - \text{eq.}$ , obedecieron a la fermentación entérica con un 48% de la totalidad de los gases, la fertilización con fuentes nitrogenadas con un 20% y la fabricación de alimentos concentrados con 18%, por lo cual se deben de seguir buscando y evaluando alternativas orientadas a estas tres fuentes de emisión para lograr menores huellas de carbono.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al convenio: “Análisis de sistemas productivos en Colombia para la adaptación al cambio climático”, liderado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR). Los autores agradecen también a los propietarios y administradores de los predios Cien Años de Soledad, Sinaí, El Hatico y El Trejito por haber permitido el desarrollado de algunas actividades dentro de sus instalaciones.

## Bibliografía

- Arsenault, N., Tyedmers, P., Fredeen, A., 2009. Comparing the environmental impacts of pasture-based and confinement-based dairy systems in Nova Scotia (Canada) using life cycle assessment. *International Journal of Agricultural Sustainability*. 7, 19–41.
- Charmley, E., 2009. Reducing methane emissions from livestock and the role of *Leucaena*. The *Leucaena* Network 2009 Conference and Annual General Meeting. Disponible en <http://www.leucaena.net/conference.htm>
- Cuartas, C. A., 2013. Evaluación de la utilización de los nutrientes y comportamiento productivo de bovinos pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*. Tesis para optar el título de P. hD. Universidad de Antioquia, Medellín. pp 172.
- Ecoinvent, 2010. Ecoinvent Centre. Ecoinvent 2.0 database. Swiss centre for life cycle inventories, Dübendorf.
- Flysjö, A., Cederberg, C., Henriksson, M., Ledgard, S., 2012. The interaction between milk and beef production and emissions from land use change: a critical considerations in life cycle assessment and carbon footprint studies of milk. *Journal of Cleaner Production*. 28, 134-142.
- Gaviria, X., Sossa, C. P., Chará, J., Barahona, R., Lopera, J. J., Córdoba, C. P. y Montoya, C., 2012. Producción de Carne Bovina en Sistemas Silvopastoriles Intensivos en el Trópico Bajo Colombiano. *Actas VII Congreso de agroforestería*. Belém, Brasil. USJR, CBPS, UFPA, CIPAV, CATIE. Belém, Brasil, pp 661 – 665.
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G., 2013. Hacer frente al cambio climático a través de la ganadería – Evaluación global de las emisiones y las oportunidades de mitigación. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), Roma. 154 pp.
- Giraldo, C., Escobar, F., Chará, J., Calle, Z., 2011. The Adoption of Silvopastoral Systems Promotes the Recovery of Ecological Processes Regulated by Dung Beetles in the Colombian Andes. *Insect Conservation and Diversity*. 4, 115-122.
- Hagemann, M., Ndambi, A., Hemme, T., Latacz-Lohmann, U., 2012. Contribution of milk production to global greenhouse gas emissions. An estimation based on typical farms. *Environmental Science and Pollution Research*. 19, 390–402
- Huang, X. D., Liang, J. B., Tan, H. Y., Yahya, T., Ho, Y. W., 2011. Effects of *Leucaena* condensed tannins of differing molecular weights on in vitro CH<sub>4</sub> production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166-167, 373-376.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories In: Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T and Tanabe K (Eds.), *Agriculture, Forestry and other Land Use*, vol. 4. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan. pp 20
- International Organisation for Standardisation (ISO), 2006a. Environmental Management – Life Cycle Assessment: Principles and Framework (ISO 14040). European Committee for Standardization, Brussels, Belgium. pp 20.
- International Organisation for Standardisation (ISO), 2006b. Environmental Management – Life Cycle Assessment: Requirements and Guidelines (ISO 14044). European Committee for Standardization, Brussels, Belgium. pp 46.
- Jarvis, A., Touval, J. L., Castro, M., Sotomayor, L., Graham, G., 2010. Assessment of threats to ecosystems in South America. *Journal for Nature Conservation*. 18, 180–188.
- Marín, A., 2013. Estimación del inventario de emisiones de metano entérico de ganado lechero en el departamento de Antioquia, Colombia. Tesis para optar el título de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ciencias Agrarias, Medellín. pp 115.
- Molina I. C., 2013. Determinación de las emisiones de metano a partir de dietas basadas en gramíneas tropicales con y sin inclusión de leguminosas forrajeras. Tesis para optar el título de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ciencias Agrarias, Medellín. pp 115.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B., 2010. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*. 261 (10), 1654–1663
- Naranjo, J. F., Cuartas, C. A., Murgueitio, E., Chará, J., Barahona, R., 2012. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 24, Article #150.
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S., Bernabucci, U., 2012. Effects of Climate Changes on Animal Production and Sustainability of Livestock Systems. *Livestock Science* 130, 57–69.
- Nascimento, C. F. M., 2007. Emissão de metano por bovinos Nelore ingerindo *Brachiaria brizantha* em diferentes estádios de maturação. Pirassununga. Dissertação Mestrado em Medicina Veterinária - Nutrição Animal Universidade de São Paulo - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, pp 65.
- O'Brien, D., Shalloo, L., Patton, J., Buckley, F., Grainger, C., Wallace, M., 2012. A life cycle assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms. *Agricultural Systems*. 107, 33–46.
- Primavesi, O., Frighetto, R. T., Pedreira, M. D. S., De Lima, M. A., Berchielli, T. T., Barbosa, P. F., 2004. Dairy cattle enteric methane measured in Brazilian tropical conditions. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39 (3), 227-283.
- Restrepo J. C., Rivera, J. E., Chará, J., Barahona, R., Lopera J. J., Castaño, D. M., Ceballos O. A., 2012. Consumo de Forrajes, Producción y Calidad de Leche en Sistemas Silvopastoriles Intensivos en Bosque Seco Tropical (Valle del Cauca – Colombia). *Actas VII Congreso de agroforestería*. Belém, Brasil. USJR, CBPS, UFPA, CIPAV, CATIE. Belém, Brasil. pp 645 – 652.
- Rivera, J., Arenas, F., Córdoba, C., Cuartas, C., Naranjo, J., Murgueitio, R., Blanco, C., 2012. Degradabilidad *in vitro* de dietas ofrecidas en sistemas silvopastoriles intensivos, y simulaciones de ganancias de peso en el Caribe seco Colombiano. *Actas VII Congreso de agroforestería*. Belém, Brasil. USJR, CBPS, UFPA, CIPAV, CATIE. Belém, Brasil. pp 40 - 50
- Rivera, J. E., Arenas, F. A., Rivera, R., Benavides, L. M., Sánchez, J., Barahona, R., 2014. Análisis de ciclo de vida en la producción de leche: comparación de dos hatos de lechería especializada. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 26, Article #112.
- Tenuta, M., Mkhabela, M., Tremorina, D., Coppia, L., Phipps, G., Flatena, D., Ominskic, K. 2010. Nitrous oxide and methane emission from a coarse-textured grassland soil receiving hog slurry. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 138, 35–43.
- Solorio, F., 2011. Los sistemas silvopastoriles intensivos: avances de investigación en el Valle de Tepalcatepec, Michoacán. *Actas III congreso sobre sistemas silvopastoriles intensivos para la ganadería sostenible del siglo XXI*. 2, 3 y 4 de marzo de 2011. Morelia y Tepalcatepec, México. pp 20 – 33.
- Sneath, R. W., Beline, F., Hilhorst, M. A., Peu, P., 2006. Monitoring GHG from manure stores on organic and conventional dairy farms. *Agric. Ecosyst. Environ.* 112, 122–128
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C., 2006. *Livestock's Long Shadow*, Environmental Issues and Options. LEAD-FAO. Rome, Italy. 493 pp.

# Emisiones de metano en sistemas de producción con y sin inclusión de *Leucaena leucocephala*

I. C. Molina Botero; G. Donney's Lemos; S. Montoya Uribe; E. Angarita Amaya; J. E. Rivera Herrera; G. Villegas Sánchez; J. M. Cantet\*; G. Correa Londoño\*\*; O. L. Mayorga Mogollon\*\*\*; J. Chará y R. Barahona Rosales\*\*.

## Resumen

La producción mundial de productos pecuarios deberá duplicarse para el año 2050, un aumento que aunque necesario, puede generar efectos ambientales negativos. En el presente estudio se compara la producción de metano en una dieta con la inclusión de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Cv. Cunningham en una dieta basada en gramíneas (Guinea, *Megathyrus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs y/o Estrella, *Cynodon plectostachyus* (K.Schum.) Pilg. contra la de una dieta de 100% gramínea en un experimento *in vitro* (producción de gas) y dos *in vivo* (polítúnel). En el experimento *in vitro*, las materias primas fueron incubadas durante 48 horas, con una solución de saliva McDougall, macro y microminerales y licor ruminal. Se registró la presión y el volumen de gas producido hasta las 48 horas post inicio de la incubación y se determinó el contenido de metano mediante cromatografía de gases. Las emisiones de metano *in vivo* se midieron en 8 novillas de raza Lucerna. Los muestreos de metano se realizaron cada hora durante 24 horas continuas, determinando la concentración de metano mediante cromatografía de gases. La dieta con leguminosa tuvo mayor contenido de proteína, mientras que la dieta de gramíneas aportó mayor fibra en detergente neutro. El consumo promedio de la dieta con leucaena en el experimento *in vivo* fue 1.20 veces mayor que la de solo gramíneas. *In vitro*, la pérdida de energética bruta en forma de metano fue de 3.7%, mientras que en el segundo experimento *in vivo* fue de 6.74% para la dieta con leucaena y 9.09% para la dieta estrella más guinea ( $P=0.035$ ), mientras que en el primer experimento fue de 7.95 y 9.42%, respectivamente. La inclusión de *Leucaena leucocephala* en dietas basadas en gramíneas tropicales contribuye a disminuir las emisiones de metano.

**Palabras clave:** gramíneas, leguminosa, técnica de gases, técnica de polítúnel, rumen.

## Methane emissions in production systems with and without inclusion of *Leucaena leucocephala*

### Abstract

World production of livestock products should double by 2050, an increase that although necessary, may cause a negative impact on the environment. In the present study, methane production of a diet with *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Cv. Cunningham and grasses (Guinea, *Megathyrus maximus* (K.Schum.) Pilg. and/or Estrella, *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg.) was compared with a 100% grass diet in an *in vitro* (gas production) experiment and two *in vivo* (poly-tunnel) experiments. In the *in vitro* experiment, the feeds were incubated for 48 hours in a solution containing McDougall saliva, macro and micro minerals and rumen fluid. Pressure and gas volume was recorded up to 48 hours after the start of incubation and methane content was determined by gas chromatography. Methane emissions were measured *in vivo* in 8 Lucerne breed heifers. Samples of methane in the chamber were taken every hour for 24 hours, determining the concentration of methane by gas chromatography. The legume diet had higher protein content, while the grass-only diet had more neutral detergent fiber content. The average intake of the leucaena diet in the *in vivo* experiment was 1.20 times greater than that of only grasses. *In vitro*, gross energy loss as methane was 3.7%, while in the second *in vivo* experiment was 6.74% for the leucaena diet and 9.09% for the grass-only ( $P=0.035$ ), while in the first experiment was 7.95 and 9.42%, respectively. The inclusion of *Leucaena leucocephala* in diets based on tropical grasses helps to reduce methane emissions.

**Keywords:** grass, legume, gases technique, technique polítúnel, rumen.

·Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV. Carrera 25 No 6-62 Cali, Colombia. [hyzavell26@gmail.com](mailto:hyzavell26@gmail.com). \*Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. \*\*Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. \*\*\*Centro de Investigación Tibaitatá, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Mosquera, Cundinamarca



## Introducción

En Colombia, como en muchos países de América, el sector ganadero tiene una importante participación en el Producto Interno Bruto (PIB) Agrícola Nacional (FEDEGAN, 2014). Sin embargo, esta actividad contribuye con el cambio climático, sin duda uno de los problemas ambientales predominantes en el siglo XXI y que ha venido creciendo en las últimas décadas (Walsh et al., 2009; Cuartas et al., 2014). El metano (CH<sub>4</sub>) es producido por bacterias anaerobias del género *Archaea* como parte de los procesos fermentativos que sufre el alimento en el rumen (Moss et al., 2000). La tasa de emisión de CH<sub>4</sub> por fermentación ruminal está relacionada con las características físico-químicas de la dieta, principalmente el tipo de carbohidrato (Chandramoni et al., 2000). Esto hace pensar que la producción de metano es mayor en bovinos cuya dieta es a base de gramíneas tropicales, ya que estas se caracterizan por contener altos niveles de pared celular (Barahona y Sánchez, 2005).

Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) constituyen una

buena alternativa para aumentar la productividad (Ku et al., 2011; Cuartas et al., 2014; Murgueitio et al., 2014), diversidad biológica (Murgueitio et al., 2011; Calle et al., 2013), capturar carbono (Naranjo et al., 2012) y disminuir las emisiones de metano (Cuartas et al., 2009; Molina et al., 2013; Barahona et al., 2014). Esto obedece en parte a que la tasa de emisión de CH<sub>4</sub> por fermentación ruminal está relacionada con las características físico-químicas de la dieta (Ulyatt y Lassey, 2001; Molina et al., 2013). Así, la inclusión de leguminosas en la dieta puede contribuir a reducir las emisiones entéricas de metano y a generar sistemas “limpios” y “amigables” con el ambiente (Barahona et al., 2014).

El objetivo de este trabajo es sumarizar los resultados obtenidos en tres diferentes experimentos en los que se adicionó *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. cv. Cunningham, una leguminosa ampliamente utilizada en SSPi, a dietas basadas en gramíneas tropicales, con especial atención en las emisiones entéricas de metano.

## Materiales y Métodos

*In vivo*, el metano producto de la fermentación entérica fue medido con la técnica del politúnel, descrita por Lockyer, (1997) y Murray et al. (2002), y modificada por el CIPAV. Un tercer experimento se realizó con la técnica de gases (*in vitro*) de acuerdo a lo sugerido por Theodorou et al. (1994). A continuación se describen los datos de mayor interés con referencia a estos tres experimentos.

En cada uno de los experimentos *in vivo* se contó con dos politúneles, en los cuales se alojaron dos terneras de levante de raza Lucerna, con un peso vivo promedio de 218 y 280 ± 9 Kg y edad de 1.5 y 1.7 ± 0.2 años para el experimento uno y dos, respectivamente. El tiempo total de cada experimento fue de 24 días. En el primer período experimental se asignó la dieta *a* al primer grupo de animales y la dieta *b* al segundo grupo y en un segundo periodo, se intercambiaron las dietas entre los grupos. El tiempo de adaptación a la dieta fue de 10 días seguido de un día a la carpa, la toma de metano se realizó

durante las siguientes 24 horas a intervalos de una hora en los corrales y en el ambiente. A la par, se midió la temperatura y humedad relativa. El consumo de alimento se estimó como la diferencia entre la oferta y el rechazo individual. La oferta de sal mineralizada y agua fue a libre voluntad.

En el tercer experimento, la incubación se realizó en botellas de vidrio, a cada frasco se le adicionó 0,5 g de sustrato y 45 ml del medio de cultivo más 5 ml de líquido ruminal. Las botellas fueron selladas en forma hermética, agitadas y transferidas a una estufa de ventilación forzada a 39 °C. En 9 horarios (2, 4, 6, 9, 12, 18, 24, 36 y 48h pos-inoculación) se realizaron lecturas de presión (mmHg), con la ayuda de un transductor de presión (Ashcroft Inc, USA). Para medir la degradación de la materia seca y la materia orgánica, el contenido de las botellas retiradas de la fermentación, fue filtrado y secado en estufa de aire forzado a 65 °C durante 48 horas.

En cada uno de los experimentos se tomaron muestras de

**Tabla 1.** Descripción de los experimentos y su ubicación

	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
<b>Tipo de experimento</b>	in vivo	in vivo	in vitro
<b>Dietas</b>	<i>Tradicional:</i> E46 + G54 <i>SSPi:</i> E31 + G43 + L27	<i>Tradicional:</i> E100 <i>SSPi:</i> E75 + L25	<i>Tradicional:</i> G100 <i>SSPi:</i> G70 + L30; G80 + L20
<b>Ubicación</b>	El cerrito (Valle del Cauca, Colombia)	Bugalagrande (Valle del Cauca, Colombia)	Santafé de Antioquia (Antioquia, Colombia)
<b>Zona de Vida</b>	bs – T	bs – T	bs – T
<b>Altura sobre el nivel del mar (m)</b>	1000	960	540
<b>Temperatura (°C)</b>	24	23.9	28
<b>Humedad Relativa (%)</b>	75	76	74
<b>Precipitación (mm)</b>	750	1110	1100

**Abreviaturas:** E46+G54: Estrella (*C. plectostachyus*) 46% más Guinea (*M. maximus*) 54%; E31+G43+L27: Estrella 31% más Guinea 43% más *Leucaena* (*L. leucocephala*) 27%; E100: Estrella 100%; E75 + L25: Estrella 75% más *Leucaena* 25%; G100: Guinea 100%; G70+L30: Guinea 70% más *Leucaena* 30%; G80+L20: Guinea 80% más *Leucaena* 20%.

los forrajes, los cuales fueron analizados en el laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín por su contenido de proteína cruda (PC) por el método de Kjeldahl basado en NTC 4657, fibra insoluble en detergente neutro y ácido (FDN y FDA), según técnica secuencial descrita por Van Soest et al., (1991) y extracto etéreo (EE) por extracción Soxhlet por inmersión (NTC 668). Las cenizas (Cen) se determinaron por incineración directa con la ayuda de una mufla (AOAC 942.05), el contenido de calcio (Ca) y fósforo (P) se determinó por espectrofotometría AA y U.V- VIS (NTC 5151 y 4981).

Para la toma de metano en ambos experimentos se usó una válvula de tres vías. *In vivo*, la primera salida fue conectada a una jeringa plástica que capturó el aire expulsado por la campana de aspiración pasados 10 s del inicio de la extracción, y la segunda salida estaba unida a una aguja hi-

podérmica y a tubos al vacío de 7 ml. *In vitro*, la primera salida fue conectada a una aguja hipodérmica insertada al interior de las botellas incubadas, la segunda al transductor de presión y la tercera a una jeringa plástica que sirvió para la medición del volumen. La cuantificación de metano se efectuó por cromatografía de gases. Los litros totales de metano para el experimento *in vivo* se estimaron por medio de la ley de gases ideales (López y Newbold, 2007) a partir de la concentración arrojada por el cromatógrafo y el volumen total del politúnel.

Los datos obtenidos *in vivo* se analizaron por medio de un diseño de “sobrecambio”, mientras que el *in vitro* se utilizó un diseño en bloques completos al azar. La comparación de las medias se hizo mediante la prueba de Tukey. La normalidad de los datos, se evaluó con la prueba de Shapiro-Wilk sobre los residuales usando el procedimiento PROC GLM.

## Resultados

La diferencia más clara entre dietas fue la relacionada con el contenido de proteína, que fue al menos 1.35 veces más alto en la dieta que incluyó la leguminosa que en la de gramínea sola, cuyo contenido promedio de proteína fue de 9.6% (Tabla 2). Cardona et al. (2002), Molina et al. (2013) y Cuartas et al. (2014), reportaron altos contenidos de proteína en leucaena (21.6, 28.2, 27.7% respectivamente). En promedio, la dieta de los SSPi tuvo mayor valor calorífico (4250 kcal kg<sup>-1</sup>) que la dieta de solo estrella y/o guinea que contenía 4125 kcal kg<sup>-1</sup>. Por el contrario, el contenido de FDN fue 1.16 más alto en el sistema tradicional superando a la dieta de los SSPi (62.46%). El consumo promedio de forraje verde de las dietas de los SSPi fue 33.9 y 23.8 kg por día, mientras en la dieta sin leguminosa el consumo fue 28.9 y 19.5 kg (P<0.05; Tabla 3), siendo el consumo de materia seca 1.22 veces más alto en la dieta con leguminosas que en aquella de solo gramíneas (P≤0.05). Las emisiones de metano (l/animal/día) en los tratamientos que contenían leucaena fue 10 litros promedio por encima que con la gramínea sola (P≥0.05). El porcentaje de energía bruta pérdida como metano (Y<sub>m</sub>) en ambos experimentos fue

superior a 9%, para el tratamiento sin leucaena, mientras que para el tratamiento de los SSPi fue 7.34%. Para Y<sub>m</sub> se han reportado valores entre 2 y 12% (Johnson y Ward, 1996) y el IPCC (2006) establece que para sistemas pastoriles, el Y<sub>m</sub> es de 6.5%. Por su parte, Von Bernard et al. (2007) basándose en las diferencias de las digestibilidades de las dietas propuso un Y<sub>m</sub> de 5% para sistemas intensivos, de 6.0% para sistemas semi-intensivos y de 6.5% para los extensivos.

Al comparar el porcentaje de digestibilidad para el tercer experimento, se observa que a mayor cantidad de inclusión de gramínea en la incubación, menor fue la degradación de la MS. Esto es explicado por el alto contenido de fibra de las gramíneas, ya que la digestibilidad de los forrajes esta inversamente relacionada con su contenido de FDN y esta a su vez está en función de la composición interna y su estructura (Barahona y Sánchez, 2005). La producción de metano neta (mg) osciló entre 2.9 y 3.2 mg y no difirió significativamente entre tratamientos (P=0.93). En promedio, *in vitro* se perdió 3.8% de la energía bruta en forma de metano (P=0.93) y 8,3% con la energía degradada (P=0.79).

**Tabla 2.** Composición química (%) de las dietas evaluadas en SSPi y sistemas tradicionales

Dieta	MS (%)	PC (%)	FDA (%)	FDN (%)	EE (%)	EB (cal /g)	Cen (%)	Ca (%)	P (%)
<b>Experimento uno</b>									
E46 + G54	22.4	11.6	41.0	69.8	1.4	3939	11.9	0.28	0.27
E31 + G43 + L27	23.6	15.5	38.4	60.7	1.6	4048	10.7	0.43	0.26
<b>Experimento dos</b>									
E100	24.9	10.8	42.9	74.6	1.2	4282	10.2	0.37	0.33
E75 + L25	23.7	13.6	42.1	65.5	1.2	4357	9.7	0.42	0.33
<b>Experimento tres</b>									
G100	24.6	9.6	43.7	73.2	1.7	4155	11.5	0.41	0.25
G80+ L20	24.6	13.3	39.7	64.1	2.0	4268	10.7	0.57	0.24
G70+ L30	24.6	15.2	37.7	59.6	2.2	4325	10.5	0.64	0.23

**Abreviaturas:** MS: Materia Seca; PC: Proteína Cruda; FDA: Fibra en Detergente Acido; FDN: Fibra en Detergente Neutro; EE: Estrato Etéreo; EB: Energía Bruta en calorías por gramo; Cen: Cenizas; Ca: Calcio; P: Fósforo; E46+G54: Estrella 46% más Guinea 54%; E31+G43+L27: Estrella 31% más Guinea 43% más Leucaena 27%; E100: Estrella 100%; E75 + L25: Estrella 75% más Leucaena 25%; G100: Guinea 100%; G80+L20: Guinea 80% más Leucaena 20%; G70+L30: Guinea 70% más Leucaena 30%.

**Tabla 3.** Consumo de forraje verde y materia seca, metano, energía bruta en forma de metano, materia seca incubada y porcentaje de digestibilidad.

Dieta	Consumo FV, Kg d <sup>-1</sup>	Consumo MS, g Kg <sup>-1</sup> PM	Metano, l d <sup>-1</sup>	Metano, g Kg <sup>-1</sup> MSC	Ym, %
<b>Experimento uno</b>					
E46 + G54	28.9 b	96.5 b	243.1	27.0 a	9.09 a
E31 + G43 + L27	33.9 a	118.7 a	228.5	20.6 b	6.74 b
p-valor	0.035	0.019	0.601	0.048	0.035
<b>Experimento dos</b>					
E100	19.5 b	78.9 b	205.1	30.8	9.42
E75 + L25	23.8 a	95.9 a	211.5	26.6	7.95
p-valor	0.012	0.014	0.868	0.474	0.328
	Materia seca Incubada, g	Digestibilidad, %	Metano, mg	Metano, % EB	Metano, %ED
<b>Experimento tres</b>					
G100	0.26	40.8	2.90	3.6	8.70
G80+ L20	0.26	45.0	3.09	3.8	8.34
G70+ L30	0.25	49.9	3.20	3.9	7.8
p-valor	<.0001	<.0001	0.934	0.927	0.797

**Abreviaturas:** FV: Forraje Verde; MS: Materia Seca; MSC: Consumo de Materia Seca; Ym: Energía bruta perdida en forma de metano; EB: Energía Bruta; ED: Energía Digerible E46+G54: Estrella 46% más Guinea 54%; E31+G43+L27: Estrella 31% más Guinea 43% más Leucaena 27%; E100: Estrella 100%; E75 + L25: Estrella 75% más Leucaena 25%; G100: Guinea 100%. G80+L20: Guinea 80% más Leucaena 20%; G70+L30: Guinea 70% más Leucaena 30%.

## Conclusiones

La inclusión de *L. leucocephala* en dietas basadas en gramíneas tropicales contribuye a disminuir las emisiones de metano en 20% como porcentaje de la energía bruta consumida.

## Agradecimientos

El presente estudio fue realizado dentro de los proyectos: “Uso de Nitrógeno por Ganado Bovino Criollo Colombiano Bajo Sistemas Silvopastoriles Intensivos con *Leucaena leucocephala* en Condiciones de Bosque Seco Tropical”, “Investigaciones silvopastoriles para el incremento de la productividad y los servicios ambientales en el proyecto Ganadería Colombiana Sostenible” (527-2011) que recibieron financiación de COLCIENCIAS y el Patrimonio Autónomo Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas y el Fondo Nacional del Ganado y “Análisis de sistemas productivos en Colombia para la adaptación al cambio climático” financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR) y fueron ejecutados por CIPAV y la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, CORPOICA-Tibaitatá y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Los autores agradecen a la familia Molina Durán y al Profesor Ricardo Rosero del Laboratorio GRICA de la Universidad de Antioquia por la colaboración recibida en la ejecución de estos proyectos.

## Bibliografía

- Association Of Official Analytical Chemists (AOAC), 2005. Official Method 942.05. Determination of Ash in Animal Feed. En Official Methods of Analysis of AOAC International (18 ed., pp. 8). Gaithersburg, MD, USA.
- Barahona, R., Sánchez, S., 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. Revista CORPOICA, 6: 69 – 82.
- Barahona, R., Sánchez, M.S., Murgueitio, E., Chará, J., 2014. Contribución de la *Leucaena leucocephala* Lam (de Wit) a la oferta y digestibilidad de nutrientes y las emisiones de metano entérico en bovinos pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos. En: Premio Nacional de Ganadería José Raimundo Sojo Zambrano. Modalidad Investigación Científica. Revista Carta Fedegán No. 140. Enero – Febrero de 2014. Bogotá, Colombia, pp. 66-69
- Calle, Z., Murgueitio, E., Chará, J., Molina, C.H., Zuluaga, A.F., Calle, A., 2013. A Strategy For scaling-up Intensive Silvopastoral Systems in Colombia. Journal of Sustainable Forestry, 32, 677-693.
- Cardona, M.G., Sorza, J.D., Posada, S.L., Carmona, J.C., Ayala, S.A., Alvarez, O.L. 2002. Establecimiento de una base de datos para la elaboración de tablas de contenido nutricional de alimentos para animales. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 15(2), 240-246.

- Chandramoni, S.B., Tiwari, C.M., Khan, M.Y., 2000. Energy metabolism with particular reference to methane production in Muzaffarnagari sheep fed rations varying in roughage to concentrate ratio. *Anim. Feed Sci. Technol.* 83(3), 287-300.
- Cuartas, C., Murgueitio, E., Naranjo, J.F., 2009. Cambio Climático: Adaptación de la ganadería con Sistemas Silvopastoriles. *Memorias II Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos. En camino hacia núcleos de ganadería y bosques. Morelia y Tecapaltecpec. México: Fundación Produce- Universidad de Yucatán-CIPAV*, pp. 261
- Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Tarazona, A.M., Murgueitio, E., Chará, J.D., Ku, J. Solorio, F.J., Flores, M.X., Solorio, B., Barahona, R., 2014. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 27(2), 76-94.
- Federación Colombiana de Ganaderos y Fondo Nacional del Ganado, 2014. Publicaciones Estadísticas; Inventario Ganadero: Análisis del inventario ganadero colombiano para el año 2013: Comportamiento y variables explicativas. Disponible en: <http://www.fedegan.org.co/estadisticas/publicaciones-estadisticas> (Consultado 20 ene. 2015)
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 1973. NTC 668. Alimentos y materias primas. Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2001 NTC 4981. Alimentos para animales. Determinación del contenido de fósforo. Método espectrofotométrico. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2003. NTC 5151. Alimento para animales. Determinación de los contenidos de Calcio, Cobre, Hierro, Magnesio, Manganeso, Potasio, Sodio y Zinc. Método usando espectrometría de absorción atómica. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 1999. NTC 4657. Alimento para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl. Bogotá, Colombia.
- IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. Disponible en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html> (Consultado 10 ene. 2015).
- Johnson, D.E., Ward, G.M., 1996. Estimates of animal methane emissions. *Environ. Monit. Assess.* 42, 133-141.
- Ku Vera, J.C., Ruiz, G.A., Albores, M.S., Briceño, P.E., Espinoza, H.J.C., Ruiz, R.N., Contreras, H.L.M., Ayala, B.A.J., Ramírez, A.L., 2011. Alimentación de rumiantes en sistemas silvopastoriles intensivos: Avances de investigación básica. *Memorias del Tercer Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos para la ganadería sostenible del siglo XXI. 2-4 marzo de 2011. Morelia. Michoacán, México*, pp. 8-16.
- Lockyer, D.R., 1997. Methane emissions from grazing sheep and calves. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 66(1), 11-18.
- López, S., Newbold, C. J., 2007. Analysis of methane. En *FAO-IAEA, H. P. Makkar, P. Vercoe (Eds), Measuring methane production from ruminants*. Springer. pp 10.
- Molina, I.C., Cantet, J.M., Montoya, S., Correa, G.A., Barahona, R., 2013. Producción de metano *in vitro* de dos gramíneas tropicales solas y mezcladas con *Leucaena leucocephala* o *Gliricidia sepium*. *Ces medicina veterinária zootecnia*, 8(2), 15-31.
- Moss, A.R., Jouany, J.P., Newbold, J.A., 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Ann Zootech.* 49(3), 231-253.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B., 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261, 1654-1663.
- Murgueitio, E., Chará, J.D., Barahona, R., Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., 2014. Intensive silvopastoral systems (ISPS), mitigation and adaptation tool to climate change. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(3), 501 – 507.
- Murray, P.J., Chadwi, D.C., Newbold, C.J., Lockyer, D.R., 2004. Measurement of methane from grazing animals- the tunnel method. En *H. P. Makkar, & P. E.*
- Naranjo, F., Cuartas, C.A., Murgueitio, E., Chará, J., Barahona, R., 2012. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. *LRRD*, 24(8). Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd24/8/nara24150.htm>. (Consultado 10 ene. 2015)
- Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B., France, J., 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim Feed Sci Technol*, 48(3-4), 185-197.
- Ulyatt, M.J., Lassey, K.R., 2001. Methane emissions from pastoral systems: the situation in New Zealand. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 9(1), 118-126.
- Walsh, C., O'Regan, B., Moles, R., 2009. Incorporating methane into ecological footprint analysis: A case study of Ireland. *Ecol Econom.* 68(7), 1952-1962.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597.
- Von Bernard, H., Vilarino, V., Pineiro, G., 2007. Emisión teórica de metano en tres sistemas de invernada para engorda de ganado en Argentina. *Cienc. Inv. Agr.* 34-2, 121-129.

## Estimación de carbono aéreo y subterráneo en sistemas silvopastoriles intensivos de Colombia

L. M. Arias Giraldo<sup>1</sup>; M. A. Dossman Gil<sup>1</sup>; J. C. Camargo García<sup>1</sup>; G. Villegas Sánchez<sup>2</sup>; J. E. Rivera Herrera<sup>2</sup>, J. J. Lopera Marín<sup>2</sup>; E. Murgueitio Restrepo y J. Chará<sup>2</sup>

### Resumen

El propósito de esta investigación fue evaluar la biomasa aérea y subterránea y los contenidos de carbono en tres sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* (leucaena) y *Tithonia diversifolia* (botón de oro) establecidos en tres municipios de los departamentos de Quindío, Antioquia y Cesar en Colombia. En cada sistema se establecieron tres parcelas experimentales de 250 m<sup>2</sup> y una parcela adicional en una pastura sin árboles como cobertura control. Las estimaciones de biomasa y carbono se realizaron para los arbustos de leucaena y botón de oro, las pasturas, los árboles dispersos o de cercas vivas que se encontraban dentro de la parcela experimental, y raíces finas. En general, se encontró que la leucaena acumula mayor biomasa y contenidos de carbono que el botón de oro; y las pasturas asociadas a sistemas silvopastoriles aumentan su biomasa y carbono con respecto a aquellas pasturas en monocultivo, evidenciando uno de los beneficios del establecimiento de sistemas silvopastoriles.

**Palabras clave:** biomasa aérea, raíces finas, ganadería, *leucaena leucocephala*, *Tithonia diversifolia*.

### Abstract

The objective of the research was to evaluate the aboveground and root biomass and carbon contents in three intensive silvopastoral systems with *Leucaena leucocephala* and *Tithonia diversifolia* established in the departments of Quindio, Antioquia and Cesar (Colombia). In each system three experimental plots of 250 m<sup>2</sup> and an additional control plot in monoculture pastures is established. Biomass and carbon content was estimated in *Leucaena leucocephala* and *Tithonia diversifolia*, pastures, trees within the experimental plot, and fine roots. We found that *Leucaena leucocephala* accumulated more biomass and carbon contents than *Tithonia diversifolia*; and pastures associated with silvopastoral systems increase their biomass and carbon with respect to those in monoculture pastures, showing one of the benefits of establishing these systems.

**Key words:** aboveground biomass, fine roots, livestock, *Leucaena leucocephala*, *Tithonia diversifolia*.

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Pereira; Facultad de Ciencias Ambientales; Carrera 27 N° 10-02, Edificio 10, Of 202, Pereira – Colombia [larias@utp.edu.co](mailto:larias@utp.edu.co). <sup>2</sup> Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de producción Agropecuaria – CIPAV.

## Introducción

Si bien Colombia no es un país con una alta contribución al fenómeno del cambio climático (CC) a nivel global, la ganadería es una de las principales actividades emisoras de gases de efecto invernadero (GEI), y por tanto, debe tenerse en cuenta en cualquier estrategia que pretenda disminuir el aporte del país al calentamiento global. En respuesta al impacto negativo de los sistemas tradicionales de producción ganadera, desde hace algunos años se han venido desarrollando prácticas agropecuarias con el fin de disminuir dicho impacto. Los sistemas silvopastoriles (SSP) que se han investigado y establecido en diversas zonas del país y la región han probado ser una herramienta útil para mejorar la productividad y proveer servicios ambientales. Los sistemas silvopastoriles son una modalidad de la agroforestería en la que se combinan en el mismo espacio plantas forrajeras como gramíneas y leguminosas rastreras con arbustos y árboles destinados a la alimentación animal y usos complementarios.

## Materiales y métodos

El proyecto se desarrolló en tres sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) con *Leucaena leucocephala* (leucaena) y *Tithonia diversifolia* (botón de oro): (i) SSPi con leucaena y pasto estrella *Cynodon plectostachyus*, ubicado en el municipio de Montenegro (Quindío); (ii) SSPi con botón de oro y pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*, en el municipio de Rionegro (Antioquia); y (iii) SSPi con botón de oro y pasto *Brachiaria decumbens*, en el municipio de Pailitas (Cesar). Adicionalmente, se incluyeron en el muestreo pasturas sin árboles utilizadas como cobertura control.

Dentro de cada sistema fueron establecidas tres parcelas rectangulares de 250 m<sup>2</sup> (10 m x 25 m) en las que se muestrearon y cuantificaron los contenidos de biomasa y carbono en los compartimientos de la biomasa aérea (leucaena, botón de oro, árboles y pasturas) y subterránea (raíces finas). En cada parcela fueron seleccionadas aleatoriamente tres plantas de leucaena o botón de oro (según el caso) y se procedió al muestreo destructivo de las plantas, con el fin de tomar el peso fresco en campo de las hojas, ramas y tronco de cada planta.

En tres puntos al azar dentro de cada parcela (tres en SSPi y una en cobertura control) se realizó el muestreo de pasturas con un cuadrante de 0.25 m<sup>2</sup>, retirando la pastura hasta dejar el suelo descubierto y se registró el peso fresco en campo. Posteriormente se tomaron submuestras de 250 g para ser llevadas a laboratorio. Todas las muestras de biomasa aérea fueron rotuladas, refrigeradas, llevadas a laboratorio, donde se secaron en horno a 60°C durante 48 horas para hallar pesos secos y contenidos de biomasa y carbono por compartimiento y para el total del sistema, a partir de las siguientes variables y cálculos (Márquez, 2000):

Peso fresco: Peso húmedo encontrado en campo.

Peso inicial: Peso de la muestra o submuestra antes del proceso de secado.

Los principales sistemas silvopastoriles investigados o implementados en forma empírica por los productores en la región son: Árboles dispersos en potreros; Sistemas silvopastoriles con manejo de la sucesión vegetal; Cercas vivas; sistemas silvopastoriles intensivos; Sistemas de corte y acarreo: bancos de leñosas forrajeras y Pastoreo de ganado en plantaciones forestales. El sistema silvopastoril intensivo (SSPi) es un arreglo en el que se combinan pastos mejorados con arbustos forrajeros en alta densidad (más de siete mil por hectárea) para ramoneo directo del ganado y cantidades variables de árboles maderables, frutales o de otro tipo (Zuluaga et al., 2011).

El artículo presenta resultados sobre los contenidos de biomasa y carbono encontrados en los compartimientos de la biomasa aérea (leucaena, botón de oro, árboles y pasturas) y subterránea (raíces finas) en tres SSPi con *Leucaena leucocephala* (leucaena) y *Tithonia diversifolia* (botón de oro), así como en las pasturas sin árboles utilizadas como cobertura control.

Peso seco: Peso hallado después del proceso de secado.

A partir de estas tres variables es posible calcular el contenido de humedad en cada una de las muestras, así:

$$\text{Contenido de humedad (CH)} = \frac{\text{Peso inicial (gr)} - \text{Peso seco (gr)}}{\text{Peso inicial (gr)}}$$

Luego, la biomasa (B) y el carbono (C) son calculados como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Biomasa (gr)} &= \text{Peso fresco} - (\text{Peso fresco} * \text{CH}) \\ \text{Carbono (gr)} &= \text{B} * 0.5 \end{aligned}$$

0.5 es un factor de conversión recomendado por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, 1996), usado cuando no se conocen las fracciones de carbono específicas para la especie en estudio.

### Raíces finas

El muestreo de las raíces finas se realizó dentro de una de las parcelas experimentales establecidas, tanto en los SSPi como en la cobertura control, en seis y tres puntos al azar, respectivamente. En los sistemas silvopastoriles se muestrearon tres puntos junto a tres plantas de leucaena o botón de oro, y tres puntos a 50 cm de distancia de estos tres primeros. La profundidad de muestreo fue de 0-15 cm y de 15-30 cm. Para el muestreo se utilizó un barreno de raíces con un cilindro de 8 cm de diámetro y 15 cm de profundidad (Foto 1). Las muestras de suelo extraídas fueron refrigeradas y llevadas a laboratorio para la extracción y secado de las raíces (Andrade & Ibrahim, 2003); el cálculo de las raíces finas se realizó usando el método de relaciones gravimétricas descrito por Schlönvoigt et al., (2000).



**Foto 1.** Barreno de raíces para muestreo de suelo (a) y muestra de suelo para extracción de raíces finas (b). SSPi municipio de Pailitas, Cesar. Fotografías: J.C. Alfaro.

### Árboles

En los tres sistemas silvopastoriles evaluados fueron medidos diámetros y alturas de los árboles dispersos o de las cercas vivas en las parcelas experimentales, con el propósito de hallar contenidos de biomasa y carbono a través de ecuaciones alométricas. En el SSPi 1 (Quindío) se evaluaron árboles de matarratón *Gliricidia sepium*; en el SSPi 2 (Antioquia) se evaluaron alisos *Alnus acuminata*; y en el SSPi 3 (Cesar) acacias *Acacia mangium* (Foto 2).

A todos los árboles ubicados dentro de la parcela experimental les fue medida la altura (h) usando un clinómetro, y el diámetro a la altura del pecho (dap a 1,30 m) usando cinta diamétrica. El cálculo de la biomasa de los árboles se realizó a partir de los siguientes modelos:

1. Matarratón a partir del modelo de estimación de biomasa propuesto por Gómez-Castro et al., (2010):

$$BA = 3,27e^{0,075(DAP)}.$$

2. Alisos a partir del modelo de estimación de biomasa propuesto por Camacho (1987)<sup>1</sup>:

$$Bt = 0,6792 + 0,0446 * h + 0,2084 * dap^2 - 0,0026 * dap^2 * h$$

3. Acacias a partir del modelo de estimación de biomasa propuesto por Andrade (1999):

$$B = 3,44 + 0,064 * dap^2 + 1,03 * h$$



**Foto 2.** *Gliricidia sepium* en cercas vivas de SSPi con leucaena *Leucaena leucocephala*, municipio de Montenegro, Quindío (a); árboles dispersos de alisos *Alnus acuminata* en SSPi con botón de oro *Tithonia diversifolia*, municipio de Rionegro, Antioquia (b); franjas de *Acacia mangium* en SSPi con botón de oro, municipio de Pailitas, Cesar (c).

## Resultados y discusión

Dentro del sistema silvopastoril intensivo SSPi en el municipio de Montenegro (Quindío), los arbustos de leucaena presentan contenidos de 5,85 t/ha de biomasa (para una densidad de 10.000 arbustos/ha) equivalentes a 2,92 t C/ha; el

compartimiento con mayor contenido de biomasa es el tronco con 4,97 t/ha. Los SSPi con botón de oro ubicados en los municipios de Rionegro y Pailitas, con densidades de siembra de 4.000 y 5.000 arbustos/ha respectivamente, el botón de oro

<sup>1</sup> Modelo citado en: Riofrio (2007).

## Area 3: Sistemas silvopastoriles y agroforestales: aspectos ambientales y mitigación al cambio climático

**Tabla 1.** Datos promedio de biomasa aérea y carbono en leucaena y botón de oro, por compartimiento y total, en sistemas silvopastoriles intensivos SSPi.

Sistema	Biomasa (t/ha)				Carbono (t/ha)			
	Tronco	Ramas	Hojas	Total	Tronco	Ramas	Hojas	Total
SSPi con leucaena. Municipio de Montenegro, Quindío	4,97	0,52	0,36	<b>5,85</b>	2,49	0,26	0,18	<b>2,92</b>
SSPi con botón de oro. Municipio de Rionegro, Antioquia	1,39	0,51	0,67	<b>2,58</b>	0,70	0,25	0,34	<b>1,29</b>
SSPi con botón de oro. Municipio de Pailitas, Cesar	0,30	0,34	0,12	<b>0,76</b>	0,15	0,17	0,06	<b>0,38</b>

presenta contenidos de 1,29 t C/ha en el primer caso y 0,38 t C/ha en el segundo (Tabla 1). Aunque el sistema silvopastoril en el municipio de Pailitas presenta un arreglo con mayor densidad de arbustos, la especie presenta menor crecimiento que el registrado en el sistema establecido en el municipio de Rionegro; lo que fue evidente visualmente en campo y corroborado con el diámetro de los troncos que fue en promedio de 2,14 cm para el botón de oro en Rionegro y de 1,56 cm en Pailitas.

#### Pasturas

Las pasturas muestreadas fueron pasto estrella *Cynodon plectostachyus*, brachiaria *Brachiaria decumbens* y kikuyo *Pennisetum clandestinum*, en los SSPi de Montenegro, Rionegro y Pailitas respectivamente. En promedio, la pas-

tura que mayor contenido de biomasa y carbono presentó es el pasto kikuyo con 8,14 t/ha y 4,07 t/ha respectivamente bajo el sistema silvopastoril, y 6,66 t/ha y 3,33 t C/ha para la pastura sin árboles (Tabla 3). Por el contrario, *Brachiaria decumbens* presentó menores contenidos de biomasa y carbono con 6,47 t/ha y 3,24 t C/ha (Tabla 4), similar a lo reportado por Andrade (1999) para pasto *Brachiaria* en un sistema silvopastoril con acacia con valores 3,7 t C/ha.

En los tres casos fue mayor la biomasa y el carbono contenido en las pasturas bajo sistemas silvopastoriles que en las pasturas sin árboles (Tablas 2, 3 y 4). Otros estudios también han encontrado mayor producción de biomasa y acumulación de carbono en pasto estrella y brachiaria asociados en sistemas silvopastoriles que las mismas pasturas en monocultivo (Arias-Giraldo et al., 2009; Bustamante et al., 1998).

**Tabla 2.** Biomasa y carbono en pasto estrella *Cynodon plectostachyus* bajo SSPi con *Leucaena leucocephala* y en pastura sin árboles. Municipio de Montenegro, Quindío.

Sitio	Parcela	Biomasa (gr)	Biomasa (t)	C (t/ha)
SSPi	1	166,56	0,00017	3,33
SSPi	2	191,14	0,00019	3,82
SSPi	3	197,47	0,00020	3,95
Pastura control	4	73,97	0,00007	1,48
<b>Promedios en pasturas con SSPi</b>		185,06	<b>7,40 t/ha</b>	<b>3,70</b>
<b>Promedios en pasturas sin árboles</b>		73,97	<b>2,96 t/ha</b>	<b>1,48</b>

**Tabla 3.** Biomasa y carbono en pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* bajo SSPi con botón de oro *Tithonia diversifolia* y en pastura sin árboles. Municipio de Rionegro, Antioquia.

Sitio	Parcela	Biomasa (gr)	Biomasa (t)	C (t/ha)
SSPi	1	237,48	0,00024	4,75
SSPi	2	140,28	0,00014	2,81
SSPi	3	232,98	0,00023	4,66
Pastura control	4	166,57	0,00017	3,33
<b>Promedios en pasturas con SSPi</b>		203,58	<b>8,14 t/ha</b>	<b>4,07</b>
<b>Promedios en pasturas sin árboles</b>		166,57	<b>6,66 t/ha</b>	<b>3,33</b>



**Tabla 4.** Biomasa y carbono en pasto *Brachiaria decumbens* bajo SSPi con botón de oro *Tithonia diversifolia* y en pastura sin árboles. Municipio de Pailitas, Cesar.

Sitio	Parcela	Biomasa (gr)	Biomasa (t)	C (t/ha)
SSPi	1	83,41	0,00008	1,67
SSPi	2	218,02	0,00022	4,36
SSPi	3	183,86	0,00018	3,68
Pastura control	4	68,61	0,00007	1,37
<b>Promedios en pasturas con SSPi</b>		<b>161,76</b>	<b>6,47 t/ha</b>	<b>3,24</b>
Promedios en pasturas sin árboles		68,61	<b>2,74 t/ha</b>	<b>1,37</b>

*Raíces finas*

En general se observa que el mayor contenido de biomasa de raíces finas se encuentra en los primeros 15 cm de profundidad, tanto en los SSPi como en las pasturas sin árboles, similar a lo encontrado por Rojas et al., (2009) quienes reportan una mayor acumulación de carbono en raíces finas en los primeros 20 cm de suelo bajo sistemas silvopastoriles y por Ramírez et al., (2009) que encontraron en dos sistemas ganaderos del piedemonte amazónico en Colombia, que la biomasa promedio de las raíces finas disminuyó con la profundidad en el suelo (Tablas 5, 6 y 7); a excepción del SSPi con botón de oro *Tithonia diversifolia* y pasto *Brachiaria decumbens*, en

el que se presentan mayores contenidos de biomasa de raíces finas de 15 a 30 cm de profundidad (Tabla 7).

Los datos de biomasa de las raíces finas encontrados en los sistemas evaluados muestran que el SSPi con mayor biomasa en las raíces finas es el de botón de oro y pasto kikuyo con 2,47 t/ha. Así mismo, las pasturas sin árboles presentan mayor contenido de raíces finas que los SSPi en todos los casos, con mayor biomasa en el pasto kikuyo con 3,17 t/ha seguido pasto carimagua (1,73 t/ha) y pasto estrella (1,44 t/ha), evidenciando la capacidad de las pasturas mejoradas como sumidero de carbono a través de la fijación de carbono por la dinámica de las raíces.

**Tabla 5.** Biomasa de raíces finas (Rf) en SSPi (*Leucaena leucocephala* y pasto estrella *Cynodon plectostachium*) y pastura sin árboles. Municipio de Montenegro, Quindío.

Parcela	Rf de 0-15 cm de profundidad (t/ha)	Rf de 15-30 cm de profundidad (t/ha)	Total Rf a 30 cm (t/ha)
<b>Promedio general</b>	<b>0,91</b>	<b>0,35</b>	<b>1,26</b>
<b>Promedio Pastura</b>	0,93	0,50	1,44
<b>Promedio SSP</b>	0,90	0,28	1,17
<b>Promedio SSP-a<sup>2</sup></b>	0,84	0,25	1,09
<b>Promedio SSP-b<sup>3</sup></b>	0,96	0,30	1,26

**Tabla 6.** Biomasa de raíces finas (Rf) en SSPi (botón de oro *Tithonia diversifolia* y pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*) y pastura sin árboles. Municipio de Rionegro, Antioquia.

Parcela	Rf de 0-15 cm de profundidad (t/ha)	Rf de 15-30 cm de profundidad (t/ha)	Total Rf a 30 cm (t/ha)
<b>Promedio general</b>	<b>2,24</b>	<b>0,46</b>	<b>2,71</b>
<b>Promedio Pastura</b>	2,70	0,47	3,17
<b>Promedio SSP</b>	2,01	0,46	2,47
<b>Promedio SSP-a</b>	1,41	0,57	1,97
<b>Promedio SSP-b</b>	2,61	0,36	2,98

**Tabla 7.** Biomasa de raíces finas en SSPi (botón de oro *Tithonia diversifolia* y pasto *Brachiaria decumbens*) y pastura sin árboles (pasto carimagua). Municipio de Pailitas, Cesar.

Parcela	Rf de 0-15 cm de profundidad (t/ha)	Rf de 15-30 cm de profundidad (t/ha)	Total Rf a 30 cm (t/ha)
<b>Promedio general</b>	<b>0,77</b>	<b>0,58</b>	<b>1,35</b>
<b>Promedio Pastura</b>	1,73	0,00	1,73
<b>Promedio SSP</b>	0,29	0,86	1,16
<b>Promedio SSP-a</b>	0,26	1,18	1,44
<b>Promedio SSP-b</b>	0,32	0,55	0,87

<sup>2</sup> Puntos de muestreo junto a tres plantas de leucaena/botón de oro.<sup>3</sup> Puntos de muestreo a 50 cm de las plantas de leucaena/botón de oro.

### Árboles

Se encontró un contenido de biomasa en kg de materia seca por árbol de 11,6 para matarratón, 18,8 para alisos y 16,1 para acacias. De acuerdo con las densidades de siembra en cada sis-

tema, que son de 133 árboles de matarratón/ha, 204 alisos/ha y 500 acacias/ha, se obtienen datos de biomasa de 1,54 t/ha en matarratón, 4,52 t/ha en alisos y 8,05 t/ha para acacias, equivalentes a 0,77 t C/ha, 1,92 t C/ha y 4,02 t C/ha respectivamente.

## Conclusiones

El sistema silvopastoril evaluado que mayor contenido de biomasa y carbono presentó fue el arreglo con botón de oro (*Tithonia diversifolia*), pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y alisos (*Alnus acuminata*), ubicado en el municipio de Rionegro (Antioquia), con 17,71 t/ha de biomasa y 8,52 t C/ha para el total de los compartimientos evaluados, teniendo mayor peso con respecto a los otros dos sistemas, la

pastura y los árboles.

Es evidente el beneficio de los sistemas silvopastoriles sobre el aumento en la producción de biomasa de las pasturas al compararlas con las coberturas control de pasturas sin árboles; lo que además de permitir acumular mayor carbono, puede generar beneficios en la productividad de los sistemas ganaderos por mayor disponibilidad de biomasa.

## Agradecimientos

La investigación se desarrolló en el marco del Proyecto Determinación del potencial de reducciones de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles; a través de un Convenio de cooperación científica celebrado entre el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV y la Universidad Tecnológica de Pereira. Agradecimientos especiales a los propietarios de los predios ganaderos donde fue desarrollada la investigación; a Giovany Grajales y Yerson Saldarriaga en los muestreos de campo; y a Laura Paredes y Marilyn Castaño, Estudiantes del Programa de Tecnología Química de la Universidad Tecnológica de Pereira, por su apoyo en el proceso de laboratorio para la cuantificación de raíces finas.

## Bibliografía

- Andrade, H.J., 1999. Dinámica productiva de sistemas silvopastoriles con *Acacia mangium* y *Eucalyptus deglupta* en el trópico húmedo. Tesis para optar el título de Magister, CATIE, Turrialba, Costa Rica, pp. 70.
- Andrade, H.J., Ibrahim, M., 2003. ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? Revista Agroforestería en las Américas, Vol. 10, N° 39-40, 109-116 p.
- Arias-Giraldo, L.M., Camargo, J.C., Dossman, M.A., Echeverry, M.A., Rodríguez, J.A., Molina, C.H., Molina, E.J., Melo, I.D., 2009. Estimación de biomasa aérea y desarrollo de modelos alométricos para *Leucaena leucocephala* en sistemas silvopastoriles de alta densidad en el Valle del Cauca, Colombia. Revista Recursos Naturales y Ambiente N° 58, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 32-39 p.
- Bustamante, J., Ibrahim, M., Beer, J., 1998. Evaluación agronómica de ocho gramíneas mejoradas en un sistema silvopastoril con poró (*Erythrina poeppigina*) en el trópico húmedo de Turrialba. Agroforestería en las Américas, Vol. 5, N° 19, 11-16 p.
- Gómez-Castro, H., Pinto-Ruiz, R., Guevara-Hernández, F., Gonzalez-Reyna, A., 2010. Estimaciones de biomasa aérea y carbono almacenado en *Gliricidia sepium* (lam.) y *Leucaena leucocephala* (jacq.) y su aplicación en sistemas silvopastoriles. ITEA Vol. 106 (4), 256-270 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 1996. Report of the twelfth session of the intergovernmental panel on climate change. Reference manual and workbook of the IPCC 1996 revised guidelines for national greenhouse gas inventories, Ciudad de México, México.
- Márquez, L (Ed.), 2000. Elementos Técnicos para Inventarios de Carbono en Uso del Suelo. Fundación Solar, Guatemala, pp. 35.
- Ramírez, B.L., Ramírez, H.F., Suárez, J.C., 2009. Captura de carbono y desarrollo radicular de sistemas de uso del suelo en la Amazonia Colombiana. Livestock Research for Rural Development, Volume 21, Article # 91, Retrieved February 23, 2015, from <http://www.lrrd.org/lrrd21/6/rami21091.htm>.
- Riofrio, J.G., 2007. Cuantificación del carbono almacenado en dos sistemas agroforestales en la estación experimental Santa Catalina – INIAP, Ecuador, Tesis Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, pp. 130.
- Rojas, J., Ibrahim, M., Andrade, H.J., 2009. Secuestro de carbon y uso de agua en sistemas silvopastoriles con especies maderables nativas en el trópico seco de Costa Rica. Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu., 10 (2), 214-223 p.
- Schlönvoigt, A., Chesney, P., Schaller, M., van Kanten, R., 2000. Estudios ecológicos de raíces en sistemas agroforestales: experiencias metodológicas en el CATIE. Módulo de Capacitación Agroforestal, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Turrialba, Costa Rica, pp. 35.
- Zuluaga A.F., Giraldo C., Chará J. 2011. Servicios ambientales que proveen los sistemas silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad. Manual 4, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Bogotá, Colombia. 36 p.

# Identificação de espécie de cigarrinha das pastagens parasitada por fungo, em sistema silvipastoril

Michelle O. Campagnani<sup>1</sup>; Luiz H. Rosa<sup>2</sup>; Alexander Auad<sup>3</sup>; Mauroni Cangussú<sup>4</sup>; Rogério Martins Maurício<sup>1</sup>.

## Resumo

Este estudo tem como objetivo identificar espécie de “cigarrinha das pastagens” e fungo recorrente em área sob sistema silvipastoril (SSP), compostos por arbóreas nativas selecionadas por meio de regeneração natural em áreas de Cerrado, e gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no estado do Maranhão, Brasil. Após coleta e a identificação por chaves taxonômicas, foi verificado que a espécie de cigarrinha é *Mahanarva* e que o fungo não pertence ao gênero *Metarhizium*. Desta forma fica evidenciado a necessidade de identificação deste fungo para possível controle biológico desta praga. Entretanto novas coletas serão necessárias bem como a identificação (sequenciamento de DNA), propagação e prova *in vivo* para teste de eficácia no controle desta praga.

**Palavras chave:** controle biológico, sistema arborizado, braquiária, bovinos.

## Abstract

the objective of this study was to identify the specie of fungus in area under influence of silvopastoral system (SSP), composed of native trees selected through natural regeneration in savanna area, which parasite spittlebug in pastures of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, Maranhão State, Brazil. After collection and identification by experts, it was found that the spittlebug specie is *Mahanarva* and the fungus does not belong to the genus *Metarhizium*. These results demonstrated the potential of this fungus as a possible biological control of this pest. However, new collections and also the identification (DNA sequencing), propagation and in vivo tests would be necessary.

**Key words:** biological control, shading system, brachiaria, cattle.

<sup>1</sup> Universidade Federal de São João Del-Rei - MG - São João Del-Rei, MG <sup>2</sup> Embrapa Gado de Leite - Juiz de Fora, MG <sup>3</sup> Universidade Federal de Minas Gerais –UFMG – Belo Horizonte, MG <sup>4</sup> Médico veterinário, Maranhão, Brasil rogeriomaucio@ufsj.edu.br

## Introdução

As cigarrinhas-das-pastagens (*Deois flavopicta*) constituem uma das principais pragas de gramíneas forrageiras em toda a América Tropical, destacando-se os gêneros *Deois* e *Mahanarva*. Essas pragas vêm causando sérios danos a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a qual é considerada resistente a este inseto (Pabón et al., 2007). O aumento populacional das cigarrinhas diminui a produtividade das forrageiras e reduz seu valor nutritivo (Gallo et al., 2002) sendo consideradas um dos principais fatores econômicos limitantes para o desenvolvimento da pecuária extensiva (Grisoto, 2014).

Alternativamente a resistência da forrageira a esta praga, para o combate utiliza-se inseticidas químicos mas, mesmo apresentando alta e rápida eficiência geram graves problemas ambientais e sociais, sendo responsáveis pela poluição dos recursos hídricos, solos e alimentos (Alencar et al., 2013) podendo levar a um desequilíbrio do agroecossistema e intoxicações em humanos (Saito et al. 2009).

Os aspectos negativos do controle químico de pragas aliados a busca por produção de alimentos saudáveis promovem o interesse por métodos alternativos, como o controle biológico. Este, não é poluente, não provoca desequilíbrios entre populações, é duradouro e aproveita o potencial biótico do agroecossistema, não é tóxico para o homem e animais. O controle biológico com macro ou microrganismos é um dos principais componentes do manejo integrado de cigarrinhas (Silva, 2014).

Um dos exemplos de controle biológico é o uso do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae*, conhecido pela sua capacidade de invadir e matar seus hospedeiros, é usado na agricultura como biopesticida (Lubecket et al., 2008). Este fungo é considerado um eficiente agente para o controle biológico de grande número de insetos-pragas, como a cigarrinha em pastagens ou em canaviais.

Os fungos são patógenos de largo espectro, capazes de infectar diferentes estágios de desenvolvimento dos hospedeiros como ovos, larvas, pupas e adultos, sendo essa característica desejável e muito peculiar desse grupo. Alguns são virulentos e a maioria é altamente especializada na penetração via tegumento, o que os coloca em vantagem quando comparados como outros grupos de patógenos que só entram no inseto por via oral (Yáñez, & France, 2010).

O sistema extensivo tradicional é caracterizado pela utilização de pastagens nativas ou cultivadas como únicas fontes de volumosos para os animais. No Brasil, nas regiões onde

a vegetação nativa é substituída pela cultivada, a gramínea do gênero *Brachiaria* é uma das mais utilizadas. Esse sistema representa em torno de 80% dos sistemas produtivos de carne bovina brasileira (Cezar et al., 2005). Alguns cultivares considerados resistentes às principais espécies de cigarrinha-das-pastagens vêm se mostrando suscetíveis a *Mahanarva fimbriolata* (Stål), como é o caso de *B. brizantha* cv. 'Marandu'. *M. fimbriolata* apresenta tamanho maior, quando comparada às outras espécies de cigarrinha-das-pastagens, como *Notozulia entreriana* (Berg), sendo observado em campo danos mais intensos para a primeira espécie (Grisoto et al., 2014), consequentemente há uma redução na produtividade desta forrageira.

Em contrapartida os sistemas silvipastoris (SSPs) utilizam da combinação intencional de árvores, pastagem e ruminantes numa mesma área ao mesmo tempo e manejados de forma integrada, com o objetivo de incrementar a produtividade por unidade de área (Araújo et al., 2013). Nesses sistemas, ocorrem diversas interações que podem reduzir a erosão, melhorar a conservação da água, reduzir a necessidade de fertilizantes, capturar e fixar carbono, diversificar a produção, aumentar a renda e incrementar a biodiversidade diminuir a incidência de doenças nos animais (Silva e Salman 2010). SSP são sistemas multifuncionais, onde existe a possibilidade de intensificar a produção pelo manejo integrado dos recursos naturais evitando sua degradação, além de recuperar sua capacidade produtiva (Silva, 2008). Além dos aspectos ambientais estes sistemas demonstraram um aumento de 20% na produção de carne bovina por ano e uma redução nas populações de cigarrinhas *D. incompleta* e *D. flavopicta* (Maurício, 2010).

De acordo com o relato do pecuarista/veterinário proprietário da Fazenda Monalisa (MA), formada com pastagens baseadas em SSP por meio da regeneração de espécies arbóreas nativas, tem-se verificado que após o surgimento da cigarrinha (dezembro à fevereiro) um fungo branco atua sob as cigarrinhas-das-pastagens (*D. flavopicta*) provocando altos índices de mortalidade. Este fungo é diferente do já conhecido *M. anisopliae*, (cor verde) que foi testado *in loco* e não surtiu efeito sob as cigarrinhas. Este fato, o qual vem ocorrendo desde 2011, motivou esta proposta de projeto.

Este estudo tem como objetivo identificar a espécie da cigarrinha da pastagem bem como o/os fungo (s) que as parasitam em SSP no Estado do Maranhão - Brasil.

## Material e métodos

As cigarrinhas infectadas por fungos foram coletadas na Fazenda Monalisa (MA), localizada no oeste do Estado do Maranhão, Brasil, na micro região nº 38 (5° 31' 32" latitude sul; 47° 26' 35" longitude a W Gr.) em pontos aleatórios no SSP, no período novembro-dezembro de 2014 (período chuvoso que antecede a reprodução das cigarrinhas e dos fungos). Estas foram retiradas diretamente das gramíneas e colocadas

em tubos eppendorff de 1,5 ml, previamente esterilizados. As cigarrinhas foram identificadas na EMBRAPA por meio de chaves taxonômicas e posteriormente depositadas como testemunho nos laboratórios do Departamento de Engenharia de Biosistemas (DEPEB) da UFSJ. Os fungos brancos parasitas foram analisados em lupa e comparados com padrões de fungos do gênero *Metarhizium*.

## Resultados e discussão

Como resultados da primeira fase experimental, sendo a coleta realizada no ano de 2014, as cigarrinhas infectadas por fungos, foram identificadas por meio de chaves taxonômicas. A cigarrinha é pertencente ao gênero *Mahanarva*.

Primeiramente os fungos brancos parasitas foram visualmente comparados com padrões de fungos *Metarhizium anisopliae*, o qual possui uma textura pulverulenta com a coloração cinza quando esta esporulando. Já o fungo branco estudado neste trabalho, possui aspecto cotonoso, coloração branca/opaca. Ainda não se sabe se a coloração do fungo é devida ao processo de esporulação (Figura 1).

Nos exemplares avaliados foi detectado um fungo branco parasita da cigarrinha da pastagem (*Mahanarva* sp) diferente do já conhecido *Metarhizium anisopliae* (Figura 2) e amplamente utilizado em controles biológicos desta praga (Mendonça, 2005). O microambiente proporcionado pelas arbóreas com-

ponentes do sistema silvipastoril avaliado pode ter propiciado a ocorrência deste fungo, o qual pode ser uma espécie nova com potencial para controle natural das cigarrinhas.

Na segunda fase do experimento, os fungos brancos serão isolados utilizando o método de plaqueamento segundo Castellani, 1967. Posteriormente a extração de DNA será feita segundo a metodologia proposta por Rosa et al., 2009. Na terceira fase do experimento, após a identificação do fungo, ele será reativado e preparado para a produção de conídios. Este será realizado em meio de cultura. As culturas fúngicas serão aplicadas em campo (Almeida et al., 2005). A forrageira *B. brizantha* será cultivada em casas de vegetação e a obtenção dos insetos será de acordo com a metodologia proposta por Batista et al., 2014. A aplicação do fungo será feita em casa de vegetação como proposto por Loureiro et al., 2012.



Figura 1: Cigarrinha parasitada por fungo branco encontrado em SSP.



Figura 2: Foto comparativa entre fungo parasita (ninfã de cigarrinha em último instar) porém sem identificação mas semelhante ao *Metarhizium anisopliae*.

## Conclusão

Este trabalho, apesar de inicial, evidencia a ocorrência de uma nova espécie de fungo parasita em áreas arborizadas (SSP) o qual apresenta potencial como biopesticida para controle da

cigarrinha das pastagens (ex. *D. flavopicta* e *Mahanarva* sp). As próximas coletas irão permitir a identificação, propagação e avaliações de impacto no controle desta praga.

## AGRADECIMENTOS

FAPEMIG-PPM, CAPES-PVE, CNPq, EMBRAPA-Gado de leite, CAPES-EMBRAPA, DEPEB, UFSJ.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alencar, G. V. et al. 2013. Percepção ambiental e uso do solo por agricultores de sistemas orgânicos e convencionais na Chapada da Ibiapaba, Ceará. *Rev. Econ. Sociol. Rural* [online]. 51, n.2.
- Almeida, CV de; Yara, Ricardo; Almeida, M. de. 2005. Fungos endofíticos isolados de ápices caulinares de pupunheira cultivada in vivo e in vitro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40, n. 5, p. 467-470.
- Alves, S. B. Fungos Entomopatogênicos. 1998. In: *Controle Microbiano de Insetos*. Piracicaba: FEALQ. p. 289-381.
- Araujo, R. P., et al. 2013. Produção e composição química de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril sob diferentes espaçamentos com *Eucalyptus urophylla* Blake. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 3, n. 1.
- Batista, P. S. E. et al. 2014. Virulence of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) to spittlebug *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae). *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v.81, n.2, p. 145-149.
- Castellani, A.. 1967. Maintenance and cultivation of common pathogenic fungi in distilled water. *The Journal of tropical medicine and hygiene*, 42, p.181-184.
- Cezar, I. M., et al. 2005. *Sistemas de Produção de Gado de Corte no Brasil: Uma Descrição com Ênfase no Regime Alimentar e no Abate*. Ed. Embrapa Gado de corte. P. 19.
- Gallo, D. et al. 2002. *Entomologia Agrícola*. FEALQ, Piracicaba, SP. p. 920.
- Garcia, José Francisco. 2002. *TÉCNICA DE CRIAÇÃO E TABELA DE VIDA DE Mahanarva fimbriolata* (Stål., 1854) (HEMIPTERA: CERCOPIDAE). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Grisoto, E., et al. 2014. Biologia de *Mahanarva fimbriolata* em gramíneas forrageiras. *Ciência Rural*, Santa Maria, 44, n.6, p.1043-1049.
- Loureiro, E. S. et al. 2012. Eficiência de isolados de *Metarhizium Anisopliae* (metsch.) Sorok. No controle da cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar, *Mahanarva Fimbriolata* (Stål, 1854) (Hemiptera: Cercopidae), em condições de campo. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v.79, n.1, p.47-53.
- Lubeck, I.; et al. 2008. Evaluation of *Metarhizium anisopliae* strains as potential biocontrol agents of the tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* and the cotton stainer *Dysdercus peruvianus*. *Fungal Ecology*, 1,2-3 p. 78-88.
- Macedo, N.; Macedo, D. 2004. As pragas de maior incidência nos canaviais e seus controles. *Visão Agrícola*, 1, p.38-46.
- Maurício, R. M.; Sousa, L. F. 2010. Silvopastoral system, cerrado and tropical forest biome in Brazil: Case studies. Successes and failures with animal nutrition practices and technologies in developing countries, p. 75.
- Mendonça, A. F. 2005. Cigarrinhas da cana-de-açúcar: Controle Biológico. *Macéio: Insecta*, 317p.
- Moore, R. W. et al. 1997. Agroforestry systems in temperate Australia. *Temperate agroforestry systems*, p.119-148.
- Pabón, A.; Cardona, C.; Miles, J.W.; Sotelo, G. 2007. Response of resistant and susceptible *Brachiaria* ssp. genoty pesto simultaneous infestation with multiple species of spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae). *Journal of Economic Entomology*. 100, p.1896-1903.
- Rosa L.H., Vaz A.B.M., Caligiorno R.B., Campolina S., Rosa C.A. 2009. Endophytic fungi associated with the Antarctic Grass *Deschampsia Antarctica* Desv. (Poaceae). *Polar Biol.* 32:161-167.
- Saito Lr; Sales Llsr; Martinekosi L; Reffatti To. 2009. Aspects of the effect fungus *Trichoderma* spp. in biocontrol of pathogens of agricultural crops. 2: 209-216.
- Silva, R. P. D. 2014. Patogenicidade de *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL sobre cupins urbanos.
- Silva, A. De A.; Salman, A. K. 2010. Implantação de sistema silvipastoril em propriedades rurais familiares no Estado de Rondônia. In: *Congresso Nacional de Botânica*, 61. Manaus, AM.
- Silva, H.D.. 2008. Benefícios sócio-econômicos e ambientais dos sistemas agrossilvipastoris. Embrapa Florestas.
- Yáñez, M., & France, A. (2010). Effects of fungicides on the development of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(3), 390-398.

# Sistemas silvopastoriles intensivos: Elementos claves para la rehabilitación de la función ecológica de los escarabajos del estiércol en fincas ganaderas del valle del río Cesar, Colombia

C. Giraldo-Echeverri<sup>1</sup>; S. Montoya-Molina<sup>1,2</sup>; K. Castaño<sup>1</sup>; J. Montoya-Lerma<sup>2</sup>; F. Escobar<sup>3</sup>, J. Chará<sup>1</sup> & E. Murgueitio

## Resumen

En términos de rehabilitación ecológica, la recuperación de la diversidad funcional de especies es fundamental para garantizar el funcionamiento de los sistemas productivos. En el valle del río Cesar, en la región Caribe de Colombia, se han establecido Sistemas Silvopastoriles intensivos (SSPi) como estrategia para la rehabilitación ecológica de las fincas ganaderas en la región. La presente investigación se llevó a cabo con el propósito de entender cómo se comportan los SSPi en las diferentes épocas climáticas (sequía intensa y fuertes lluvias), utilizando como respuesta variables a nivel de población y función de los escarabajos del estiércol. Para esto se muestrearon estos insectos en tres usos del suelo: Bosque, SSPi y Pastos sin árboles (PSA). Los resultados revelan que los SSPi y los bosques presentan mayor diversidad de escarabajos asociada al estiércol bovino que los PSA y sus ensamblajes fluctúan de manera contrastante en las dos épocas climáticas. En términos de función, los bosques y los SSPi presentan complementariedad y demuestran la importancia de ambos sistemas para la reconversión de las fincas ganaderas en la región. La falta de función en los PSA sugiere el avanzado estado de deterioro de estos sistemas y la importancia de promover su reconversión productiva.

**Palabras claves:** Escarabajos estercoleros, función ecológica, biodiversidad, sistemas silvopastoriles intensivos, bosque seco

## Intensive silvopastoral systems: Key elements for the rehabilitation of the ecological function of dung beetles in cattle farms Cesar River Valley, Colombia

## Abstract

In terms of ecological rehabilitation, the recovery of the functional diversity of species is a cornerstone for the function of production systems. In the Cesar River Valley of in the Caribbean region of Colombia, Intensive Silvopastoral Systems (ISPS) have been established as a strategy for ecological rehabilitation of livestock farms. This research was conducted in order to understand how ISPS behave under different climatic conditions (severe drought and heavy rainfall), using dung beetle populations and their functional responses as variables. These insects were sampled in three soil uses: Forest, ISPS and improved pastures. Results revealed that diversity of cattle dung beetles in ISPS and forest are greater than in improved pastures. In addition, their assemblages fluctuate in contrasting ways during the two different climatic seasons. In terms of function, forests and ISPS are complementary. Results revealed the importance of both systems for the conversion of cattle farms in the region. The lack of function in the improved pastures suggests the advanced state of deterioration of these systems and the importance of promoting productive reconversion.

**Key words:** Dung beetles, ecological function, biodiversity, intensive silvopastoral systems, dry forest

<sup>1</sup> Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria - CIPAV; <sup>2</sup>Universidad del Valle, Cali, Colombia; <sup>3</sup>Instituto de Ecología, Xalapa (México). Cra 25 No. 6-62, Cali, Colombia. carolina@fun.cipav.org.co

## Introducción

La función de los ecosistemas se define como la capacidad de éstos para llevar a cabo los procesos básicos de transferencia de energía, nutrientes, agua y CO<sub>2</sub> los cuales determinan procesos secundarios del ecosistema, tales como producción primaria, producción secundaria, descomposición, ciclo de nutrientes, hidrología, desarrollo y fertilidad del suelo y perturbación (Hobbs et al., 1995, citado por Vilà 1998). Dado que estos procesos están mediados por la biodiversidad que habita dentro de una comunidad (Naeem et al. 1999), su pérdida puede llegar a afectar el funcionamiento de los ecosistemas y, por lo tanto, el bienestar humano (Naeem et al. 1999; Costanza et al. 1997).

La transformación de los ecosistemas naturales hacia monocultivos para la producción ganadera, ha ocasionado pérdida de la biodiversidad y de los procesos en los que ella participa (Chará & Giraldo 2011). La deforestación, la reducción de la cobertura vegetal, la mecanización y el uso indiscriminado de productos químicos, entre otros factores, han ocasionado un descenso de la diversidad biológica en áreas ganaderas y por lo tanto, una reducción en la funcionalidad ecológica del ecosistema y un incremento de la dependencia de insumos externos para suplir la deficiencia de determinadas funciones (Giraldo & Galindo 2008).

Es el caso de las fincas ganaderas en el valle del río Cesar en la región Caribe Colombiana, las cuales se encuentran en un estado avanzado de deterioro debido a la pérdida de la capacidad productiva de los suelos, el deterioro de las fuentes hídricas, la fragmentación de los bosques y la pérdida de biodiversidad (Corpocesar 2007). El cultivo intensivo de algodón en décadas pasadas, basado en monocultivos con alta dependencia de insumos químicos y maquinaria agrícola, generó destrucción masiva del bosque seco, el ecosistema propio de esta región y favoreció la pérdida de la capa orgánica edáfica y la destrucción de las fuentes hídricas. Posteriormente, ante la incapacidad productiva de los suelos, se inició un proceso de expansión de la ganadería en monocultivos de pasto a libre exposición. El manejo extensivo de los sistemas ganaderos aceleró el proceso de deterioro de los recursos naturales al promover el establecimiento de pastos introducidos a expensas de los bosques y los corredores ribereños que protegían las fuentes de agua. El pisoteo constante del ganado y la tala de árboles en los sistemas productivos, incrementó la compactación del suelo y redujo la biodiversidad asociada a los sistemas ganaderos. En la actualidad, el deterioro de la región es tan alarmante, que se considera que el 27% de los suelos del valle del río Cesar, están en proceso de desertización y requieren acciones de restauración activa para recuperar su

capacidad productiva (Corpocesar 2007).

A los factores antropogénicos que han llevado la región al deterioro ambiental, se suman factores ambientales que complejizan la situación y dificultan las acciones de rehabilitación. En la zona, los fenómenos climáticos extremos, El Niño y La Niña, generan épocas de sequía extrema y fuertes lluvias, respectivamente, lo cual conlleva al colapso de los pocos sistemas productivos que aún persisten. Por su ubicación geográfica, el valle del río Cesar recibe los alisios, los cuales provienen del norte de Colombia y generan una alta erosión eólica y déficit hídrico por desecación. Durante la época de sequía, la temperatura ambiental alcanza los 54°C y la humedad relativa puede ser inferior al 10%, lo cual genera condiciones extremas que deben ser tenidas en cuenta en los programas de rehabilitación.

Ante el difícil panorama ambiental y productivo de la región, en 2005 se inicia un programa de reconversión ganadera con sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) con *Leucana leucocephala*, como alternativa de rehabilitación de las tierras ganaderas. En pocos meses, con los SSPi se logró un incremento considerable de la producción, reducción de insumos químicos, incremento de la biodiversidad y mejoramiento de la regulación hídrica (Giraldo et al. 2012, Reyes et al. 2012).

Si bien, los SSPi han demostrado beneficios económicos, ambientales y productivos, es importante entender si además, pueden contribuir a incrementar la función ecológica de la biodiversidad durante los fenómenos climáticos extremos, logrando mantener la funcionalidad de los sistemas productivos a lo largo del tiempo. Por esta razón, se eligieron los escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) como organismos indicadores de la salud del agropaisaje ganadero, debido a su importancia para la dinámica y funcionamiento del sistema productivo. Estos organismos remueven y relocalizan del estiércol bovino, incorporan materia orgánica al suelo, controlan moscas hematófagas y parásitos gastrointestinales (Nichols et al, 2008; Giraldo et al, 2011). Sin embargo, sus poblaciones son dependientes de la cobertura de dosel, de sitios especiales de refugio y anidamiento, y son altamente sensibles a los productos químicos utilizados en la producción ganadera (Lumaret & Martínez, 2005; Miranda, 2006).

La presente investigación, se llevó a cabo con el propósito de identificar los cambios que existen en los ensamblajes e interacciones de especies de escarabajos estercoleros y la función ecológica durante dos épocas climáticas contrastantes (sequía intensa y lluvias fuertes) en los bosques, SSPi y pastos sin árboles en una finca ganadera en el valle del río Cesar.

## Métodos

### Zona de estudio

La investigación se llevó a cabo en la Finca Sal Si Puedes en el municipio de Fonseca, Guajira, en la región Caribe Colombiana, ubicada a 211,4 msnm, en dos épocas climáticas: sequía (abril de

2013) y lluvia (octubre de 2013). Se muestrearon tres usos del suelo: (1) Fragmento de Bosque seco (B) con vegetación característica de bosque seco tropical (Bs-T), dominado por plantas de Leguminosae, Malvaceae y Bignoniaceae (Rodríguez et al.



2012).; (2) sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) que tenían tres años de establecidos, que incluían la consociación del pasto Tanzania, *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs var. Tanzania de crecimiento cespitoso; el pasto estrella africana, *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg. C. como cobertura rastrera, y el arbusto *Leucaena leucocephala* var. Cunningham para ramoneo directo (12.000-15.000 plantas hectárea<sup>-1</sup>), árboles nativos y maderables y (3) Los pastos sin árboles (PSA) Consisten en monocultivos de pastos en su mayoría de origen africano de los géneros *Dichanthium*, *Botriochloa*, *Megathyrsus*, *Cynodon* principalmente, con mínima o nula cobertura arbórea y con pastoreo continuo o rotaciones alternas poco rigurosas.

#### Muestreo de escarabajos (ensamblaje e interacciones)

En una cuadrícula de 2.500m<sup>2</sup> (50m x 50m) se dispusieron 100

boñigas de 432cm<sup>3</sup>, cada cinco metros y se realizaron muestreos cada seis horas, durante cuatro días. En cada turno de revisión, se seleccionaron aleatoriamente tres boñigas, y se obtuvieron de ellas los escarabajos que se encontraban al interior de éstas. Se cuantificó el suelo removido por los escarabajos y la profundidad de los túneles como variables de función. La identificación se realizó con las claves taxonómicas (Vaz de Mello et al. 2011; Edmonds & Zidek 2010; 2012; Genier 2009 & González et al. 2009) y con el apoyo de taxónomos expertos del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) en Villa de Leyva, Colombia. Durante las colectas se midieron variables y factores medioambientales de temperatura (°C) y humedad relativa (%). Se realizaron curvas de rango-abundancia, “boxplot” y redes de interacción con la ayuda del programa estadístico R (Core Team 2008).

## Resultados y Discusión

Los bosques y los SSPi presentan en promedio una temperatura y humedad relativa similar durante las dos épocas climáticas y difieren con las PSA (Figura 1).

La estabilidad que genera el SSPi y el bosque en relación a las condiciones ambientales, debe ser entendida como un factor deseable en el diseño de los sistemas de producción sustentables. En los SSPi la estabilidad evita las fluctuaciones indeseables que pueden afectar drásticamente la producción de forraje. Además, una reducción en la temperatura y un incremento en la humedad relativa pueden contribuir a mejorar el bienestar de los animales (Cuartas et al. 2014).

En términos de diversidad de escarabajos estercoleros que hacen uso del estiércol bovino, en los bosques y los SSPi, se presenta una mayor riqueza y un recambio en los ensamblajes de especies durante las dos épocas climáticas, mientras que en las PSA la diversidad es baja y los ensamblajes bastante uniformes (Tabla 1).

Los bosques, como ecosistemas naturales, concentran la

mayor cantidad de especies de escarabajos en las fincas ganaderas del valle del río Cesar. En este caso, el estiércol bovino puede llegar a ser fuente o refugio de escarabajos nativos del bosque. Por otra parte, los sistemas silvopastoriles presentan una riqueza intermedia y en ellos confluyen especies de bosque y de pastizales que pueden coexistir en un sistema con mayor heterogeneidad y uso ganadero. La baja diversidad en las PSA puede estar relacionada con la exposición permanente de los sistemas a la radiación por la ausencia de cobertura de dosel y por las altas temperaturas que se alcanzan en estos sistemas.

En la Figura 2, es notorio que los escarabajos de bosque y SSPi tienen una función complementaria. En la sequía, el bosque presenta una mayor remoción de suelo, los túneles son más profundos y hay mayor cantidad de estiércol removido (bolas nido). Sin embargo, durante la época de lluvia, la función en el bosque se reduce drásticamente, y se incrementa en el SSPi, posiblemente por la mayor disponibilidad de cobertura que presenta el sistema en esta época

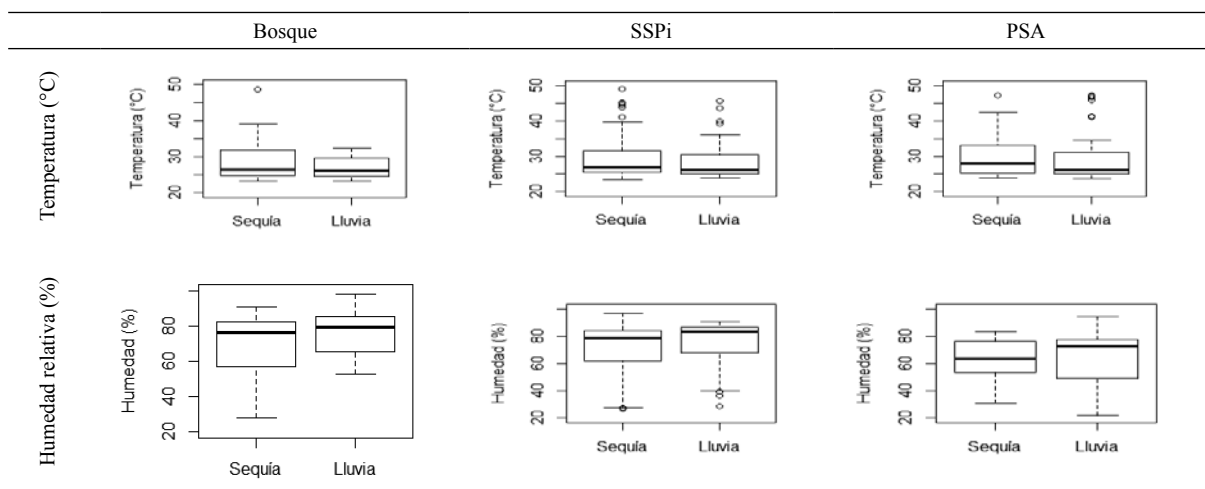


Figura 1. Temperatura y humedad relativa en las dos épocas climáticas en el bosque, SSPi y pastos sin árboles (PSA). Las barras indican desviación estándar.

Tabla 1. Especies de escarabajos estercoleros que hacen uso del estiércol bovino en cada uso del suelo, durante la época de sequía y la época de lluvia.

Especie	Sequía			Lluvia		
	Bosque	PSA	SSPi	Bosque	PSA	SSPi
<i>Ateuchus</i> sp. 01	1			16		
<i>Canthidium</i> sp. 04 H	6		8	21		
<i>Canthon lituratus</i>	19					
<i>Canthon</i> sp. 08 H				1		
<i>Canthon</i> sp. 10 H	1					1
<i>Deltochilum</i> sp. 01 H				1		
<i>Diabroctis cadmus</i>				1		5
<i>Dichotomius</i> sp. 04 H	39			8		
<i>Digitonthophagus gazella</i>		39	27		52	167
<i>Eurysternus impressicollis</i>				5	1	3
<i>Lobidion</i> sp. 01	3			1		
<i>Onthophagus landolti</i>	11			4		
<i>Onthophagus lebasii</i>	13		1	7		1
<i>Onthophagus marginicollis</i>	23	21	8	10	32	84
<i>Onthophagus</i> sp. 01 H	9			9		1
<i>Pseudocanthon</i> sp. 01 H	13		4			1
<i>Uroxys</i> sp. 02 H				41		
Número de especies	11	2	5	13	3	8

En los últimos años, los eventos climáticos atípicos han ocasionado la afectación severa de los sistemas ganaderos debido a una alta mortalidad de ganado bovino por deshidratación, desnutrición y enfermedades en la época de sequía y por ahogamiento en las inundaciones durante las lluvias (Solarte et al. 2011; Reyes et al. 2011). Por esta razón, la remoción de suelo y la profundidad de túneles son funciones ecológicas importantes en los sistemas de rehabilitación ga-

nadera de la región, debido a que su incremento, contribuye a reducir la compactación y por lo tanto, a mejorar la porosidad y la capacidad de filtración del agua (Giraldo et al. 2011; Nichols et al. 2008). De esta manera, en la época de lluvias, los bosques y los SSPi pueden tener una mayor filtración de agua y evitar inundaciones, mientras que en la época de sequía, pueden contribuir a regular de manera eficiente la baja disponibilidad de agua en el suelo.

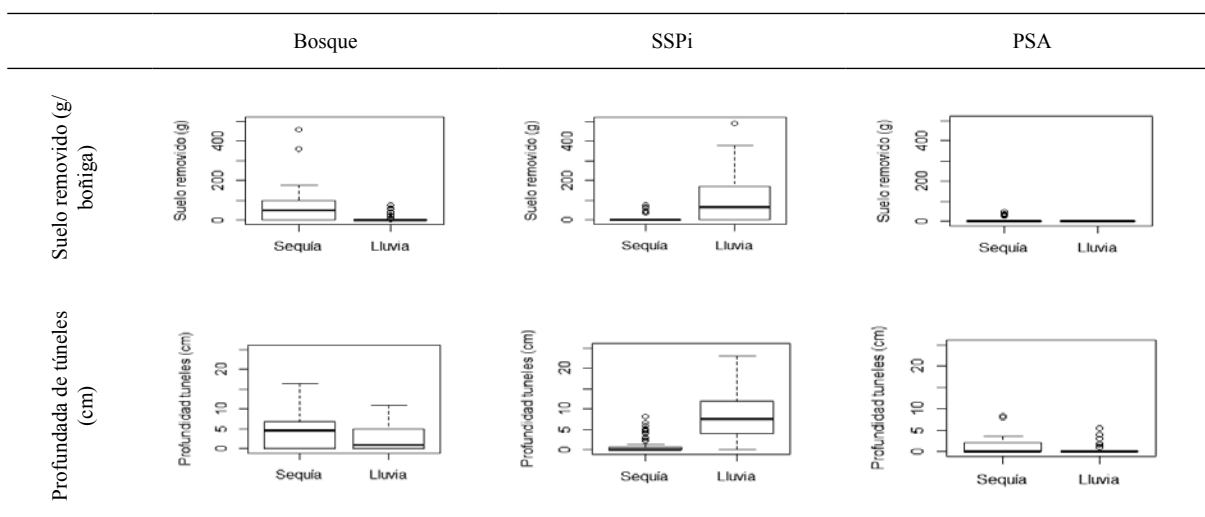


Figura 2. Funciones ecológicas de los escarabajos estercoleros en los tres usos del suelo. Las barras indican desviación estándar.

## Conclusión

En términos de restauración, la reconversión productiva con SSPi y la conservación de los fragmentos de bosque en las áreas ganaderas, representan elementos claves para la conser-

vación de la biodiversidad en las fincas ganaderas de la costa caribe de Colombia, al incrementar la funcionalidad ecológica en los sistemas de pastoreo.

## Literatura Citada

- Chará, J. D., & Giraldo, C. (2011) Servicios ambientales de la biodiversidad en paisajes agropecuarios (Fundación ., p. 76). Cali, Colombia.
- Costanza, R., et al. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253–259.
- Corpocesar. (2007) Plan de acción regional para la lucha contra la desertificación y la sequía en el departamento del Cesar, con énfasis en la región del río Cesar. Convenio 172/2004, pp. 90, Bogotá, Colombia.
- Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., Tarazona, A. M., Murgueitio, E., Chará, J., Ku, J., & Barahona, R. (2014) Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 27, 76–94.
- Edmonds, W.D. & Zidek, J. (2010) A taxonomic review of the neotropical genus *Coprophanaeus* Olsoufieff, 1924 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Insecta Mundi*, 0129, 1-111.
- Edmonds W. D. & Zidek, J. (2012) Taxonomy of *Phanaeus* revisited: Revised keys to and comments on species of the New World dung beetle genus *Phanaeus* MacLeay, 1819 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Phanaeini). *Insecta Mundi*, 0274, 1-108.
- Génier, F. (2009) Le genre *Eurysternus* Dalman, 1824 (Scarabaeidae: Scarabaeinae: Oniticellini) révision taxonomique et clés de détermination illustrées. *Pensoft Series Faunistica*, 85, 1-430.
- Giraldo, W. Galindo (2008) Cercas vivas: beneficios económicos y ambientales para el ganadero. *Revista Carta Fedegan*, 84-87.
- Giraldo, C., Díaz, F., & Gómez, R., (eds.). (2011). Ganadería sostenible de trópico de altura en el corredor de conservación de Robles. Fundación Natura, Fundación CIPAV. Cali, Colombia. 200p.
- González, F.A., Molano, F. & Medina, C.A. (2009) Los subgéneros *Calhyboma*, *Hybomidium* y *Telhyboma* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Deltotichilum) en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 35 (2), 253-274.
- Miranda, C.H. (2006) Contribución del escarabajo estercolero africano en la mejoría de la fertilidad del suelo. *X Seminario de Pastos y Forrajes*, 187-200.
- Naeem, S., F. S. Chapin III, R. Costanza, P. R. Ehrlich, F. B. Golley, D. U. Hooper, J. H. Lawton, R. V. O'Neill, H. A. Mooney, O. E. Sala, A. J. Symstad, and D. Tilman. (1999) Biodiversity and ecosystem functioning: maintaining natural life support processes. *Issues in Ecology*. Ecological Society of America, Washington, D.C., USA
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezquita, S., & Favila, M. E. (2008) Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141, 1461–1474.
- Lumaret, J. P. & Martínez M., I. (2005) El impacto de productos veterinarios sobre insectos coprófagos: consecuencias sobre la degradación del estiércol en pastizales. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 21(3):137-148.
- R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Reyes, K., Giraldo, C., Uribe, F., & Murgueitio, E. (2011). Insectos en climas extremos en SSPi. *Revista Carta Fedegan*, 124, 102–105.
- Solarte, L., Cuartas, C., Naranjo, J., Uribe, F. y Murgueitio, E. (2011) Estimación de costos de establecimiento para sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*, pasturas mejoradas y árboles maderables en el Caribe seco colombiano. *Revista colombiana de ciencias pecuarias*, 24: 518.
- Vaz de Mello, F.Z., Edmonds, W.D., Ocampo, FC & Schoolmeesters, P. (2011) A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the new world (Coleoptera: Scarabaeidae). *Zootaxa*, 2854, 1-73.
- Vilà, M. (1998) Efectos de la diversidad de especies en el funcionamiento de los ecosistemas. *Orsis*, 13: 105-117.

# Dinámica del carbono orgánico de suelo en sistemas forestales y silvopastoriles del NE de Corrientes

R. P. Ecclesia<sup>1</sup>; M.B. Rossner<sup>2</sup>; G. Kimmich<sup>2</sup>, G. Piñeiro<sup>3</sup>

## Resumen

Los sistemas silvopastoriles (SSP) predominantes en la región NE de Argentina se componen de pasturas subtropicales implantadas bajo el dosel de especies forestales cultivadas. La presencia de la pastura y el animal bajo pastoreo pueden cambiar la cantidad y calidad del material orgánico que ingresa al suelo respecto a una plantación forestal pura. Se evaluó el efecto en los contenidos y en la dinámica de carbono de la materia orgánica total del suelo (C-MOS) y en la fracción particulada (C-MOP), debido al reemplazo de pastizales naturales por SSP y forestaciones puras. Se ubicaron tres sitios, cada uno incluyendo tríos de stands cercanos de plantación forestal, silvopastoril (SSP) y pastizal natural y se muestreó el suelo hasta 1 m de profundidad y la broza en superficie. Se realizó un fraccionamiento físico de la MOS y se utilizaron ecuaciones de mezclado para estimar el carbono nuevo ( $C_n$ ) derivado del uso actual y el carbono remanente de la situación original ( $C_o$ ). No se detectaron cambios en el C-MOS y C-MOP al reemplazar los pastizales por forestaciones o SSP, sin embargo se observaron diferencias en la dinámica de la MOS. Los SSP incorporaron 10 Mg ha<sup>-1</sup> más de  $C_n$ -MOS que las forestaciones, mientras que éstas últimas tendieron a conservar el  $C_o$ -MOS en los 20 cm de suelo. Asimismo, la dinámica del C-MOP fue similar para ambos sistemas. En general, la señal de  $\delta^{13}C$  fue más negativa en los SSP que en las forestaciones, sugiriendo una mayor incorporación de C por parte del árbol en los SSP, respecto a las plantaciones puras. Posiblemente exista algún efecto de la pastura o del ganado bajo pastoreo, sobre la broza de pino que favorece su descomposición e incorporación a la MOS, lo cual podrá evaluarse en otros estudios.

**Palabras clave:** materia orgánica, isótopos de <sup>13</sup>C, *Pinus* sp.

## Soil organic carbon dynamics in afforestations and silvopastoral systems in NE of Corrientes

## Abstract

In the NE region of Argentina silvopastoral systems (SSP) consist in subtropical pastures planted under cultivated tree species. Pasture and grazing could change the quantity and quality of organic material input in respect to a standard forestry. The effect on soil organic carbon stocks and soil carbon dynamics in total soil organic matter (C-SOM) and particulate fraction (C-POM) was evaluated, when grassland is replaced by forestry or SSP. Three sites were located, and triplet stands of forestry, SSP and natural grasslands were located in each site. Soil samples until 1 m depth and surface litter were sampled in each stand. SOM was physical fractioned and mixing equations were used to estimate new carbon ( $C_n$ ) derived from the current use and remaining carbon from the original use ( $C_o$ ). We didn't detected C-SOM and C-POM changes when grassland was replaced by forestry or SSP; however SOM dynamic presented differences between systems.  $C_n$ -SOM input in SSP was 10 Mg ha<sup>-1</sup> higher than in forestry, which tended to retain  $C_o$ -SOM in the first 20 cm of soil depth. C-POM dynamic was similar in both systems.  $\delta^{13}C$  signal was more negative in SSP than forestry, suggesting greater C incorporation by trees in SSP. Probably pasture and grazing in SSP may affect pine litter decomposition and incorporation into the SOM, which would be evaluated in further studies.

**Key words:** organic matter, <sup>13</sup>C isotopes, *Pinus* sp.

<sup>1</sup>INTA EEA Paraná, Oro Verde (3100), Entre Ríos. <sup>2</sup>INTA EEA Cerro Azul, Misiones. <sup>3</sup>IFEVA-CONICET, Facultad de Agronomía – UBA. ecclesia.roxana@inta.gob.ar

## Introducción

Los sistemas silvopastoriles (SSP) típicos de la región NE de Argentina consisten en la implantación de pasturas subtropicales bajo el dosel de especies forestales exóticas, constituyendo un sistema mixto e intermedio entre el forestal puro y el ganadero con pastura a cielo abierto. La principal diferencia con las plantaciones forestales puras está dada por el menor stand de plantas, lo cual permite un mayor pasaje de radiación solar para el crecimiento de la pastura (Fassola et al. 2004). Al mismo tiempo, la pastura bajo SSP recibe menor radiación respecto a una pastura a cielo abierto, conduciendo a cambios en sus características morfológicas, que se traducen, en ocasiones, en diferencias de productividad (Sophanodora 1990; Fassola et al. 2004). Independientemente del nivel de productividad, un sistema más diversificado debería presentar mayor nivel de interacciones que lo tornen más sostenible respecto a los sistemas puros. En este sentido, la materia orgánica del suelo es una de las variables claves para analizar la sostenibilidad ambiental de los agroecosistemas.

Trabajos previos han estudiado los cambios en el carbono presente en la materia orgánica del suelo (C-MOS) debido al remplazo de ecosistemas naturales por plantaciones forestales puras y pasturas a cielo abierto. Se han observado incremen-

tos del C-MOS en superficie por efecto de las pasturas pero disminuciones del C-MOS en las plantaciones forestales. Estos cambios han sido asociados principalmente a la edad de la plantación, a la productividad y a la precipitación media anual (Guo & Gifford, 2002; Ecclesia et al., 2010; Berthrong et al., 2012). A su vez, las evidencias indican que las pasturas favorecen la recuperación del COS en el corto plazo, mientras que las plantaciones forestales tardan más tiempo, superando incluso el turno de corte final (Ecclesia et al. 2012). A partir de esta premisa se podría hipotetizar que los SSP alcanzarían balances positivos de COS en un período de tiempo menor que las forestaciones puras, principalmente debido a la incorporación del C proveniente de la pastura implantada bajo el dosel de los árboles, por lo tanto podrían pensarse como una alternativa más sustentable a los sistemas forestales puros, en términos de balance de C-MOS. El presente trabajo tiene como objetivos: a) Evaluar los cambios en los contenidos de C-MOS y en el carbono de la materia orgánica particulada (C-MOP), por efecto del remplazo de pastizales naturales por SSP y forestaciones puras; b) Analizar si existen diferencias asociadas a la dinámica del C-MOS y C-MOP entre ambos sistemas.

## Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en lotes ubicados en el nordeste de Corrientes, departamento Santo Tomé, al límite con la provincia de Misiones (28°18'16" S/ 55°49'12" O). Las características fitogeográficas del lugar corresponden al distrito de los Campos del Norte de los pastizales del Río de La Plata (Ligier *et al.*, 1988; Soriano *et al.*, 1992). Los suelos son del orden Ultisol y el clima es subtropical húmedo sin estación seca marcada. La precipitación media anual es de 1600 mm y la temperatura media anual es de 20 °C (Ligier et al., 1988). Se ubicaron tres sitios, cada uno incluyendo tríos de stands cercanos de plantación forestal, silvopastoril (SSP) y pastizal natural. En cada trío se constató que la edad de la plantación forestal y SSP sea similar (Tabla 1), tomando al pastizal de referencia como situación antecesora. Las características de manejo de los lotes fueron similares entre sí, tanto para las labores culturales como para los criterios de poda y raleo de los rodales. En éste sentido, para la implantación de los árboles, se realizó un subsolado en la línea de plantación en los sitios más jóvenes, mientras que se realizó plantación con pala, en los sitios más antiguos (18-19 años de edad). Al no haber remoción del pastizal antecesor, las condiciones de sombra de los sitios SSP favorecieron el crecimiento de las especies más adaptadas (Tabla 1), mientras que los productos de poda fueron dejados en las inmediaciones de la línea de plantación.

En cada stand se tomaron muestras de suelo para análisis químico y densidad aparente (Da) hasta los 100 cm de profundidad y muestras de broza en superficie proveniente de la vegetación. Todas las muestras destinadas a análisis químico

se secaron en estufa a 60 °C, y las muestras para Da fueron secadas en estufa a 105 °C. En el suelo se separó la fracción de la materia orgánica particulada (MOP) según Cambardella & Elliot (1992). En cada fracción de suelo y en las muestras de broza, se determinó la concentración de C y la abundancia natural de <sup>13</sup>C con un analizador elemental (Carlo Erba) acoplado a un espectrómetro de masas (Finnigan MAT) en el Laboratorio de Isótopos Estables (DEVIL), de la Universidad de Duke, USA.

Los contenidos de C-MOS y C-MOP (Mg ha<sup>-1</sup>) se estimaron según masa constante (Solomon *et al.*, 2002). Se estimó el C nuevo (C<sub>n</sub>), formado a partir del nuevo uso del suelo, en la MOS total y en la fracción MOP, según Balesdent & Mariotti (1996) (ecuación 1).

$$C_n \text{ MOS } (\%) = (d - d_o/d_v - d_o) \cdot 100 \quad (1)$$

Donde C<sub>n</sub> MOS es el C nuevo en la MOS, derivado de la vegetación nueva implantada (forestaciones o SSP) (%); d es el d<sup>13</sup>C del suelo de la plantación; d<sub>o</sub> es el d<sup>13</sup>C del suelo nativo original y d<sub>v</sub> es el d<sup>13</sup>C de la broza proveniente de la vegetación nueva. Del mismo modo, se estimó el C nuevo de la fracción MOP (C<sub>n</sub> MOP), reemplazando los valores de d y d<sub>o</sub> de la ecuación 1 por los correspondientes a la fracción MOP. Conociendo el porcentaje de C nuevo, por diferencia fue posible estimar la proporción de C original remanente (C<sub>o</sub>) en el uso actual (ecuación 2).

$$C_o (\%) = 100 - C_n \text{ MOS } (2)$$

**Tabla 1.** Caracterización de forestaciones y sistemas silvopastoriles (SSP) en cada sitio del NE de Corrientes

Sitio	Sistema	Especies dominantes	Edad de plantación
1	SSP	<i>Pinus taeda</i> y <i>Brachiaria brizantha</i>	6 años
	Forestación	<i>Pinus elliotti</i>	8 años
	Pastizal*	<i>Andropogon sp.</i> , <i>Brachiaria brizantha</i> , otras	
2	SSP	<i>P. taeda</i> y <i>Axonopus sp.</i>	13 años
	Forestación	<i>P. taeda</i>	12 años
	Pastizal	<i>Andropogon sp.</i> , otras	
3	SSP	<i>P. taeda</i> + <i>Axonopus sp.</i>	18 años
	Forestación	<i>P. taeda</i>	19 años
	Pastizal	<i>Andropogon sp.</i> , otras	

\* Se tomó un pastizal de 29 años cuyo antecesor es una pastura de *Brachiaria* desaparecida por sobrepastoreo.

Se realizó un test “t” pareado entre el pastizal original y cada sistema actual para evaluar las diferencias en el contenido de C-MOS y C-MOP, en los estratos de 0-20 y 20-100 cm de profundidad del suelo. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) entre el SSP y la forestación para evaluar las diferencias

en el  $C_n$  formado luego del cambio de uso en cada fracción de la MOS y entre el pastizal cada sistema para testear los cambios en el  $C_o$ . En todos los casos las diferencias fueron evaluadas a un  $p < 0,05$ .

## Resultados y discusión

No se observaron cambios significativos en los contenidos de C-MOS y C-MOP entre forestación y SSP respecto al pastizal natural de referencia (Tabla 2). Estos resultados difieren de los observados en trabajos previos que muestran disminuciones en los contenidos de C-MOS por efecto de las plantaciones forestales en regiones húmedas (Guo and Gifford 2002; Berthrong *et al.* 2012), incluso en sitios de la región de estudio (Eclesia *et al.* 2012). La disminución de C-MOS observada en estos estudios podría estar asociada al manejo previo a la plantación de los árboles, que en manejos forestales tradicionales se realizaba a través de la quema, ya que la quema de residuos y el laboreo son prácticas que reducen considerablemente los contenidos de MOS (Lupi *et al.* 2002; Lupi *et al.* 2007). Sin embargo, en los sitios de estudio, tanto para las forestaciones puras como para los SSP, no se realizó quema previa a la implantación forestal, ni remoción completa del suelo, removiendo solo la línea de plantación (ver M&M) por lo que el efecto depresor en la MOS no fue observado.

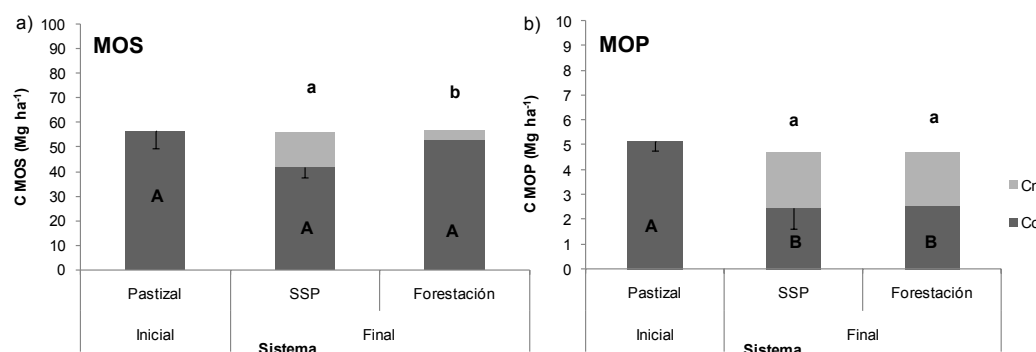
Al analizar la dinámica del C se observaron diferencias en el C-MOS entre forestación y SSP, mientras que en la fracción

MOP ambos sistemas manifestaron equivalentes disminuciones del  $C_o$  y formación de  $C_n$  (Figura 1). Sin embargo, en los SSP el C-MOS fue mayor en  $10 \text{ Mg ha}^{-1}$  en los primeros 20 cm de suelo ( $p < 0.05$ , Figura 1a). Al mismo tiempo en la forestación se observó una tendencia a conservar más el C original ( $C_o$  MOS) respecto al SSP, aunque no fue significativa. En el C-MOP, en cambio, no se observaron diferencias en el  $C_n$ , mientras que se observó una reducción del  $C_o$  MOP de un 50 % en ambos sistemas respecto al pastizal de referencia. Estos resultados estarían sugiriendo que en los SSP la dinámica del C es más acelerada respecto a las forestaciones, lo que coincide con resultados previos (Paul *et al.* 2002; Eclesia 2011) donde las plantaciones forestales presentan muy bajo ingreso de C nuevo al suelo, probablemente debido a una alta partición del C fijado por la fotosíntesis hacia troncos y ramas de árboles.

Los datos mostraron que bajo las mismas condiciones de sitio y edad, los SSP forman más C-MOS que las forestaciones puras (Figura 1, a) en los primeros cm de suelo, lo que se explicaría por la incorporación de C asociado a la pastura, lo que

**Tabla 2:** Contenidos de C-MOS y C-MOP en forestaciones y sistemas silvopastoriles (SSP) en el NE de Corrientes

Profundidad (cm)	Forestación	Pastizal	SSP
	C-MOS ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )		
0-20	$56.56 \pm 6.0$ (ns)	$58.13 \pm 5.5$	$53.584 \pm 3.1$ (ns)
20-100	$139.42 \pm 4.3$ (ns)	$135.52 \pm 13$	$136.51 \pm 8.3$ (ns)
	C-MOP ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )		
0-20	$4.94 \pm 0.2$ (ns)	$5.15 \pm 0.4$	$4.75 \pm 0.8$ (ns)
20-100	$5.73 \pm 2.0$ (ns)	$4.74 \pm 0.3$	$4.56 \pm 0.5$ (ns)



**Figura 1.** (a) Contenido de carbono original (Co) y de carbono nuevo (Cn) en la materia orgánica total del suelo (MOS) y (b) en la materia orgánica particulada (MOP), en los primeros 20 cm de profundidad. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) del Cn entre forestación y sistema silvopastoril (SSP). Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) del Co entre pastizal inicial y el sistema final (Forestación y SSP).

sucede en sistemas de pastura pura, tal como se ha observado anteriormente (Cerri et al. 2004; Lisboa et al. 2009; Ecclesia 2011). Sin embargo, la señal isotópica del suelo de los sitios SSP se movió hacia valores más negativos y en mayor proporción que las forestaciones puras (Tabla 3), indicando que una

gran proporción del C que ingresó al suelo provino del estrato arbóreo. Posiblemente exista algún efecto de la pastura o del pastoreo sobre la broza de pino que favorece su descomposición e incorporación a la MOS, lo cual podrá evaluarse en futuros estudios.

**Tabla 3.** Señal isotópica del C-MOS y del C-MOP en los primeros 10 cm del perfil de suelo y de la vegetación actual en sitios con pastizal, forestación y sistemas silvopastoriles (SSP) en el NE de Corrientes.

	$\delta^{13}\text{C MOS } (\text{‰})$	$\delta^{13}\text{C MOP } (\text{‰})$	$\delta^{13}\text{C veg } (\text{‰})$
Edad (años)	<b>6 - 8</b>		
Pastizal	-12.16	-13.19	
Forestación	-13.28	-21.43	-29.14
SSP	-13.76	-14.14	-17.58
Edad (años)	<b>12 - 13</b>		
Pastizal	-13.10	-16.44	
Forestación	-13.52	-21.91	-28.77
SSP	-19.54	-20.32	-26.34
Edad (años)	<b>18 - 19</b>		
Pastizal	-11.85	-13.92	
Forestación	-13.83	-21.67	-29.14
SSP	-15.92	-21.84	-25.60

## Conclusiones

Si bien los antecedentes indican pérdidas de C-MOS en plantaciones forestales al reemplazar selva o pastizal, no se observaron cambios en la forestación ni en los sistemas silvopastoriles. Sin embargo, los sistemas silvopastoriles gene-

raron un mayor ciclado de C-MOS respecto a las plantaciones forestales, incorporando más  $\text{C}_n$  proveniente del árbol que las plantaciones puras.

## Agradecimientos

Agradecemos al Ing. Agr. Marcelo Gembarowsky del establecimiento El Timbó por su valiosa colaboración. Este trabajo fue financiado con fondos de los proyectos PIA12029 “Estrategias para maximizar la captura de carbono en el suelo y la productividad en sistemas silvopastoriles del sur de Misiones y noreste de Corrientes”, Proyectos INTA MSNES 1242101 “Proyecto Regional con Enfoque Territorial en el Área Sur de la Provincia de Misiones” y PNFOR1104075 “Tecnologías y capacidades para el manejo de sistemas silvopastoriles y agroforestales en bosques implantados”.

## Bibliografía

- Balesdent, J & Mariotti, A. (1996) Measurement of soil organic matter turnover using  $^{13}\text{C}$  natural abundance. In: Boutton, TW; Yamasaki, SI (Eds.), *Mass Spectrometry of soils* Marcel Dekker, New York, USA. , 83-111 pp.
- Berthrong S, Piñeiro G, Jobbágy E, Jackson R (2012) Soil C and N changes with afforestation of grasslands across gradients of precipitation and plantation age. *Ecol Appl* 22:76–86.
- Cambardella CA, Elliott ET (1992) Particulate Soil Organic-Matter Changes across a Grassland Cultivation Sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:777.
- Cerri C, Paustian K, Bernoux M, et al (2004) Modeling changes in soil organic matter in Amazon forest to pasture conversion with the Century model. *Glob Chang Biol* 815–832. doi: 10.1111/j.1529-8817.2003.00759.x
- Eclesia RP (2011) Consecuencias del reemplazo de ecosistemas naturales sudamericanos por forestaciones y pasturas megatérmicas : efectos sobre el carbono orgánico edáfico. Tesis de Maestría, Universidad de Buenos Aires.
- Eclesia RP, Jobbágy EG, Jackson RB, et al (2012) Shifts in soil organic carbon for plantation and pasture establishment in native forests and grasslands of South America. *Glob Chang Biol* 18:3237–3251. doi: 10.1111/j.1365-2486.2012.02761.x
- Fassola HE, Lacorte SM, Pachas N, Keller A (2004) Experiencias sobre manejo silvopastoril en Misiones y NE de Corrientes, Argentina.
- Guo L, Gifford R (2002) Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Glob Chang Biol* 345–360.
- Ligier, HD; Matteio, HR; Polo, HL & Rosso, JR. (1988) Mapa de suelos de la provincia de Misiones In: INTA (Ed.), *Atlas de suelos de la República Argentina*, Buenos Aires, 107-154 pp.
- Lisboa C, Conant R, Haddix M (2009) Soil carbon turnover measurement by physical fractionation at a forest-to-pasture chronosequence in the Brazilian Amazon. *Ecosystems* 1212–1221. doi: 10.1007/s10021-009-9288-7
- Lupi AM, Conti M, Fern R, Cosentino D (2007) Efecto de las prácticas de repoblación forestal sobre el carbono orgánico del suelo y la estabilidad de los agregados en el noreste de Argentina. *Soil Sci Soc Am J* 16:230–240.
- Lupi AM, Fernández R, Conti M (2002) Calidad del suelo como respuesta a la aplicación de prácticas de implantación forestal. *Novenas Jornadas Técnicas For INTA-FCF-MEYRNRYT-El Dorado*, Misiones 7.
- Paul K, Polglase P, Nyakuengama JG, Khanna PK (2002) Change in soil carbon following afforestation. *For Ecol Manage* 168:241–257.
- Sophanodora P (1990) Light response curve criteria for species selection under plantation crops. *3rd Proc Forage RWG SEA* 175–178.
- Soriano, A; León, RJC; Sala, OE; Lavado, RS; Deregibus, VA, et al. (1992) Río de la Plata grasslands. In: Coupland, RT (Ed.), *Ecosystems of the world 8A. Natural grasslands. Introduction and western hemisphere*. Elsevier, New York, pp. 367-407 pp.



# Aprovechamiento de la potencialidad silvopastoril como alternativa para el control de incendios en la Reserva Natural Militar La Calera, Córdoba (Argentina)

M. Karlin<sup>(1,2)</sup>; J. Bernasconi<sup>(1)</sup>; C. Schneider<sup>(1,3)</sup>; S. Rufini; R. Accietto<sup>(1,2)</sup>, S. Arnulphi<sup>(1,2)</sup>  
y A. Cora<sup>(4)</sup>

## Resumen

En muchas áreas protegidas, la falta de manejo de la biomasa combustible puede constituir un riesgo frente a la ocurrencia de incendios. En la Reserva Natural Militar La Calera (Córdoba, Argentina) son recurrentes los incendios forestales por la baja densidad de herbívoros silvestres o domésticos. Estos eventos se deben fundamentalmente a la gran acumulación de biomasa fácilmente combustible (BFC) por la baja densidad de herbívoros. El presente trabajo pretende analizar la estructura de la vegetación de la Reserva con el fin de estudiar la conveniencia de, primero, manejar existencias ganaderas para el control de la cantidad de BFC y, segundo, de ser factible la primera opción, arreglar ciertos sectores estratégicos como sistemas silvopastoriles de bajo grado de transformación de modo que actúen como áreas de amortiguación frente a la ocurrencia de incendios. En la Reserva se identificaron 12 parcelas que representan cuatro comunidades forestales. En estos sitios se instalaron cercos perimetrales, se caracterizó la vegetación y los stands forestales y se hicieron mediciones de biomasa graminosa nativa. Las parcelas son de aproximadamente 1 ha (100 x 100 m). Se observó que el estado de los bosques en general es bueno, con buena distribución etárea, y buena renovabilidad natural. Los ambientes más importantes a manejar para el control de incendios son los bosques de *Acacia* y *Schinopsis*. En ambos tipos de bosque se recomienda el fomento de la renovabilidad natural y el control de la biomasa graminosa por pastoreo de alta intensidad y baja frecuencia, a fin de evitar el ramoneo de los renovales. En comunidades de *Sebastiania*, se recomienda reducir la proporción de exóticas mediante anillado, para fomentar el desarrollo de la vegetación nativa en el sotobosque. En comunidades de *Aspidosperma*, la alta renovabilidad debe ser aprovechada como estrategia para la recuperación de estos ambientes sobre áreas abandonadas de agricultura.

**Palabras clave:** áreas protegidas – biomasa combustible – pastoreo

## Use of silvopastoral potential as an alternative for controlling fires in the Military Nature Reserve La Calera, Córdoba (Argentina)

### Abstract

In most of the protected areas the lack of management of the combustible biomass might constitute as a risk by the occurrence of forest fires. In the Natural Military Reserve La Calera (Córdoba, Argentina) forest fires are recurrent by the low density of wild or domestic herbivores. These events are due fundamentally to the accumulation of easily combustible biomass (BFC) because of the low density of herbivores. The present paper seeks to analyze the vegetation structure of the Reserve with the objective of studying the convenience of, first, to manage cattle existences for the control of BFC and, second, if the first is possible, to arrange some strategic sectors as silvopastoral systems of low impact in order for these to act as buffer areas when fires occur. In the Reserve 12 parcels were identified representing four forest communities. In these sites closures were installed, vegetation and forestry stands were characterized, and grass biomass was measured. The parcels are approximately about 1 ha (100 x 100 m). It was observed that the forests status was, in general, good, with adequate age distribution, and good natural renewability. The most important environments for fire management are *Acacia* and *Schinopsis* forests. For both types of forests, natural renewability and high intensity and low frequency grazing is recommended, in order to avoid sprouts consumption. In *Sebastiania* forests the reduction of exotic forestry species is recommended by tree-ringing, allowing the development of native vegetation under the canopy. In *Aspidosperma* communities, high renewability must be promoted as a strategy for the recovery of these environments over abandoned agriculture areas.

**Key words:** protected areas – combustible biomass – grazing

<sup>1</sup>Asociación Civil El Cuenco – Equipo Ambiental. Manuel Abad e Illana 2336, Córdoba. CP 5000. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias - Universidad Nacional de Córdoba. Valparaíso S/N, Ciudad Universitaria, Córdoba. CC 509. CP 5000. <sup>3</sup>Facultad de Ingeniería. Universidad Católica de Córdoba. Av. Armada Argentina 3555, Córdoba. CP 5016. <sup>4</sup>Instituto de Tecnología Agropecuaria. Departamento Producción Animal. EEA Manfredi, Córdoba. CP 5972. E-mail: mkarlin@agro.unc.edu.ar

## Introducción

Las áreas protegidas constituyen sitios de gran valor ecológico que sirven como reservas de biodiversidad, suelo o agua, y están disponibles para el estudio de las complejas interacciones ecológicas. Sin embargo, la insularización de muchas de estas áreas protegidas puede no ser suficiente para su protección.

Los incendios forestales constituyen unos de los disturbios más importantes en muchas de las áreas protegidas. Si bien algunas de ellas pueden poseer bajo riesgo de ignición de fuego *in situ* por las restricciones al ingreso y circulación, la falta de manejo de la biomasa combustible puede constituir un gran riesgo frente a algún evento accidental o al ingreso de algún foco externo.

En las Sierras de Córdoba (Argentina), frente a la desaparición de los grandes herbívoros nativos, tales como guanacos (Laguens, 2006) incluso dentro de áreas protegidas, el fuego ha pasado a ocupar su lugar como el gran “herbívoro” (Bond y Keeley, 2005), modelando el paisaje serrano sobre pastizales y bosques xerofíticos.

La Reserva Natural Militar La Calera, ubicada en las laderas orientales de las Sierras Chicas, ha mantenido gran parte de su estructura vegetal original debido a restricciones al ingreso por uso militar; sin embargo existen áreas donde la flora nativa está amenazada. Son recurrentes los incendios forestales que se inician de forma intencional o accidental a pesar del bajo caudal de circulación humana y a pesar de la presencia (aunque dispersa) de ganado vacuno. Estos eventos se deben fundamentalmente a la gran acumulación de biomasa fácilmente combustible (BFC) por la baja densidad de herbívoros y al pastoreo sólo en sectores con disponibilidad de agua.

Frente a esta realidad, el presente trabajo pretende analizar la estructura de la vegetación de la Reserva con el fin de estudiar la conveniencia de, primero, manejar existencias ganaderas para el control de la cantidad de BFC y, segundo, de ser factible la primera opción, arreglar ciertos sectores estratégicos como sistemas silvopastoriles de bajo grado de transformación de modo que actúen como áreas de amortiguación frente a la ocurrencia de incendios.

## Metodología

El área denominada históricamente como “Campos del III Cuerpo de Ejército” se encuentra al oeste de la ciudad de Córdoba y comprende aproximadamente unas 14 mil hectáreas (Figura 1).

A partir de estudios previos realizados en la campaña 2012, se definieron cuatro comunidades forestales de acuerdo a los valores de dominancia relevados (Karlin et al., datos no publicados):

Los espinillales definidos por *Acacia aroma* Gillies ex Hook. & Arn. y *A. caven* (Molina) Molina. Estas comunidades poseen abundancia de BFC y son originadas posiblemente por la influencia de incendios ya que ambas especies tienen gran capacidad de rebrote post fuego. Posiblemente constituyan una transición de los horcales. Representan el 46% del área de la Reserva (Figura 1; Arbustales y Pastizales).

Los quebrachales se ubican en zonas bajas e intermedias de

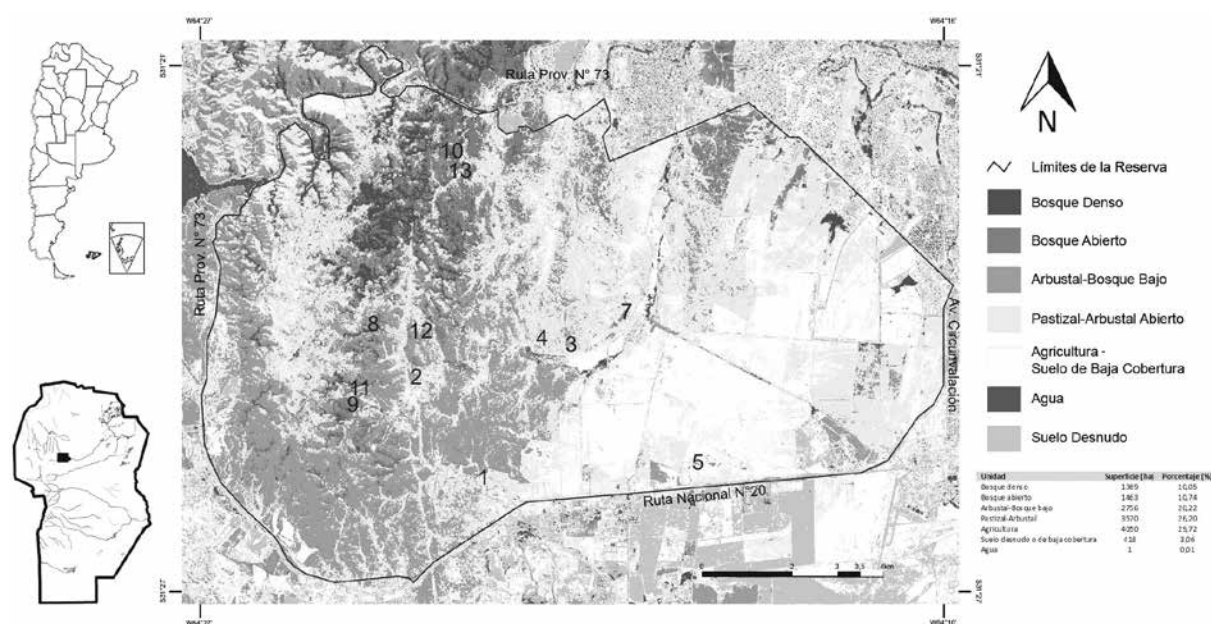


Figura 1: Mapa de ambientes y ubicación de los módulos demostrativos. 1-2-3-4: Espinillares; 5-7: Quebrachales; 8-9-10-11: Blanquillales; 12-13: Horcales.

la Reserva, hasta los 570 msnm. Son parches remanentes de los procesos de avance de la agricultura. Representados por *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl., especie asociada a *Celtis ehrenbergiana* (Klotzsch) Liebm., *Jodina rhombifolia* (Hook. & Arn.) Reissek y *Schinus fasciculatus* var. *fasciculatus* (Griseb.) I.M. Johnst. Está representada por una muy pequeña parte de los Bosques Densos y Abiertos (Figura 1) hacia el Este.

Los blanquillales, dominados por *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L. B. Sm. et R. J. Downs, se desarrollan sobre cursos permanentes o temporarios de agua. Esta especie se asocia a otras especies exóticas como el cafeto (*Manihot grahamii* Hook.) la mora (*Morus alba* L.) o el siempre verde (*Ligustrum lucidum* W.T. Aiton) de reconocido alto consumo hídrico (Zeballos et al., 2014). Todas estas especies cubren densamente el suelo de modo que dificulta el crecimiento de otras especies en el sotobosque. Representado como Bosques Densos en la Figura 1, con un 10% de la superficie.

Los horcales se disponen a barlovento, sobre laderas rocosas de pendientes superiores al 20%. Se encuentran individuos de gran porte de *Schinopsis marginata* Engl. a pesar de haber sido diezmados décadas atrás por la extracción de combustible para las caleras de la zona. Los renovales son muy apetecidos por el ganado vacuno. Representado como Bosques Abiertos en la Figura 1, con un 11% de la superficie.

Se identificaron 12 parcelas que representan las cuatro comunidades forestales caracterizadas para la Reserva (Figura 1). En estos sitios se instalaron cercos perimetrales, se caracterizó la vegetación y los stands forestales y se hicieron mediciones de biomasa graminosa nativa. Las parcelas son de aproximadamente 1 ha (100 x 100 m).

Se realizó un inventario florístico mediante el Método Fito-sociológico de Braun Blanquet (1979; Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974), relevando cada uno de los cercos. Se estimaron los valores de abundancia-dominancia, los cuales se

transformaron posteriormente en valores de porcentaje de cobertura basado en el punto medio de cada valor de la escala de abundancia-cobertura, según Wikum & Shanholtzer, 1978. En función a lo que se encontró en los censos, se realizaron 16 transectas en faja de 6 x 50 m (Gaillard de Benitez y Pece, 2011) sobre las 12 parcelas (se hicieron 1 o 2 transectas por parcela según la heterogeneidad del bosque): 3 en horcales con diferente estado de degradación, 5 en blanquillales con distintos grados de afectación por exóticas forestales, 2 en quebrachales, 6 en espinillales con diferentes grados de afectación por incendios en diferentes años. Se midió número de árboles y arbustos (Ind) que potencialmente puedan adoptar formas arbóreas (nativos y exóticos invasores), diámetro a la altura de la base (DAB) de cada uno y cantidad de renovales (Ren), considerando como tal aquellos individuos de menos de 1 m de altura y menos de 5 cm de DAB.

Para la determinación de BFC (representado por el material graminoso) en cada una de las parcelas se aplicó el método del doble muestreo (Díaz, 1992). Se definieron 8 condiciones de acuerdo a una escala objetiva de biomasa (secada a estufa a 40°C) en relación a la especie dominante sobre una superficie de 0,25 m<sup>2</sup>. Una vez identificadas las condiciones, se procedió a contabilizar las situaciones a través de transectas al azar sobre al menos 30 puntos por sitio en superficies de difícil acceso y de al menos 50 en sitios de más fácil acceso. La masa de cada una de las condiciones se multiplicó por la cantidad de cuadrados de 0,25 m<sup>2</sup>, y se estimó la cantidad de materia seca por hectárea.

Se calculó el área basal de las especies forestales para cada uno de los sitios tomando como base el DAB a 10 cm del suelo. Se confeccionaron diagramas de clase a partir de la clasificación por diámetros de fuste y se definió la distribución diamétrica por comunidad. Se calcularon los Índices de Biodiversidad de Shannon-Weaver (Wikum & Shanholtzer, 1978) basados en los valores de abundancia y dominancia.

## Resultados y discusión

Los resultados se muestran en la Tabla 1. En todas las comunidades se observó una adecuada curva de distribución diamétrica (en forma de “J” invertida; Figura 2) lo que indica que los bosques tienen asegurada su permanencia en el tiempo si son adecuadamente protegidos de disturbios tales como in-

cendios.

Los espinillales son los bosques más abundantes en cuanto a superficie, presentando los menores valores de ind/ha (poco más de 1200 ind/ha), pero con una importante relación ind/ren. El área basal en estos ambientes es bajo (2,5 m<sup>2</sup>/ha), po-

Tabla 1: Resumen de número de individuos, renovales, porcentaje de exóticas y biomasa graminosa por ambiente. Ind: Individuos adultos. Ren: Renovales. AB: Área basal. BFC: Biomasa fácilmente combustible. CV: Coeficiente de variación.

	Ind/ha (CV)	Ren/ha (CV)	Ind/Ren	AB (m <sup>2</sup> /ha)	Riqueza	Diversidad	% AB exóticas (CV)	BFC (kg/ha) (CV)
<b>Espinillal</b> (n=6)	1227 (67,5)	2272 (59,0)	0,540	2,62 (54,6)	30,0 (13,0)	2,43 (0,38)	0	2904 (93,9)
<b>Quebrachal</b> (n=2)	1687 (33,1)	2958 (97,7)	0,570	27,3 (0,26)	27,0 (2,83)	2,33 (0,03)	0,10 (141,4)	538 (108,3)
<b>Blanquillal</b> (n=5)	2529 (40,7)	3587 (120,8)	0,705	19,5 (53,9)	26,8 (10,2)	1,88 (0,35)	12,7 (138,7)	133,5 (191,5)
<b>Horcal</b> (n=3)	1544 (24,6)	2067 (79,8)	0,747	10,2 (61,3)	31,5 (0,71)	2,42 (0,30)	0	3106 (82,5)

siblemente por efecto de incendios recurrentes. La BFC es alta, con promedio de poco menos de 3000 kg/ha, aunque muy variable dependiendo de la influencia del ganado y de los incendios previos. En estos bosques se ha observado una alta incidencia de infección con una roya que ataca principalmente *A. aroma*. Existen sitios con una afectación de hasta el 65% de los individuos.

Los quebrachales presentan casi 1700 ind/ha con una alta densidad de renuevos. La presencia de exóticas es casi despreciable tanto por presencia de individuos adultos como renuevos. Este ambiente es el que presenta mayor área basal con un promedio de 27 m<sup>2</sup>/ha, definido básicamente por el quebracho blanco. La BFC resultó ser despreciable por efecto de sombreo, por lo que no constituye un riesgo para los incendios. Constituyen importantes sitios para la conservación de la diversidad florística.

Los blanquillales poseen la mayor cantidad de ind/ha, los cuales se disponen en alta densidad y con baja área basal individual, aunque el total da un valor considerable de 19,5 m<sup>2</sup>/ha. Presentan la mayor cantidad de renoveles con más de 3500 ren/ha, siendo el número de renuevos de exóticas muy importante con 32% promedio (Figura 2), y especialmente en la parcela 9 con un 74% del total representado por cafeto y siempre verde. Si bien el número promedio de exóticas forestales en estas comunidades es baja, resulta importante su contribución al área basal total, representando el 12,7% sobre el total, principalmente por individuos de *M. alba*. Como consecuencia de la alta cobertura del suelo y el gran sombreo, la cantidad de combustible graminoso en estos ambientes es

prácticamente despreciable, por lo que no se hace necesario el control de BFC.

Los horcales son los que poseen la más baja cantidad de ren/ha y presentan un número de 1500 individuos por ha, dominados por *S. marginata*, aunque también son importantes las acacias (*A. praecox*, *A. aroma* y *A. caven*). Por su baja área basal (10,2 m<sup>2</sup>/ha) estos bosques poseen altos valores de diversidad florística representada especialmente por herbáceas, por la alta disponibilidad de luz. Sin embargo, gracias a esto y a la dificultad de acceso de herbívoros (principalmente domésticos) por las elevadas pendientes y pedregosidad, también son los sitios más susceptibles a incendios debido a los altos valores de BFC. Estos ambientes son los que menor relación ind/ren tiene, lo que podría hacerlos susceptibles al sobrepastoreo y consumo de renuevos forestales mas palatables.

De acuerdo a los antecedentes de incendios, contenido de BFC y pendientes, los sitios más susceptibles a incendios son los horcales y los espinillales. Estos representan una importante superficie de la Reserva (57%), lo cual refuerza la idea de que deben ser manejados para reducir los riesgos de incendios.

Con mínimas intervenciones como podas sanitarias y despejes para el paso de los animales, y con inversiones tales como boyeros, alambrados y derivación o instalación de fuentes de agua donde esta no se encuentre disponible, es posible manejar estos sistemas con un enfoque silvopastoril de baja intensidad sobre el componente de uso forestal, mediante pastoreos de alta intensidad y baja frecuencia en época estival. Este sistema reduciría el impacto sobre la renovabilidad (especialmente en horcales), evitaría la selectividad

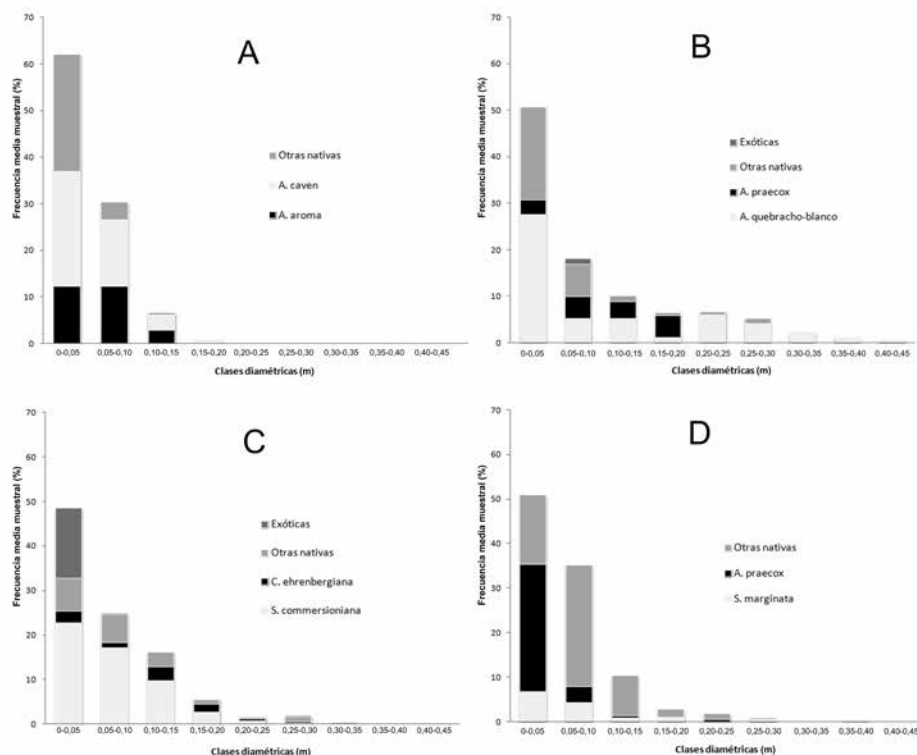


Figura 2: Distribución diamétrica de individuos forestales del A) espinillal, B) quebrachal C) blanquillal y D) horcal.

de pastoreo y el reemplazo de especies, manteniendo así la diversidad florística (Morici et al., 2009), aunque debería monitorearse la afectación sobre las propiedades hidráulicas del suelo (Borrelli, 2001) a pesar de ser arenosos y gravosos. Desde el punto de vista forestal, la extracción de leña campana, restos de podas sanitarias y madera de ocasionales raleos, contribuye a la reducción de combustible y puede sumar a los ingresos de la producción animal para la reinversión sobre mejoras en pos de la sistematización y manejo de la Reserva.

Actualmente se está efectuando el control de exóticas en blanquillales a fin de mejorar la apertura de luz sobre estos ambientes más húmedos, con la intención de recuperar la vegetación nativa y de obtener pasturas umbrófilas de mejor calidad

durante el invierno, esto último a fin de disponer de mejor calidad de pastura en invierno y como sitios de disponibilidad de agua para los animales. Se ha aplicado la técnica de anillado con un doble propósito; reducir el sombreo y mantener los árboles en pie para un mejor control de la erosión. Los raleos de individuos de gran fuste (principalmente *M. alba*) han sido aprovechados como postes para el apotreramiento de otras áreas a proteger dentro de la Reserva.

El control de la renovabilidad en los quebrachales es también de suma importancia ya que estos podrían recuperar áreas agrícolas abandonadas y que han sido empastadas espontáneamente, constituyendo un riesgo latente para la ocurrencia de incendios. La revegetación natural en estos sectores está siendo estudiada.

## Conclusiones

De acuerdo a los datos obtenidos, se observa que el estado de los bosques en general es bueno, con buena distribución etárea, y buena renovabilidad natural, lo que indica que no es necesaria la implantación de especies para enriquecimiento, sino que debe apuntarse a la protección y fomento de la regeneración natural.

Los ambientes más importantes a manejar para el control de incendios son los espinillales y los horcales.

En los espinillales se recomienda el fomento de la renovabilidad natural a fin de aumentar la cobertura del suelo, asimismo que debería reducirse la cantidad de BFC por pastoreo como medida de prevención de incendios. Se recomienda realizar prácticas de poda sobre los individuos afectados para mejorar la sanidad de los individuos y mejorar la circulación del ganado.

En los horcales también se recomienda reducir la BFC median-

te el pastoreo intenso y poco frecuente durante el verano a fin de evitar el ramoneo de los renovales, los cuales en estos sitios se presentan en baja proporción.

En los blanquillales, se recomienda reducir la proporción de exóticas, evaluando el anillado como alternativa de manejo, a fin de mantener el suelo protegido por raíces a fin de evitar problemas de erosión a la vez que permitiría una mejor entrada de luz para el desarrollo de pasturas umbrófilas.

Los quebrachales son, de acuerdo a las condiciones edáficas, las áreas de mayor productividad forestal, asimismo que presentan una alta renovabilidad, observada sobre zonas desmontadas alledañas y sobre áreas afectadas a la agricultura. Esta alta renovabilidad debe ser aprovechada como estrategia para la recuperación de estos ambientes sobre áreas abandonadas de agricultura.

## Bibliografía

- Bond W.J., Keeley J.E., 2005. Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution* 20(7), 387-394.
- Borrelli, P., 2001. Producción animal sobre pastizales naturales. En: Borrelli, P., Oliva, G. (Eds.). *Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral*, INTA, Río Gallegos, pp 129-159.
- Braun-Blanquet J. 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*, Ed. Blume, Madrid, pp. 820.
- Díaz, R. 1992. Evaluación de los recursos forrajeros del Chaco Árido. En: Karlin, U., Coirini, R. (Eds.). *Sistemas Agroforestales para pequeños productores de zonas áridas*, GTZ, pp. 18-23.
- Gaillard de Benítez, C., Pece, M.G., 2011. Muestreo y técnicas de evaluación de vegetación y fauna. Serie Didáctica N° 27. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- Laguens, A., 2009. El poblamiento inicial del sector austral de las Sierras Pampeanas de Argentina desde la Ecología del Paisaje. *Revista Anales de Arqueología y Etnología* 2009, 61-62.
- Morici, E., Doménech-García, V., Gómez-Castro, G., Kin, A., Saenz, A., Rabotnikof, C., 2009. Diferencias estructurales entre parches de pastizal del caldenal y su influencia sobre el banco de semillas, en la provincia de La Pampa, Argentina. *Agrociencia* 43(5), 529-537.
- Mueller-Dombois D., Ellenberg H., 1974. *Aims & methods of vegetation ecology*, John Wiley & Sons, US, pp. 547.
- Wikum D.A., Shanholtzer G.F., 1978. Application of the Braun-Blanquet Cover-Abundance Scale for vegetation analysis in land development studies. *Environmental Management* 2(4), 323-329.
- Zeballos, S.R., Giorgis, M.A., Cingolani, A.M., Cabido, M., Whitworth Hulse, J.I., Gurvich, D.E., 2014. Do alien and native tree species from Central Argentina differ in their water transport strategy? *Austral Ecology* 39(8), 984-991.

# Un marco ecológico para establecer márgenes de manejo de sistemas silvopastoriles. 2- El caso de ñirantales de Patagonia Sur, Argentina.

Peri, P.L.; Martínez Pastur, G.; Rusch, V.; López, D.; Rusch, G.

## Resumen

Para el uso sustentable de los sistemas silvopastoriles en ñirantales, se requiere entre otras cosas, conocer su dinámica y el manejo para mantener en el largo plazo los principales servicios ecosistémicos del bosque. El objetivo de este trabajo fue realizar un modelo de los estados y transiciones (ME&T) para los bosques de ñire en el sur de la Patagonia. Para ello se analizó información del inventario provincial de ñire de Santa Cruz, la red de parcelas permanentes PEBANPA (Parcelas de Ecología y Biodiversidad de Ambientes Naturales en Patagonia Austral) y estudios de ecología y ecofisiología en los bosques de ñire que describen las comunidades vegetales de estos sitios ecológicos y la historia de disturbios naturales. Mediante un taller y posterior chequeos de campo, se ajustó el modelo. Se definieron 7 estados y 10 transiciones negativas, los factores que disparan las transiciones y sus niveles asociados al pastoreo, incendios y extracción intensa de madera. Los bosques maduros con baja utilización de pastoreo, nula actividad extractiva y con coberturas completas (>70%) corresponde al estado de referencia o la condición de mayor integridad y el pastizal o murtillar (dominancia de *Empetrum rubrum*) con pérdida de bosque es considerado el estado de mayor degradación. La mayoría de las transiciones son irreversibles. El desarrollo de ME&Ts permite contar con alertas tempranas del deterioro y constituye una herramienta para lograr el mayor valor productivo y ambiental.

**Palabras clave:** sustentabilidad; resiliencia, degradación, disturbio

## An ecological framework to establish management boundaries for silvopastoral systems. 2- The case of ñire forests of southern Patagonia, Argentina

### Abstract:

The sustainable use of silvopastoral systems in ñire forests requires knowledge of its dynamics and management to maintain long-term major forest ecosystem services. The aim of this work was to develop a states and transitions model (E&TM) for ñire forests in southern Patagonia. For this, provincial inventory information was analyzed together with information from permanent plots PEBANPA (Plots of Ecology and Biodiversity, Natural Environments in Patagonia Austral) and studies of ecology and ecophysiology in ñire forests which describe plant communities on these ecological sites and the history of natural disturbances. Through a workshop and subsequent field checks, the model was adjusted. Seven states and 10 negative transitions were described, as well the factors that trigger transitions and their associated levels of grazing, fire and intense logging. Mature forests with low utilization of grazing, no extractive activity and complete coverage (> 70%) corresponds to the reference state or condition of greater integrity, and grassland or murtillar (dominance of *Empetrum rubrum*) with forest loss is considered the most degraded state. Most transitions are irreversible. The development of E&TM allows for early warnings of deterioration and is a tool to achieve more productive and environmental value.

**Key words:** sustainability; resilience, degradation, disturbance

## Introducción

En Patagonia Sur argentina existen 273.000 ha de bosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) con potencial uso silvopastoril con planes de manejo (83.000 ha en Santa Cruz y 190.000 ha en Tierra del Fuego, Peri y Ormaechea, 2013a; Collado, 2009). Los sistemas silvopastoriles combinan en una misma unidad de superficie árboles con pastizales bajo pastoreo con ganado ovino, bovino o mixto, y en los que se presentan interacciones positivas o negativas según la región, tipo de asociación y época del año. La madera de ñire se aprovecha principalmente para postes, varas y leña, aunque las características de su madera podrían hacerla interesante para varias industrias como la confección de tableros y parquet. Sin embargo, además de la producción ganadera y de madera, son varios los servicios ecosistémicos que brindan los bosques de ñire como la regulación hídrica, conservación de la biodiversidad, suelo y de calidad del agua, fijación de emisiones de gases con efecto invernadero, contribución a la diversificación y belleza del paisaje y defensa de la identidad cultural. Es decir, el manejo sustentable silvopastoril en estos bosques debería considerar el beneficio que distintos actores de la sociedad reciben de los ecosistemas, así como las complejas interacciones tanto positivas como negativas entre servicios.

Actualmente los ñirantales poseen diferentes estructuras y composiciones florísticas como consecuencia del manejo ganadero y silvícola interactuando con otros factores de disturbio naturales (ej. sequías) y antrópicos (incendios, introducción de especies) (Peri y Ormaechea, 2013). Esto resultó en un mosaico de rodales que representan distintos niveles de integridad ecológica. Los modelos de estados y transiciones (ME&T) proveen una herramienta simple de describir la dinámica de la vegetación y facilitan la toma de decisiones para evitar cambios no deseados debido a disturbios naturales y antrópicos (Westoby *et al.* 1989). El marco conceptual y descripción de los ME&T se presentan en Rusch *et al.* (2015). En el contexto de mejoras de planes de manejo para los SSP en bosque nativo (a nivel predial y regional) existe la perspectiva cierta que las Direcciones de Bosques de las provincias cuenten con pautas de manejo en el marco del Plan de Manejo Sostenible – Modalidad Silvopastoril dentro de la Ley Nacional de N° 26331 sobre Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue definir un ME&T para los bosques de ñire de Patagonia Sur como herramienta para el manejo sustentable bajo uso silvopastoril.

## Materiales y Métodos

Al igual que la primera parte del estudio de los ME&T para Patagonia Norte (Rusch *et al.*, 2015), las definiciones de la terminología a emplear, se basan en Westoby *et al.* (1989) y López (2011).

Los posibles estados y transiciones se definieron en base a la información recolectada del inventario provincial de ñire (355 parcelas realizadas en el periodo 2009-2011) efectuado para brindar información para la ordenación sostenible del bosque de Santa Cruz. En el mismo se relevó variables de estructura del bosque (fases de desarrollo, cobertura del dosel superior, altura de los árboles dominantes, clase de sitio, área basal, vigor de copas, tipo de distribución espacial, estado de la regeneración, volumen, biomasa), del sotobosque (diversidad de especies, Producción Primaria Neta Anual Potencial, cantidad de residuos leñosos, especies exóticas invasivas) y la presencia de disturbios antrópicos (ganadería, plantas rameadas, aprovechamiento forestal, fuego y erosión del suelo) (Peri y Ormaechea, 2013a,b; Peri *et al.*, 2013). También se utilizó la información generada a partir de las 1350 par-

las permanentes denominadas PEBANPA (Parcelas de Ecología y Biodiversidad de Ambientes Naturales en Patagonia Austral) en Santa Cruz y Tierra del Fuego donde se midió la diversidad de plantas vasculares, estructura y regeneración de especies arbóreas, características fisicoquímicas del suelo, grado de erosión, y algunos parámetros climáticos (Peri *et al.*, 2014). Asimismo, se tuvo en cuenta información obtenida en diferentes estudios de ecología y ecofisiología en los bosques de ñire (Peri *et al.*, 2010; Gargaglione *et al.*, 2013, 2014; Bahamonde *et al.*, 2013, 2015).

En los casos en que hubo suficiente información y fue relevante, se identificaron fases dentro de dichos estados. Para diferenciar entre fases y estados se evaluó la posibilidad de reversión natural del proceso de degradación. Posteriormente se realizó un taller de expertos de la región para discutir la definición de dichos estados, y definir los procesos y variables que definen las transiciones negativas entre los mismos. Finalmente se recorrieron algunos sitios a campo para verificar la descripción de los estados.

## Resultados y Discusión

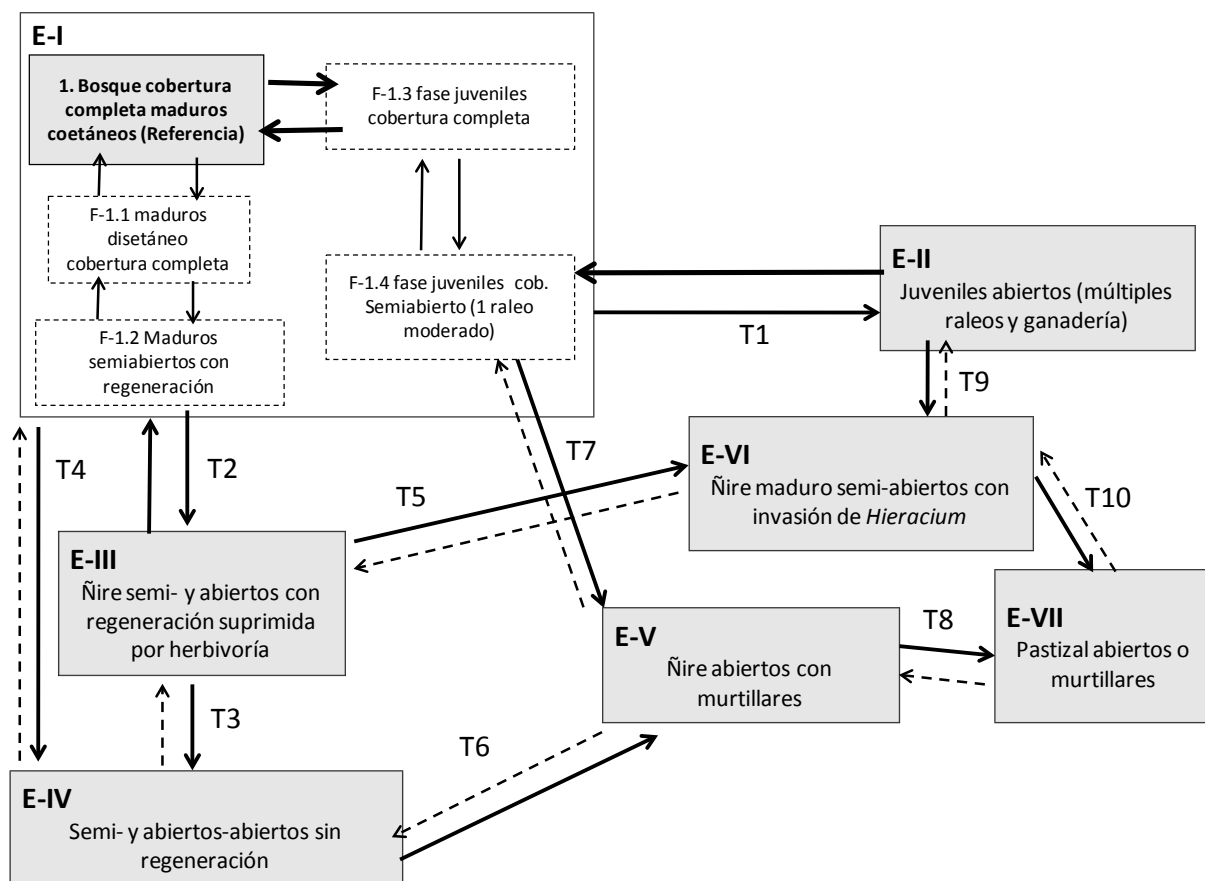
El sitio ecológico tipo de los bosques de ñire en Patagonia Sur analizados corresponden a ñirantales de Santa Cruz que representan el 80% de su superficie (159.720 ha) desarrollándose en una clase de sitio V (altura media de los árboles dominantes < 8 m) (Ivancich *et al.*, 2011), con temperaturas media anual de 5,0-6,2 °C, precipitaciones de 280- 600 mm, Evo de

950-1650 mm/año, Pendiente de 0 a 5°, altitud < 450 msnm, profundidad efectiva del suelo de 0,4-0,6 m y capacidad retención hídrica (capacidad de campo a 0,3 m profundidad) de 50 a 60%.

En la Figura 1 se presenta el modelo de estados y transiciones desarrollado para Patagonia Sur, el cual cuenta con 7 estados.

El Estado El presenta 4 fases debido a su evolución natural como por intervenciones con intensidades que no impiden la recuperación del mismo. La fase *Bosques de ñire de cobertura completa maduros disetáneos* (F-1.1) corresponde a bosques maduros (> 120 años) con muy baja utilización de pastoreo y presentan cortas leves (floreo) o caída de árboles por viento lo cual genera una estructura disetánea y coberturas completas (> 70%). La fase *Bosques de ñire maduros semiabiertos con buena regeneración* (F-1.2) se corresponde con áreas de uso pasado y actual ganadero (carga ajustada), y con presencia de aprovechamiento forestal para extracción de madera (principalmente postes y leña) y cobertura estrato arbóreo entre 50-65%. Sin embargo, a diferencia de un bosque degradado severamente, la cobertura de la regeneración de más de 5 años

de edad es suficiente para garantizar la continuidad del bosque con valores superiores al 15% (densidad  $> 900$  plantas/ha) en su gran mayoría poco ramoneadas (por liebre o ganado ovino). La fase *Bosques de ñire fase juveniles de cobertura completa* (F-1.3) representa las superficies de bosques de cobertura completa pero en fase de desarrollo juvenil (regeneración avanzada 20-40 años). Son producto principalmente de la recuperación del ñirantal después de intensos incendios en primavera y con baja o nula presión de herbivoría. Se trata de bosques de alta densidad ( $>15.000$  árboles/ha), muy cerrados, de cobertura completa, de muy dificultoso tránsito para los animales con un consecuente limitado uso pastoril actual. En la provincia de Santa Cruz esta categoría representa el 10,5% de los ñirantales. Por último la fase *Bosques de ñire fase juveniles semi-abiertos* corresponde a individuos juveniles (regeneración avanzada 20-40 años) en los que se efectuaron raleos lo cual determina coberturas intermedias (50-60%) pero con un alto número de plantas ( $>5000$  árboles/ha) y en fase de crecimiento lineal de biomasa, DAP y volumen. En esta fase de crecimiento y por la densidad aún no es necesaria la presencia de plántulas de regeneración.



**Figura 1.** Modelo de Estados y Transiciones para bosques de ñire del Sur de Patagonia. Las cajas grises representan los estados (números romanos), las cajas con línea punteada las fases y las flechas las transiciones (números arábigos). La definición de los estados se presenta en la Tabla 1.



**Tabla 1.** Descripción de los Estados del Modelo para el ecosistema de ñirantales de Patagonia Sur.

Estado	Descripción
<b>E I</b> Bosques de cobertura completa maduros coetáneos (Bosque Referencia)	Estos bosques maduros (>120 años) son los menos antropizados, con baja utilización de pastoreo, nula actividad extractiva, conversión de uso y/o instalaciones, con coberturas completas (>70%). Este estado contiene cuatro fases reversibles: Bosques de ñire fase juveniles de cobertura completa Bosques de ñire de cobertura completa maduros disetáneos Bosques de ñire fase juveniles semi-abiertos (50-60%) Bosques de ñire maduros semi-abiertos con buena regeneración
<b>E II</b> Bosques de ñire fase juveniles abiertos con sucesivos raleo y ganadería	En este Estado en fase de desarrollo juvenil (Regeneración avanzada 20-40 años) se realizan raleos intensos o raleos sucesivos, lo cual determina coberturas bajas (<40%) con una densidad de <1000 árboles/ha y en fase de crecimiento lineal de biomasa, DAP y volumen. En esta fase de crecimiento y por la densidad aún no es necesaria la presencia de plántulas de regeneración pero el sistema inestable y con alto desarrollo de gramíneas.
<b>E III</b> Bosque de ñire semi- y abiertos con regeneración suprimida por herbivoría	Bosques antropizados de cobertura intermedia del dosel superior (10-20%, o área basal, AB, entre 8-15 m <sup>2</sup> /ha) y con una cobertura de la regeneración de más de 5 años de edad inferior al 5% (o densidad <300 plantas/ha) en su gran mayoría ramoneadas (por liebre o ganado ovino) lo cual determina una altura <20 cm. Estos bosques necesitan de acciones como la protección de árboles individuales para garantizar su continuidad en el tiempo.
<b>E IV</b> Bosque de ñire semi-abiertos y abiertos sin regeneración suficiente	Sitios de intenso uso, tanto pastoril como extractivo de individuos arbóreos, pasado y presente, y un alto grado de transformación de la estructura del bosque de ñire. En este estado domina el estrato herbáceo, aunque originalmente fueron bosques de mayor cobertura, como lo atestiguan restos de tocones dispersos en el pastizal. Estos bosques en muchos casos fueron originados por extensos incendios en verano y/o un uso muy intenso. Se caracteriza por la falta de regeneración (o muy escasa) para garantizar la continuidad del bosque.
<b>E V</b> Bosque de ñire abiertos con murtillares	Ñirantales de muy baja cobertura (<10%, o AB <8 m <sup>2</sup> /ha) cobertura media (entre 20-50% o AB entre 15-35 m <sup>2</sup> /ha) del dosel superior en fase de envejecimiento (>120 años), con escasa o nula regeneración con pérdida de suelo por erosión eólica, y una ocupación de murtilla ( <i>Empetrum rubrum</i> ) en el sotobosque mayor a 30-40% que limita la instalación de la regeneración. Generalmente son bosques bajos (<5 m de altura de árboles dominantes), expuestos a los fuertes vientos, creciendo en suelo arenosos o franco arenosos y con evidencia de incendios intensos lo cual determinó la pérdida de la delgada capa de suelo orgánico propendiendo a la pérdida de suelo y ocupación de murtilla.
<b>E VI</b> Bosque de ñire semi-abiertos con invasión de <i>Hieracium praealtum</i>	Bosques antropizados de cobertura entre 20-50% (o AB entre 15-35 m <sup>2</sup> /ha) con regeneración de más de 5 años con cobertura >5% (o densidad >200 plantas/ha) no ramoneadas, pero con una cobertura de <i>Hieracium praealtum</i> (especie exótica invasiva) >20%. Estas especies del sotobosque limitan el desarrollo de la regeneración de ñire al ocupar físicamente la superficie del bosque.
<b>E VII</b> Pastizal o murtillar con pérdida de bosque	El estrato arbóreo desaparece para ser reemplazado por un murtillar o pastizal debido a severos usos de madera, pastoreo y/o incendios.

Se identificaron 10 transiciones negativas (T, Fig.1). Los factores y niveles determinantes que definen las transiciones en el ME&T de ñirantales de Patagonia Sur se presentan en la Tabla 2. Los Estados, sus fases y las transiciones fueron menores a los establecidos para los ñirantales de Patagonia Norte (Rusch *et al.*, 2015), lo cual indicaría una diferenciación en la intensi-

dad y forma de uso histórico interactuado con las condiciones climáticas y edáficas.

Los sistemas silvopastoriles en Patagonia Sur podrían manejarse en los Estados EI, EII y EIII, acompañado con un diseño de distribución espacial adecuado y pautas de manejo claras. Algunas transiciones son factibles de recuperar a través de

**Tabla 2.** Descripción de los factores y niveles que definen las transiciones en el ME&T de ñirantales de Patagonia Sur.

Código	Transición	Factores y niveles determinantes
T1	E I – E II	Presión de pastoreo media, con manejo continuo o estacional por al menos 10 años (estabilización del pastizal al disturbio). Extracción de madera media con raleos sucesivos.
T2	E I – E III	Presión de pastoreo continuo alta por al menos 10 años. Severidad de fuego baja y extracción de madera baja con manejo forestal de raleos sucesivo o único.
T3	E III – E IV	Presión de pastoreo alta, sin fuego y extracción de madera baja con manejo forestal único.
T4	E I – E IV	Presión pastoreo alta con tipo de manejo continuo por más de 10 años. Severidad de fuego alta o media, extracción de madera alta con manejo forestal sucesivo o único.
T5	E III – E VI	Presión de pastoreo alta, severidad de fuego alta, sin silvicultura, extracción de madera muerta post-fuego; con disponibilidad de propágulos de la especie invasiva exótica <i>Hieracium</i> alta.
T6	E IV – E V	Presión de pastoreo alta por más de 10 años; severidad de fuego baja o media, extracción de madera muerta post-fuego; con disponibilidad de propágulos de murtilla alta.
T7	E I – E V	Presión de pastoreo alta por más de 20 años, severidad de fuego alta, sin silvicultura, extracción de madera muerta post-fuego; con disponibilidad de propágulos de murtilla alta.
T8	E V – E VII	Presión de pastoreo alta, severidad de fuego alta y extracción de madera alta.
T9	E II – E VI	Presión de pastoreo media, con manejo continuo de más de 20 años, severidad de fuego media o alta,
T10	E VI – E VII	Presión de pastoreo alta, severidad de fuego alta y extracción de madera alta, con disponibilidad de propágulos de la especie invasiva exótica <i>Hieracium</i> alta.

prácticas de manejo o restauración. La protección de renovales de la presión de herbivoría del ganado podría permitir la recuperación de EIII a EI (T2). Por ejemplo, en Santa Cruz se está implementando a nivel establecimientos la protección individual de regeneración pre-establecida (por cepa, de semilla o raíz) hasta asegurar el reemplazo total de los individuos en

fases de envejecimiento o desmoronamiento (Peri *et al.*, 2009). En cambio, cuando no existiera regeneración, como en el caso de querer pasar de EIV a EI (T4), es necesaria la realización de una plantación con ñire y protegerlos del ganado. En la situación de T5 se requiere además de mayores esfuerzos para mitigar la dispersión de la especie invasiva exótica *Hieracium*.

## Conclusiones

Los bosques de ñire bajo uso silvopastoril deberían diseñarse de manera tal de no traspasar umbrales críticos que conlleven a producir cambios a nivel estructural que determinen la pérdida significativa de los procesos claves del ecosistema y sus servicios ecosistémicos. En bosque nativo son sistemas complejos en los que es necesario adaptar el manejo e interve-

nir activamente, para poder mantener a los mismos dentro de los límites estructurales y de productividad deseados. El MET en ñirantales de Patagonia Sur puede ser una herramienta útil para explicitar los cambios que sufren estos sistemas bajo diferentes tipos de disturbios y guiar en la toma de decisiones para un manejo sustentable.

## Agradecimientos

El taller de expertos se realizó gracias al aporte de los Proyectos del INTA PNFOR 1104081; PRET 1281101 y el Proyecto OpenESS.

## Bibliografía:

- Bahamonde H; Peri P.L.; Monelos L.; Martínez Pastur G. 2013. Regeneración por semillas en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* bajo uso silvopastoril en Patagonia Sur, Argentina. *Bosque* 34(1): 89-101.
- Bahamonde H.A.; Peri P.L.; Martínez Pastur G.; Monelos L. 2015. Litterfall and nutrients return in *Nothofagus antarctica* forests growing in a site quality gradient with different management uses in Southern Patagonia. *European Journal of Forest Research* 134: 113-124.
- Collado L. 2009. Clasificación de los ñirantales de Tierra del Fuego. En: Relevamiento de los bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Tierra del Fuego (Argentina) como herramienta para el manejo sustentable (Ed. Pablo L. Peri), pp. 10-27. Editorial INTA, Buenos Aires, 54 pp. ISBN: 978-987-521-347-0.
- Gargaglione V.; Peri P.L.; Rubio G. 2013. Partición diferencial de nutrientes en árboles de *Nothofagus antarctica* creciendo en un gradiente de calidades de sitio en Patagonia Sur. *Bosque* 34(3): 291-302.
- Gargaglione V.; Peri P.L.; Rubio G. 2014. Tree-grass interactions for N in *Nothofagus antarctica* silvopastoral systems: Evidence of facilitation from trees to underneath grasses. *Agroforestry Systems* 88(5): 779-790.
- Ivancich H.; Martínez Pastur G.; Peri P.L. 2011. Modelos forzados y no forzados para el cálculo del índice de sitio en bosques de *Nothofagus antarctica* en Patagonia Sur. *Bosque* 32(2): 135-145.
- López, D.R. 2011. Una aproximación estructural-funcional del Modelo de Estados y Transiciones para el estudio de la dinámica de la vegetación en Estepas de Patagonia norte. Tesis, D Biol. UNCOMA, 297 pp.
- Peri P.L., Hansen N., Rusch V., Tejera L., Monelos L., Fertig M., Bahamonde H., Sarasola M. 2009. Pautas de manejo de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* (ñire) ñire en Patagonia. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 151-164, Ediciones INTA. Posadas, Misiones, 14 al 16 de Mayo 2009.
- Peri P.L.; Gargaglione V.; Martínez Pastur G.; Lencinas M.V. 2010. Carbon accumulation along a stand development sequence of *Nothofagus antarctica* forests across a gradient in site quality in Southern Patagonia. *Forest Ecology and Management* 260: 229-237.
- Peri P.L.; Ormaechea, S.G. 2013a. Relevamiento de los bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Santa Cruz: base para su conservación y manejo. Ediciones INTA. 88 pp.
- Peri P.L.; Ormaechea S. 2013b. Especies invasoras exóticas en ñirantales de Santa Cruz: *Hieracium praealtum* e *Hypochoeris radicata*. Actas II Jornadas Forestales de Patagonia Sur y 2<sup>do</sup> Congreso Internacional Agroforestal Patagónico (Ed. Peri, P.L.), pp. 103. INTA-Instituto Forestal de Chile-UNPA-CONICET. El Calafate, Santa Cruz, 16 al 18 de Mayo de 2013.
- Peri P.L.; Ormaechea S.; Martínez Pastur G.; Lencinas M.V. 2013. Inventario provincial del contenido de carbono en bosques nativos de ñire en Santa Cruz. Actas 4<sup>to</sup> Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. 10 pp., Iguazú, Misiones, 23 al 27 de Septiembre de 2013.
- Peri P.L.; Lencinas M.V.; Martínez Pastur G.; Lasagno R.; Soler R.; Bahamonde H. 2014. Red PEBANPA: Parcelas de Ecología y Biodiversidad de ambientes naturales en Patagonia Austral. Actas XXVI Reunión Argentina de Ecología (RAE2014), pp. 220. Comodoro Rivadavia, Chubut, 2 y 5 de Noviembre de 2014.
- Rusch V.; López D.; Cavallero L.; Rusch G.; Peri P.L.; Cardozo A.; Hansen N.; von Müller A.; Garibaldi L.; Sarasola M. 2015. Un marco ecológico para establecer márgenes de manejo de sistemas silvopastoriles. 1- El caso de ñirantales del norte de la Patagonia, Argentina. Actas VIII Congreso Internacional sobre Sistemas Agroforestales para la Producción Pecuaria y Forestal Sostenible- Tercer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Ediciones INTA. Iguazú, Misiones, 7 al 9 de Mayo 2015.
- Westoby M; B Walker; I Noy -Meir. 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. Jour. Range Manag. 42 (4):266-274.

# Caracterización de las variables de rodal que condicionan la radiación fotosintéticamente activa incidente bajo el dosel de *Eucalyptus grandis* bajo uso silvopastoril

L. Romero<sup>1</sup>; R. Gunther<sup>2</sup>; A. Ruíz Díaz<sup>3</sup>

## Resumen

En la región NE de Argentina, el crecimiento de algunas especies megatérmicas genera niveles de radiación fotosintéticamente activa (RFA) mínimos del 50%. Con el objetivo de caracterizar las principales variables del rodal que condicionan la RFA incidente dentro de un dosel con *Eucalyptus grandis*, se midió el diámetro a la altura del pecho, altura total, altura en la base de copa verde y RFA. Se trabajó en 10 sitios con sistemas silvopastoriles (SSP) en las provincias de Misiones y Corrientes. Se calculó área basal (AB), longitud de copa verde (LCV) y obtuvieron regresiones lineales simples. La LCV explicó en un 95% al AB ( $p < 0,001$ ), y la RFA se asoció negativamente con el AB ( $r^2 = 0,87$ ,  $p < 0,001$ ) y la LCV ( $r^2 = 0,97$ ,  $p < 0,001$ ). Los resultados indican que SSP con *Eucalyptus grandis*, con un AB máxima de  $5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  o una LCV máxima de  $5 \text{ km ha}^{-1}$ , se llega a un mínimo aproximado de 50% de RFA necesaria para mantener el componente herbáceo del sistema. La LCV y el AB son variables fáciles de medir, y en cierto grado, independientes de la poda y el raleo, pudiendo ser utilizadas para inferir los niveles de RFA que llegan al componente herbáceo en rodales jóvenes de *Eucalyptus grandis* (menores a 30 meses de edad). Si bien son necesarios estudios que incluyan mayor número de rodales y de mayor edad de plantación, éstos resultados representan un avance para el manejo silvícola en SSP con *Eucalyptus grandis*.

**Palabra clave:** área basal, longitud de copa verde, especies megatérmicas

## Characterization of the stand variables affecting the radiation, photosynthetically active incident under the canopy of *Eucalyptus grandis* low use silvopastoral

## Abstract

In the NE region of Argentina, the growth of some megatérmicas species generated minimum levels of photosynthetically active radiation (PAR) of 50%. In objective to characterize the main variables that determine the RFA stand incident within a canopy with *Eucalyptus grandis*, diameter at breast height, total height, height at base green top and RFA was measured. It worked in 10 sites silvopastoral systems (SSP) in the provinces of Misiones and Corrientes. Basal area (BA), length green top (LCV) were calculated and obtained Simple linear regressions. The LCV explained 95% to AB ( $p < 0.001$ ), and RFA was negatively associated with the AB ( $r^2 = 0.87$ ,  $p < 0.001$ ) and LCV ( $r^2 = 0.97$ ,  $p < 0.001$ ). The results indicate that SSP with *Eucalyptus grandis*, with a maximum AB  $5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  or a maximum LCV  $5 \text{ km ha}^{-1}$ , reaches a minimum of 50% of RFA necessary to maintain the herbaceous component of the system. The LCV and AB variables are easy to measure, and somewhat independent degree of pruning and thinning, which can be used may be used to infer RFA levels reaching the herbaceous component in young stands of *Eucalyptus grandis* (under 30 months). Although studies involving larger number of stands and planting elderly are required, these results represent a step forward for silvicultural management in *Eucalyptus grandis* SSP

**Key words:** basal area, length green top, mega-thermal species

<sup>1-3</sup> INTA EEA Bella Vista, Bella Vista, (3432), Corrientes. <sup>2</sup> INTA AER Santa Rosa, Santa Rosa, (3421), Corrientes. [romero.lucia@inta.gob.ar](mailto:romero.lucia@inta.gob.ar)

## Introducción

La industria forestal y ganadera son dos de las actividades productivas más importantes de la provincia de Corrientes. Si bien, convencionalmente se explotan en forma separada, el manejo silvopastoril surge como una opción para la intensificación y diversificación productiva. En la actualidad, existen aproximadamente 6.200.000 ha. destinadas a la ganadería, más de 450.000 ha. están forestadas con género *Pinus* y *Eucalyptus*, mientras que 80.000 ha. se encuentran bajo sistema silvopastoril (SSP).

El principal factor limitante para el crecimiento de las pasturas en SSP es el nivel de sombra ejercido por los árboles y arbustos (Shelton *et al.*, 1987). La radiación fotosintéticamente activa (RFA) que llega al estrato inferior de un SSP está condicionada por diferentes características asociadas al componente arbóreo. En éste sentido, se han desarrollado diferentes modelos que asocian directamente variables del rodal con la respuesta en las especies del estrato herbáceo, entre ellas: el área basal del rodal (Folliot, 1983), el volumen de copa, (Sibbald *et al.*, 1994) o la longitud de copa verde (Knowles y West, 1986; Pervival y Konoweles, 1986).

El efecto de la RFA sobre el rendimiento de la producción del estrato herbáceo ha sido ampliamente estudiado, siendo útil para definir posteriormente los criterios de manejo silvícola. En éste sentido, se ha identificado que en la región NE de Argentina, el nivel de RFA incidente óptimo para el crecimiento algunas especies megatérmicas varía entre 35 y 50% (Montoya y Mesón, 1980) mientras que Benvenuti (2000) establece como mínimo un 50% RFA compatible con una producción aceptable de *Axonopus compressus* bajo dosel de *Pinus elliottii*.

En la región NE de Argentina, el manejo silvícola para uso

SSP se ha venido desarrollado especialmente para el género *Pinus*. Allegranza *et al.* (1997) relacionaron diferentes estructuras de canopia arbórea de *P. caribaea*, con la productividad de un pastizal, infiriendo que el pasaje diferencial de RFA, incidía en la producción forrajera, mientras que Benvenuti *et al.* (2000) encontraron una fuerte asociación entre la disponibilidad de luz bajo dosel de *P. elliottii* y la producción de varias especies forrajeras implantadas en el sur de Misiones. La identificación de las variables de rodal que afectan el nivel de RFA ha permitido desarrollar modelos de predicción de la producción forrajera bajo distintas estructuras de canopia de *P. taeda* para la región (Fassola *et al.*, 2005). Sin embargo, es escasa la información generada para SSP con *Eucalyptus grandis* como componente arbóreo.

El género *Eucalyptus* se caracteriza por tener una copa estrecha, lo que permite que gran parte de la RFA penetre y llegue a estratos inferiores, constituyendo una característica deseable para un SSP (Omar *et al.*, 2006). A pesar de ello, su alta tasa de crecimiento se traduce en un rápido incremento de la profundidad de la copa que disminuye la disponibilidad de RFA en el corto plazo. En sistemas con *E. grandis*, se ha observado que densidades menores a 250 árboles.ha<sup>-1</sup> y 150 árboles.ha<sup>-1</sup>, antes de los 30 y 42 meses de edad respectivamente, mantiene el componente herbáceo (Pachas *et al.*, 2008). En éste sentido, es de importante conocer las características del rodal que condicionan la RFA, mínimo un 50 %, para el desarrollo de las forrajeras megatérmicas de la región. El presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar las principales variables del rodal que condicionan la cantidad de RFA incidente dentro del dosel en SSP con *Eucalyptus grandis*.

## Materiales y Métodos

Se obtuvo información de 10 sitios de SSP distribuidos en la provincia de Misiones y Corrientes, donde el componente arbóreo fue *Eucalyptus grandis*. En cada sitio se instalaron al menos 2 parcelas forestales con una bordura de dos veces

y media la altura de los árboles, conformando un total de 26 parcelas de medición. Se realizó una caracterización del sistema según edad, marco de plantación y densidad actual. (Tabla 1).

**Tabla 1:** Edad, marco de plantación y cantidad de parcelas en cada lote seleccionado.

Sitios	Lugar (Dpto./Provincia)	Edad (meses)	Configuración (m x m)	Densidad (árboles ha <sup>-1</sup> )	Cantidad de parcela por sitio
1	Santa Rosa (Corrientes)	12	3 x 6	468	2
2	Santa Rosa (Corrientes)	12	6 x 6	241	2
3	Santa Rosa (Corrientes)	24	3 x 5	600	3
4	Santa Rosa (Corrientes)	24	3 x 5	573	3
5	Santa Rosa (Corrientes)	24	3 x 6	468	2
6	Santa Rosa (Corrientes)	24	6 x 6	241	2
7	Santa Rosa (Corrientes)	24	2 x 3	1328	2
8	Santa Rosa (corrientes)	24	2 x 6	672	2
9	San Vicente (Misiones)	30	2 x 5	689	4
10	San Vicente (Misiones)	30	2 x 5	459	4

Las variables dasométricas medidas fueron: diámetro a la altura del pecho (DAP, cm) para calcular el área basal (AB, m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), altura total (H<sub>t</sub>, m) y la altura a la base de copa verde (H<sub>BCV</sub>, m) para estimar así la longitud de copa verde (LCV, m.ha<sup>-1</sup>). La radiación fotosintéticamente activa (RFA), se midió empleando un ceptómetro (CAVA-RAD, Argentina), con sensores cuánticos que integran el flujo de fotones recibidos en un metro lineal (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), utilizando la técnica descrita por Fassola *et al.* (2005). En cada parcela se tomó la fracción de radiación interceptada debajo del dosel arbóreo

(R1) y fuera del dosel (R2), estimándose la RFA (%) según la ecuación 1:

$$\%RFA = \left(1 - \frac{R1}{R2}\right) \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Se obtuvieron regresiones lineales simples entre el AB y la LCV y con la RFA, de modo de explicar la respuesta de la RFA disponible en diferentes estructuras del dosel.

## Resultados y discusión

El AB y la LCV tuvieron una relación lineal positiva (Fig. 1). El AB estuvo explicada en un 95% por la LCV, ( $p < 0,001$ ). Esta mismas variables también han sido asociadas anteriormente para *Pinus sp* (Alegranza *et al.* 1997; Fassola, 2005), mostrando ser independiente de las podas y de los raleos. En tanto, ha sido posible generar modelos predictivos de AB en función de la LCV para rodales jóvenes de *Pinus radiata* (Fighth *et al.*, 1995).

La RFA tuvo una alta correlación tanto con el AB ( $R^2 = 0,87$ ,  $p < 0,001$ ) como con la LCV ( $R^2 = 0,97$ ,  $p < 0,001$ ). En ambos casos, se asoció lineal y negativamente (Fig. 2 y 3). En éste sentido ambas variables forestales podrían ser utilizadas de manera independiente para definir niveles de RFA disponible en plantaciones de *Eucalyptus grandis*. Del mismo modo, se ha determinado una relación directa entre dichas variables y la producción de forraje. En éste sentido Fassola (2005) observó que el modelo que empleaba la LCV de *Pinus taeda* como variable independiente explicaba el 47% de la variación

en producción de biomasa de *Axonopus compressus*, en tanto que el AB lo hacía en un 39%, descartando así al AB como variable predictora de la producción del pastizal. Del mismo modo, Sibbald *et al.* (1994), lograron explicar el 92,5% de la variación en la producción de forraje mediante la LCV.

Finalmente, la dimensión deseable de cada variable para obtener un rango óptimo de RFA varía según la especie forestal. Nuestros resultados indican que con un AB máxima aproximada de 5 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> o una LCV máxima de 5 km ha<sup>-1</sup> se llega a un mínimo de 50% de RFA. Respecto a LCV, en *Pinus* se han observado que el 50% de RFA se obtiene con longitudes de copa inferiores a las observadas para *Eucalyptus*, posiblemente debido a que esta última presenta una copa más estrecha. Así, para alcanzar un mínimo de 50% de RFA son necesarias LCV inferiores o iguales a 1,8 km ha<sup>-1</sup> en pino híbrido (*P. elliotii* x *P. caribaea*), 1,4 a 1,7 km ha<sup>-1</sup> en *P. elliotii* y 1,2 a 1,5 km ha<sup>-1</sup> en *P. taeda* (Fassola, 2005; Colcombet *et al.*, 2005; Colcombet, 2009).

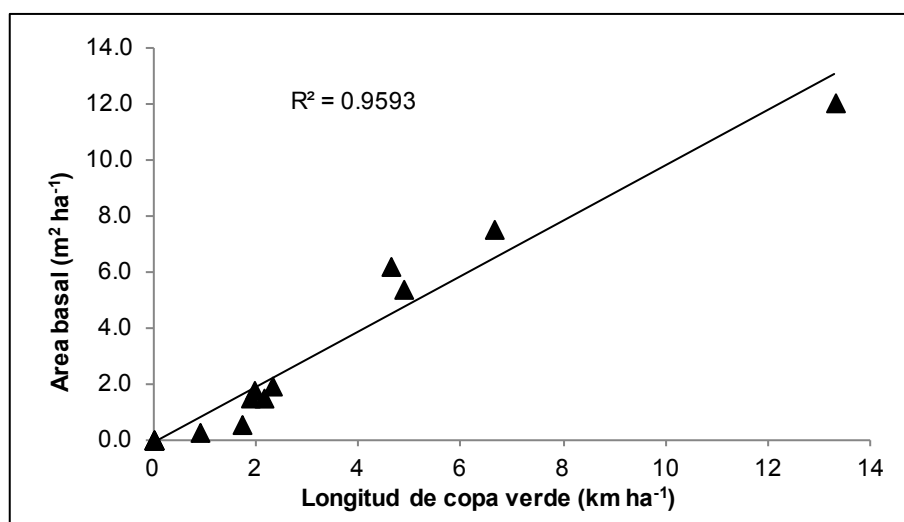


Figura 1. Relación entre la longitud de copa verde (km ha<sup>-1</sup>) y el área basal (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>).

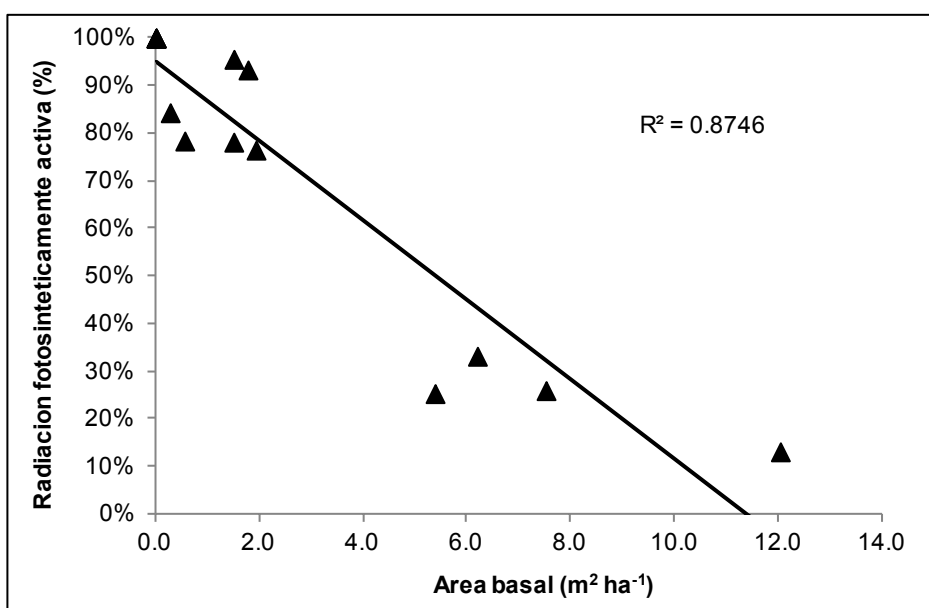


Figura 2: Relación entre Área basal (m² ha⁻¹) y radiación fotosintéticamente activa (%).

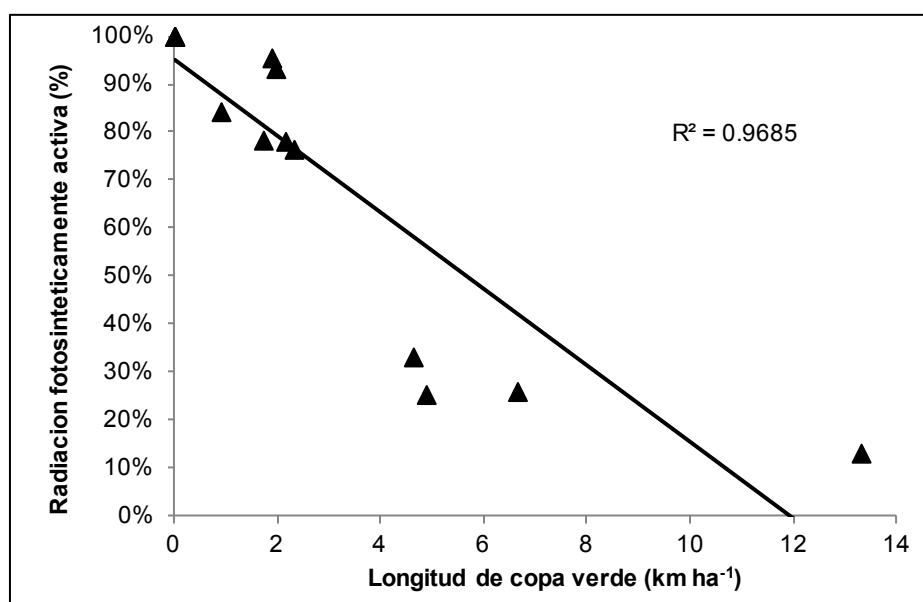


Figura 3: Relación entre longitud de copa verde (km ha⁻¹) y radiación fotosintéticamente activa (%)

## Conclusiones

La longitud de copa verde y el área basal de *Eucalyptus grandis* pueden ser variables tomadas en forma independiente para inferir en niveles de RFA. Asimismo, son resultantes de mediciones simples y con bajo requerimiento en instrumental como son el diámetro a la altura del pecho, altura total y altura en base de copa verde  $D_{ap}$ ,  $H_t$ ,  $H_{BCV}$ , permitiendo un uso práctico a la hora de definir criterios de poda y raleo. Para rodales menores a 30 meses de edad, es necesario alcanzar AB menores a 5 m² ha⁻¹ o LCV menores de 5 km ha⁻¹ para mantener el componente herbáceo del sistema con un máximo de 50% de RFA. Si bien éstos resultados preliminares representan un avance para el manejo silvícola en SSP con *Eucalyptus*, son necesarios estudios que incluyan mayor número de rodales, de mayor edad de plantación y diferentes estructuras de canopia arbórea de manera de obtener modelos más generales.

## Bibliografía

- Alegranza, D. A., Torres E., Reroratti, H., Fassola, H.E. 1997. Efecto de la densidad del *Pinus caribaea* var. *caribaea* sobre la oferta forrajera. Inf. Tec. N° 18. INTA EEA Montecarlo. Montecarlo. Argentina pp. 10.
- Benvenuti M.A., Pavetti D.R., Correa E.M. Y pérego J. (2000). Evaluación de especies forrajeras gramíneas tropicales en distintos niveles de iluminación bajo monte forestal de pino para uso en sistemas forestogaderos. Inf. Téc. N° 70 INTA-EEA Cerro Azul, Cerro Azul. Argentina, pp 6.
- Colcombet, L.; Pachas, N.; Carvallo, A. (2009). Evolución de sistemas silvopastoriles de *Pinus elliottii* – *Brachiaria brizantha* y *Penisetum purpureum* en predios de pequeños productores en el NE de Misiones, Argentina. Actas 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos relacionados al componente forestal arbóreo, forestales Posadas. Argentina. pp 1
- Colcombet, L.; Pachas, N.; Fassola, H. 2009. Sistemas silvopastoriles de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *caribaea* var. *hondurensis* (F2), *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf y *Axonopus catarinensis* Valls, a diferentes densidades arbóreas en el NO de Misiones. Actas 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos relacionados al componente forestal arbóreo. Posadas, Argentina.
- Fassola, H E, Pachas, A N, Lacorte, S M., 2005 Estimación de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) y niveles de sombra bajo dosel de *Pinus taeda* en la provincia de misiones y NE de corrientes. Acta 3° Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes. Argentina.
- Fassola, H. E.1 ; Lacorte, S. M. ; Pachas, A.N.; Pezzuti, R., 2005 . Factores que influncian la producción de biomasa forrajera de *Axonopus Jesuiticus valls*, bajo dosel de *Pinus taeda* . en el nordeste de Corrientes. RIA, 34 INTA, Corrientes. Argentina. pp 21-38
- Figthh, R.; Knowles L. Ian Mac Innes 1995. Effect of pruning on early grow an santd dynamics en douglas-fir plantatios. Car- ing for forest: research en chan chaging world. Abstracts of invited papes. IUFRO XX World congress pp 64 Tampere, Finland.
- Folliot, P., 1983. Overstory- understory relationships in western forests: *ponderosa pine* forests. Colorado State University Experiment Station, Western Regional Research Publication 1:13-18.
- Knowles, R.L.; West, G. G. 1986. The use of crown length to predict the effects of pruning and thinning in *Pinus Radiata*. Crown and canopy structure in relation to productivity. IUFRO. Edited by Fujimory T. And Withehead D. For- estry and Forest products Research Institute, Ibaraki, Japan: pp 104-117
- Montoya, O.J.M; Meson, G.L. 1980. Intensidad de efecto de la influencia del arbolado de las dehesas sobre la fenología y com- posición específica del sotobosque. Acta XX Reunión de la Sociedad Española para el estudio de los pastos. Badajoz. España pp 16
- Pachas, N; C.; Colcombet, L.; Correa, M.; Henning H.H., .2008 Produccion forrajera de *Axonopus catarinensis* Valls bajo diferentes densidades de *Eucalyptus grandis* en sitemas silvopastoriles. III Jornadas Técnicas Forestales y Am- bientales - Facultad de Ciencias Forestales, UNAM - EEA Montecarlo, INTA. Eldorado, Misiones, Argentina.
- Percival, N. S.; Knowlers R.L. 1986. Relationship between *Radiata pine* and understory pasture production. Agroforestry Symposium Proceedings. Forest Research Institute, pp. 152-160
- Omar D.; Laércio C., 2006 Una visión general de sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles con Eucalipto en Brasil Con- ferencia electrónica de la FAO sobre “Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica” pp 337-354
- Shelton, H.M.; Humphreys, L.R., Batello, C., 1987. Pastures in the plantations of Asia and the Pacific: performance and pros- pects. Tropical Grasslands 21:159-167.
- Sibbald A.,R.,; Griffiths J.H.; Elston D.A. 1994. Herbage yield in agroforestry systems as a function of easily measured attri- butes of the tree canopy. For. Ecol. & Management, 65.pp195-200

# Restauración de paisajes y producción de alimentos orgánicos en sistema agroforestal

C. E. SEOANE<sup>1</sup>; J. AMARAL; S. RÉDUA; L.C. FROUFE; W. STEENBOCK.

## Resumen

El futuro de los paisajes de florestas tropicales depende si tendremos o no la visión para guiarnos para la sostenibilidad. En este aspecto las agroflorestas - sistemas agroecológicos y agroforestales - son importantes. Nosotros realizamos un estudio del paisaje a través de técnicas de GPS en trece familias de campesinos asociados a Cooperafloresta, en el sudeste de Brasil, haciendo mapas de uso de la tierra. Desde 1994 hasta 2011 Capoeiras (Florestas en regeneración) e agroflorestas reemplazaron en el paisaje la creación extensiva de ganado e agricultura de tala y quema. Las agroflorestas son un ejemplo de sabia domesticación de la paisaje, pues sus dos métodos, parcelas de agroflorestas y capoeiras, rotacionando en tiempo y espacio, resultan en un paisaje productivo sobre un intenso proceso de restauración.

**Palabras clave:** agroecología, sostenibilidad, campesinos, floresta tropical.

## Landscape restoration and organic food production on agroforestry system

### Abstract

The future of tropical rainforest landscapes depends on our vision to guide ourselves towards sustainability. In this aspect Agroflorestas, agroecology-based production on agroforestry systems have an important role. We realized a GIS land use study on thirteen family production unities, from the peasant association Cooperafloresta, Southeast Brazil, building land use maps. From 1994 to 2011 Capoeiras (secondary succession forests) and agroflorestas substituted both extensive cattle grazing and slash- and-burn agriculture systems. These results show that the agrofloresta is an example of wise nature domestication, as it's two methods, capoeiras and agroflorestas plots, rotating in space and time, results on the scale of family production unity in a productive landscape undergoing an intense restoration process.

**Key words:** agroecology, sustainability, peasants, rainforest.

<sup>1</sup> Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira km 111 cx Postal 319 Colombo\_PR, Brazil. Eduardo.seoane@embrapa.br.



## Introduction

There are already many evidences that the planet and its landscapes are undergoing a unsustainable trajectory, specially the tropical rainforest landscapes which have massively been converted to rural areas at an alarming rate. At a regional level, South America suffered the largest net loss of forests between 2000 and 2010 – about 4.0 hectares per year (FAO, 2010). Not only the future of tropical rainforest landscapes but also of the humanity as a whole depends on if we have or not the vision to guide the human activities towards sustainability (NRC, 1999; Wu, 2013). Both agroecology-based production systems and agroforestry systems have a important role on meeting the ongoing necessity of developing more sustainable food production systems. Agroecology-based production systems are meant to be biodiverse, resilient, energetically efficient, socially just and comprise the basis of an energy, productive and food sovereignty strategy. One type of agroforestry system, successional agroforestry systems, mix crops and several tree species progressively through time-increasing income, biodiversity, and ecosystem structure and function. During the successional process in both natural systems and analog crop systems, short-lived species are gradually replaced by long-lived species over a period of months to years to decades, as species requirements for soil fertility and light change, and vertical stratification increases (Vieira et al, 2009).

One example of a system that combines both agroecological and agroforestry principles is the Agrofloresta developed on Brazil by Ernst Gotsch and fellow associates. Agrofloresta is an agroecological food production agroforestry system designed from ground zero on which succession is accelerated with selective pruning to increase light levels in the understory strata, nutrients input and soil formation. It provides continuous food production and ultimately becomes an multilayer food production forest system (Vieira et al., 2009; Froufe & Seoane, 2011).

Agroflorestas are being developed at several localities. One is the Ribeira River Valley where a local peasant association – Cooperafloresta – is using Agroflorestas since 1994 (Figure 1). Steenbock et al. (2013) compared Cooperafloresta's peasants gains before and after they adopted Agroflorestas and showed that during this period they considerably bettered their life quality and the quality and variety of their food consumption. Before adopting Agroflorestas the peasants survived mainly from the production of beans in slash-and-burn agriculture and obtained yearly gains of US\$ 703. In 2011 the peasant's gains reached an average of US\$ 2160. The current markets include institutional

markets (government purchase), open-air markets and retails. Cooperafloresta sells a variety of approximately 130 raw products, among fruits, vegetables, leguminous plants and tubercles, and processed products. The principal product commercialized is banana.

Aiming to support local and worldwide political programs directed to the development of sustainable food production systems, we evaluated the outsets of the adoption of agroecological food production agroforestry systems on the livelihoods of smallholder farmers and on the landscape transformation at their producing unities.



Figura 1. 17 years old Agrofloresta. Barra do Turvo, São Paulo State, Brazil. Photography: Soraya Rédua.

## Methodology

This work was realized from 2010 through 2011 on the municipalities of Barra do Turvo, Adrianópolis and Bocaiúva do Sul, on the portion of Ribeira river Valley situated at the border between the States of São Paulo and Paraná, Brazil. The region has a steep landscape, with heights ranging from 200 to 1000 meters above sea level. The climate is classified as wet mesothermal subtropical, having a rainy and hot season from september to march, annual rainfall varying from 1.500

to 2.000 mm and annual average temperature at 21,5 °C. The predominant land uses are primary and secondary atlantic rainforest (45%) and a mosaic of slash-and-burn agriculture and extensive cattle grazing systems (60%) (figure 2)(SOS Mata Atlântica, 2013).

We realized a GIS land use study on thirteen family production unities, randomly selected from Cooperafloresta's total of 110 families. Data was collected at each family unity by walking

around each use land situation using a portable GPS accompanied by one of the families peasants, that was also asked to appoint the past land use of each land use situation. Using the program Arc View GIS 3.3., with the data gathered for each family production unity we build land use maps from 1994 to 2011. Land uses were classified on four types: 1- Atlantic Rain-forest, areas covered by primary and mature secondary Forests,

2- Capoeira, areas where traditional slash and burn agriculture and cattle grazing practices were ceased and natural forest succession regeneration was allowed to begin and go on, 3- Agroflorestas, areas under agroecological production on agroforestry systems, 4- Slash-and-burn agriculture, an modified and more destructive form of swidden agriculture and 5 – Extensive cattle grazing systems, using rudimentary technology.



Figure 2. Typical Landscape of Barra do Turvo, São Paulo, Brazil, showing a mosaic of slash-and-burn agriculture, extensive cattle pastures and rainforest patches. Photography: Eduardo Seoane.

## Results and discussion

The study of the land use shows that the average area of the thirteen families production unities is 24 hectares, ranging from 2 to 47 hectares. From 1994 to 2011 the area percentage covered by Atlantic Rain forest patches did not change, staying constant at 12% of the total area. Capoeira land use varied from 2% in 1994 to 43% in 2011. Agroflorestas were nonexistent in 1994 but occupied 30% of the total area in 2011. Capoeiras and agroflorestas substituted both extensive cattle grazing systems that diminished from 63% to only 4%, and slash-and-burn agriculture, that retrieved from 23% to 11% (Figure 3).

In 1994 a mosaic composed of slash and burn agriculture and extensive cattle grazing systems dominated the landscape of the 13 families unities surveyed, occupying 85% of their total area of these families. As occurring on many places with tropical and subtropical forest, the slash-and-burn agriculture practiced by this peasants differs from traditional slash-and burn shifting cultivation where production plots shifted from place to place over the years and the surrounding forests were allowed to regenerate unless it became the next production plot. Instead, as reported for another tropical forests, due to factors that include a biased government perception that traditional slash-and-burn agriculture is unproductive and harmful to forest conservation, the regional slash-and-burn agriculture is on an transitional state to more a intensive slash-and-burn agricultural land use, one that

deliberately prevents forest succession processes to occur trough setting the total area on fire. Fire is used also to maintain the natural successional forest process from occurring at the extended cattle grazing land use. Thus the capoeiras did not last more than two years and the natural succession processes occurred only at 12% of the total area, on the Atlantic rain forest patches.

The landscape use transformation that agroflorestas adoption brought resulted in 2011 in 85% of the total area undergoing forest succession processes, on Atlantic rain forest patches and capoeiras - natural processes at 55% of the total area - and on agroflorestas – induced forest succession – at 30 % of the total area. Thus during the 17 years surveyed the landscape matrix changed from fire using and forest succession suppression food production methods to an no fire using and forest succession inducer agroecological food production Agroforestry system.

In 2011, although the agroflorestas plots are the basis of food security and income production of the peasant families, the most common land use are the capoeiras. The capoeiras are the natural regeneration that grows after the abandonment of both slash and burn and extensive extensive cattle grazing systems. Similar as its use on traditional Slash-and burn agriculture, on the agrofloresta system the natural regeneration capoeiras are left untouched on the landscape for along time unless it is cut down to become an agrofloresta plot, because the peasant identify the capoeiras as

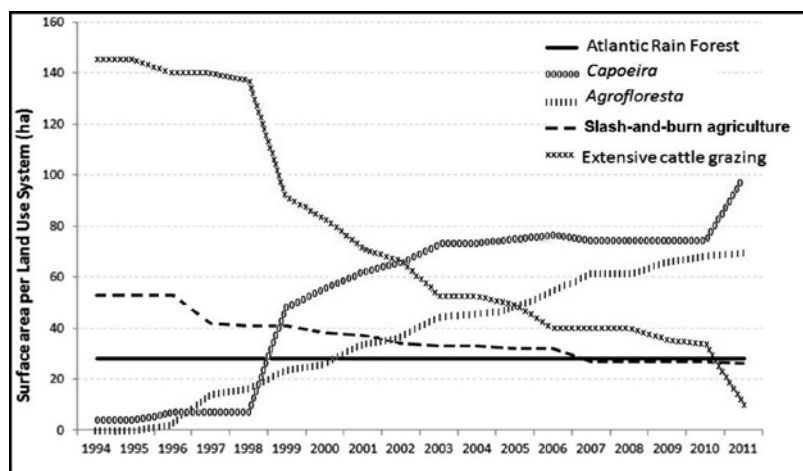


Figure 3. Changes on land use area (ha) on 13 family production units associated to Cooperafloresta, from 1994 to 2011.

areas for soil improvement, habitat for seed and pollen dispersers and other factors that will on one hand contribute to the production of surrounding agroflorestas plots and on the other serve as optimized starting points for future agroforesta plots (Steenbock et al., 2013; Seoane et al., 2012).

Vieira et al (2009) investigated Ernst Gotsch's agroflorestas plots in Bahia State, Northeast Brazil, and proposed that those should be considered a method of forest restoration, which they called agro-successional restoration, that could be used as a transition phase early in forest restoration to overcome socioeconomic and ecological obstacles to restoring these lands by extending the management period of restoration, offsetting some management costs, providing food security for small landholders, and

involving small landholders in the restoration process. We agree with the authors on their view about the agroflorestas plots, but consider that in terms of landscape restoration all the agroforesta system, including the agroflorestas plots and the capoeiras, must be considered, because it enables the restoration of a fire destructed landscape matrix.

The areas of Cooperafloresta represent less than 1% of the territory of the local municipalities (SOS Mata Atlântica, 2013). Thus, although the Cooperafloresta agroforestry is an very interesting agriculture, it has not changed significantly the landscape of the region. But the transformation on the landscape matrix occurring at these family production units is highly significant as an example to be followed, spread and adopted on tropical landscapes.

## Conclusion

The agroforesta practiced by these peasant families is an example of wise nature domestication, as it's two methods, capoeiras and agroflorestas plots, rotating in space and time, results on the scale of family production unit in a producti-

ve landscape undergoing an intense restoration process. Thus these agricultural technics are recommended to be diffused through public politics that aim the sustainability of food production.

## Acknowledgements

The research were generated trough Projeto Agroflorestas, part of EMBRAPA's Macroprograma 06, and Projeto Agroflorestar, coordinated by Cooperafloresta and sponsored by Petrobrás.

## References

- Froufe, L. C. M.; Seoane, C. E. S. Levantamento fitossociológico comparativo entre sistema agroflorestal multiestrato e capoeiras como ferramenta para a execução da reserva legal. *Pesq. Flor. Bras.*, Colombo, v. 31, n. 67, p. 203-225, 2011.
- NRC (1999) Our common journey: a transition toward sustainability. National Acad. Press, Washington, DC
- Seoane, C.E.S.; Silva, R. O.; Steenbock, W.; Maschio, W.; Pinkuss, I. L., Salmon, L. P. G., Da Luz, R. S. S.; Froufe, L. C. M. 2012. Agroflorestas e serviços ambientais: espécies para aumento do ciclo sucessional e para facilitação de fluxo gênico. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável* 2 (2) p.183-188.
- SOS MATA ATLÂNTICA/INPE. 2010. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica. Disponível em: [http://mapas.sosma.org.br/site\\_media/download/atlas-relatorio2008-2010parcial.pdf](http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas-relatorio2008-2010parcial.pdf). Acesso em 22/11/2013.
- Steenbock, W. Silva, L.C.; Silva, R.O.; Rodrigues, A.S.; Perez-Cassarino, J.; Fonini, R. (Org.) *Agroforesta, ecologia e sociedade*. Curitiba: Kairós, 2013a. 422p.
- Vieira, D.L.; Holl, K.D.; Peneireiro, F. Agro-Successional Restoration as a Strategy to Facilitate Tropical Forest Recovery. *Restoration Ecology* 17(4): 251-259, 2009.
- Wu, J. Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology*. v. 28 issue 6: p 999-1023, 2013.

# Análisis de sustentabilidad en planteos silvopastoriles para pequeños productores de Eldorado, Misiones:

## 1- Dimensión ecológica.

Avogadro, E.<sup>1</sup>; Chifarelli, D.<sup>2,3</sup>; Stevani, R.<sup>1</sup>.

### Resumen

La provincia de Misiones concentra la mayor cantidad de pequeños productores agropecuarios (PP) del país. La globalización y las políticas neoliberales provocaron un fuerte proceso de expulsión de mano de obra rural y su migración hacia los centros urbanos. Los sistemas silvopastoriles (SSP) representan una alternativa para aquellos que aún resisten la expulsión. El objetivo del trabajo fue evaluar la sustentabilidad ecológica de los SSP utilizados por PP en el departamento de Eldorado, a través de la aplicación de indicadores, contruidos de acuerdo a la metodología propuesta por Sarandón (2002). Esta metodología establece una serie de pasos para la construcción de indicadores y a través de ellos permitir la cuantificación de la sustentabilidad. Los productores seleccionados pertenecen a la clasificación de Agricultura Familiar de Chifarelli (2010): Pequeño Productor Capitalizado (PPC) el cual vende mercancías con utilización de fuerza de trabajo asalariada acumulando capital y Productor Mercantil Simple (PMS) el cual vende mercancías con utilización de mano de obra familiar y no acumulan capital. El uso de indicadores estableció que los productores capitalizados poseen índices de sustentabilidad menores a los mercantiles, siendo el punto más crítico el manejo del recurso hídrico.

**Palabras Claves:** agricultura familiar; Indicadores, establecimientos

# Sustainability analysis of silvopastoral systems for small producers from Eldorado, Misiones

### Summary

The province of Misiones have the greatest concentration of small producers (PP) of the whole country. Globalization and neo-liberal policies provoked a strong process of expulsion of rural workforce. Silvopastoral systems (SSP) appear as an alternative for those PP who still remain. The aim of this work was to assess the ecological sustainability of SSP carried on by PP in Eldorado county through the application of indicators built according to the methodology proposed by Sarandón (2002). This methodology provides steps for building indicators that allows the quantification of sustainability. The selected producers belonged to the classification of familiar farming of Chifarelli (2010): Capitalized producers which sells goods with use of wage labor hoarding capital and Commercial farmers which sells goods with use of hand family labor and do not accumulate capital. The use of indicators established that capitalized producers have lower rates to commercial sustainability, the most critical water resource management.

**Keywords:** family farming, indicators, establishments.

<sup>1</sup> Facultad de Cs. Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Av. 60 y 119, CC 31. La Plata, Buenos Aires, Argentina. mail:evangelinaavogadro@gmail.com <sup>2</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. <sup>3</sup> INTA AER Eldorado.

## Introducción

La región noreste de Argentina concentra la mayor cantidad de pequeños productores agropecuarios (PP), siendo la provincia de Misiones la que encabeza la lista.

Los PP del norte misionero se encuentran en un proceso de paulatina descapitalización desde la década del 1980 (Suares da Silva, 2012), debido a la concentración capitalista de la producción, manufacturación y comercialización de los cultivos tradicionales en manos de acopiadores y molineros. Se suma a ello, la preponderancia en la economía provincial de las actividades ligadas a la explotación forestal, caracterizadas por la instalación de empresas internacionales de capital integrado, con realización de cultivos de tipo intensivo con su correspondiente proceso de concentración (Schvorer, 2011).

La profundización de la diferenciación social agraria, ha llevado a un mayor empobrecimiento y expulsión de la población rural a los centros urbanos (particularmente obreros rurales, pequeños colonos y campesinos). Estos procesos han puesto en cuestión la supervivencia de la pequeña producción familiar en Misiones y han multiplicado los problemas de acceso a la tierra, vivienda y el trabajo en las principales ciudades de la provincia (Schvorer, 2011).

En Misiones, hasta el año 2010, el 20% de la superficie total forestada correspondía a SSP (sin tener en cuenta la superficie forestada por la empresa Alto Paraná), dentro las cuales un 15% correspondían a PP, es decir, alrededor de 50.000 ha (Peri, 2012). Estos sistemas se presentan como una alternativa productiva para aquellos productores que aún resisten la expulsión. Los SSP representan una modalidad de uso de la tierra donde coexisten interacciones ecológicas y/o económicas, positivas y negativas entre los componentes arbóreos, forrajeros y ganaderos (Cameron *et al.*, 1994). Sus efectos positivos, combinados con la utili-

zación más eficiente de la mano de obra familiar y su gran flexibilidad para adecuarse a los ciclos de precios y diferentes realidades socio-económico productivas, convierten a los SSP en una alternativa factible y sustentable (Houriet *et al.*, 2009).

Para Chifarelli (2010), la Agricultura Familiar (AF) debe ser entendida a partir de la comprensión de las relaciones sociales de producción dentro del modo de producción capitalista. La AF es practicada por los PP dentro de la producción capitalista, ya que estos actores poseen medios de producción y venden mercancías en el mercado.

Sarandón *et al.* (2006) definen a la agricultura sustentable como aquella que “permite mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales que lo soportan”. De acuerdo con este marco conceptual, la agricultura sustentable debe cumplir satisfactoria y simultáneamente con los siguientes requisitos: 1) Ser suficientemente productiva, 2) Ser económicamente viable, 3) Ser ecológicamente adecuada y 4) Ser cultural y socialmente aceptable (Sarandón *et al.*, 2009).

En el trabajo titulado “Análisis de sustentabilidad en planteos silvopastoriles para pequeños productores de Eldorado, Misiones”, Avogadro (2013) estudió el desarrollo de cada una de las tres dimensiones, las cuales se desarrollarán en trabajos separados en esta oportunidad para posibilitar un mayor grado de detalle: 1-Dimensión ecológica, 2- Dimensión social y 3- Dimensión económica.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la sustentabilidad en la dimensión ecológica (DE) de los SSP implementados por PP en Eldorado, a través de la aplicación de indicadores.

## Material y métodos

### Área de estudio

El departamento de Eldorado se encuentra ubicado al noreste de la provincia de Misiones, limitando al norte con el departamento de Iguazú, al este con los departamentos de General Manuel Belgrano y San Pedro, al sur con el departamento de Montecarlo y al Oeste con la República del Paraguay, separado por el río Paraná. Cuenta con una superficie de 1.927 Km<sup>2</sup> y se encuentra conformado por cinco municipios: Eldorado, Colonia Delicia, 9 de Julio, Santiago de Liniers y Colonia Victoria. Una amplia superficie de esta región se encuentra cultivada con pasturas y cultivos anuales, y plantaciones perennes, dentro de las cuales la yerba mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hil.) es la más importante. Dentro de los sistemas productivos de la zona, la forma de organización del trabajo prevaleciente es la basada en el aporte de mano de obra familiar (Gunther *et al.*, 2008).

### Selección de productores

Se seleccionaron intencionalmente cuatro productores que reunieran, en primera instancia las características planteadas en la clasificación de AF de Chifarelli (2010) y en segundo lugar por su interés teórico (muestreo teórico según Glasser *et al.*, 1967) para que permitieran visualizar los aspectos que serían analizados en este estudio. Al tratarse de estudio de caso, todas las conclusiones presentadas en el presente trabajo tienen el estatus de hipotéticas.

Para la realización del trabajo se realizaron entrevistas semi-estructuradas a dos productores (Tabla 1) de cada una de las siguientes categorías dentro de la clasificación de AF de Chifarelli (2010):

a) Pequeño Productor Capitalizado (PPC): vende mercancías con utilización de fuerza de trabajo asalariada y familiar. Acumula capital con mayor o menor dificultad en función de los ciclos económicos particulares. Escala de

Tabla 1. Resumen de la descripción de los productores analizados en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.

	Productor Mercantil Simple		Pequeño Productor Capitalizado	
	PMS I	PMS II	PPC I	PPC II
Organización	PUSaLi*	PUSaLi	AFGM**	AFGM
Superficie del establecimiento	Total 20 ha, 13 corresponden a monte nativo. 5,5 ha se encuentran en producción con diversidad de cultivos (venta y autoconsumo) y 1,5 ha corresponde a SSP.	Total 35 ha, de las cuales 6 corresponden a monte nativo. 2 ha se encuentran bajo SSP y las restantes con plantación de <i>Araucaria angustifolia</i> y diversos cultivos.	Total 40 ha, 5 corresponden a monte nativo. 10 ha se destinan a SSP y las restantes a potreros y cultivos para la suplementación animal.	Total 28 ha. Cerca de la totalidad de la superficie se encuentra con SSP, sólo un pequeña superficie (0,5 ha) se destina a diversos cultivos.
Composición SSP	Componente forestal: <i>Pinus</i> spp. Base forrajera: pasto jesuita gigante ( <i>Axonopus catarinensis</i> Valls). Componente animal: 8 cabezas de ganado.	Componente forestal: <i>Eucalyptus</i> spp. Base forrajera: pasto elefante ( <i>Pennisetum purpureum</i> Schum). Componente animal: 11 cabezas de ganado	Componente forestal: <i>Pinus</i> spp. Base forrajera: jesuita gigante ( <i>Axonopus catarinensis</i> Valls). Componente animal: 50 cabezas de ganado.	Componente forestal: <i>Pinus</i> spp. Base forrajera: pasto jesuita gigante ( <i>Axonopus catarinensis</i> Valls), pasto alambre ( <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandú), y pasto estrella ( <i>Cynodon plectostachyus</i> ). Componente animal: 35 cabezas de ganado.

\* Productores Unidos de Santiago de Liniers. \*\* Asociación Foresto-Ganadera de Misiones.

extensión de su explotación generalmente menor a 100 ha y mayor a 25 ha.

b) Productor Mercantil Simple (PMS): vende mercancías con utilización de mano de obra familiar y compra puntual de fuerza de trabajo. No acumula capital. Escala de extensión de su explotación generalmente menor a 50 ha y mayor a 20 ha.

### Construcción, estandarización y ponderación de los indicadores

Un indicador es una variable, seleccionada y cuantificada que nos permite ver una tendencia que de otra forma no es fácilmente detectable (Sarandón, 2002).

Los indicadores empleados en este trabajo se construyeron de acuerdo a la metodología propuesta por Sarandón (2002). Esta metodología permite la cuantificación y análisis objetivo de la sustentabilidad y consiste en una serie de pasos que conducen a la obtención de un conjunto de indicadores adecuados para evaluar los puntos críticos de la sustentabilidad de los agroecosistemas (Sarandón *et al.*, 2009).

Los datos obtenidos, a partir de las entrevistas y observaciones a campo, fueron estandarizados mediante la transformación a una escala de 0 a 3, siendo 0 el valor más bajo de sustentabilidad y 3 el mayor valor. Esto permite la comparación entre datos que se expresan en unidades diferentes.

Posteriormente, los indicadores fueron ponderados multiplicando el valor de la escala por un coeficiente de acuerdo a la importancia relativa de cada variable respecto a la sustentabilidad (Sarandón *et al.*, 2006). La ponderación se realizó por discusión y consenso entre los autores, el criterio que se utilizó para ponderar con el valor de 2 a ciertos indicadores fue que esa variable debía mantenerse indefectiblemente en el tiempo para que el planteo silvopastoril continuará formando parte del proceso productivo del establecimiento.

Se definió un valor umbral o mínimo, el cual fue establecido consultando la bibliografía referente en la temática, por encima del mismo el sistema podía considerarse sustentable. Este valor debía ser igual o mayor que el valor medio de la escala, es decir, 1,5.

## Resultados

Tabla 2. Resumen de las dimensiones, categorías e indicadores aplicados en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.

Dimensión	Categoría	Indicador
Ecológica	Suelo	Degradación del Suelo
		Manejo de los Residuos *
		Sobrepastoreo *
		Uso de Agroquímicos
	Biodiversidad	Monte Nativo *
		Interacción de Componentes *
	Agua	Manejo del Recurso Hídrico*
Social	Aceptabilidad	Aceptabilidad de los Sistemas*
	Calidad de Vida	Riesgo a la Salud*
		Composición Mano de Obra*
	Participación Social	Vinculación con el Medio
		Capacitación
Económica	Producción	Superficie de Producción
		Producción de Carne *
		Producción de Madera
	Rentabilidad	Rentabilidad
	Riesgo económico	Diversificación *
		Insumos Externos

\*Indicador ponderado con el valor de 2.

En la Tabla 2, se observan la totalidad de los indicadores construidos en Avogadro (2013), para las tres dimensiones analizadas en el estudio.

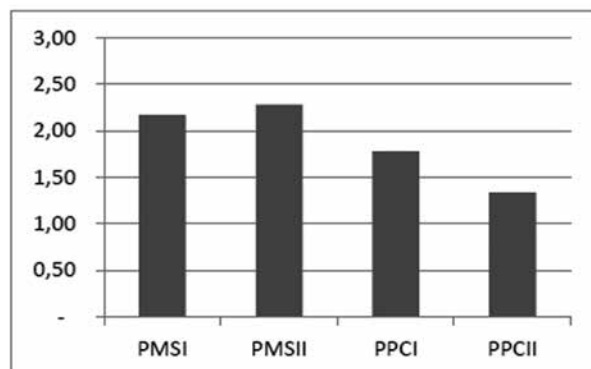


Gráfico 1. Valores de la DE en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.

En el Gráfico 1, se encuentra el valor general de la DE para los cuatro establecimientos analizados. Siendo el PPCII el único con un valor por debajo del umbral (1,5), lo cual significa que el establecimiento no alcanza el nivel mínimo de sustentabilidad en el aspecto ecológico. Los demás, se encuentran todos por encima del umbral, siendo PMSII el de mayor valor (2,28).

En el Coeficiente de Variación (CV) de la Tabla 3, se observa el alto grado de variación en la dimensión (22,66%), explicada principalmente por variación entre los grupos de productores (PMS y PPC) y no dentro de los mismos.

La categoría *Agua* expresa el mayor grado de variación entre los establecimientos (57,74%), siendo el mayor valor para el grupo PMS y muy por debajo del umbral para PPC. En *biodiversidad* PMS I y PPC II se encuentran en el límite del umbral y los dos restantes por encima, demostrando en este caso que la variación no se presenta para esta categoría entre los grupos sino entre establecimientos. En la categoría *Suelo*, tres establecimientos coinciden en el valor de dos y PPC

Tabla 3. Valores, Promedio, Coeficiente de Variación (CV) y Total de las categorías de la DE en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.

	Categorías			
Productor	Suelo	Biodiversidad	Agua	Total DE
PMS I	2,00	1,50	3,00	<b>2,17</b>
PMS II	1,83	2,00	3,00	<b>2,28</b>
PPC I	1,83	2,50	1,00	<b>1,78</b>
PPC II	1,50	1,50	1,00	<b>1,33</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,79</b>	<b>1,88</b>	<b>2,00</b>	<b>1,89</b>
<b>CV</b>	<b>11,71</b>	<b>25,53</b>	<b>57,74</b>	<b>22,66</b>

II se encuentra en el límite del umbral, siendo esta la categoría con menor variación (11,71%) dentro de la dimensión. En el Gráfico 2, es posible observar que los integrantes del grupo PMS (PMSI y PMSII) obtienen valores por encima del punto crítico para los indicadores: *Recurso Hídrico*, *Degradación del Suelo*, *Manejo de los Residuos*, *Sobrepastoreo*, *Uso de Agroquímicos* y *Monte Nativo*. Únicamente, en el indicador *Interacción entre Componentes*, ambos integrantes del grupo muestran un valor por debajo del umbral establecido. Ahora bien, cuando se realiza el mismo análisis con los integrantes del grupo PPC (PPCI y PPCII), se observa que por encima del umbral solo obtienen va-

lores para los indicadores *Interacción entre Componentes* y *Sobrepastoreo*. En *Recurso Hídrico* ambos productores coinciden en un valor muy crítico (1). En lo que respecta a la *Degradación del Suelo*, PPCI se encuentra por debajo del umbral, mientras que PPCII se ubica por encima; pero esta relación se revierte en los indicadores *Manejo de los Residuos* y *Uso de Agroquímicos*, ya que es PPCII quien se encuentra por debajo del umbral. *Monte Nativo* para PPCII muestran el valor más crítico de toda la dimensión (0) y contrariamente el PPC I, perteneciente al mismo grupo, obtiene el mayor valor posible para el mismo indicador (Gráfico 2).

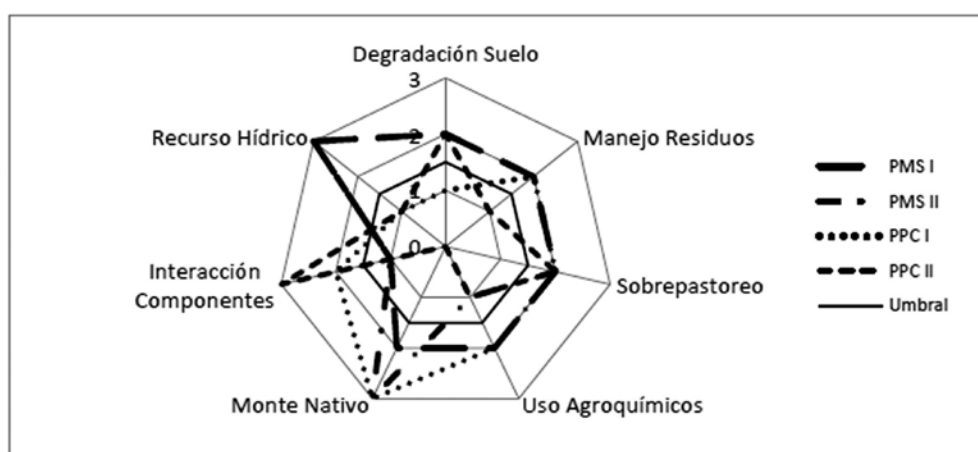


Gráfico 2. Representación en un gráfico tipo tela de araña de los valores de los indicadores pertenecientes a la DE en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.

## Discusión

En el trabajo se pudo constatar que los productores eligen a los SSP por los beneficios otorgados (protección del ganado, mayor producción de forraje, etc.), los cuales repercuten en aspectos económicos y ecológicos. En relación a esto, Lacorte

*et al.* (2009) aseguran que los servicios que brinda cada componente hacia los otros, en los SSP correctamente manejados, no generan situaciones de competitividad entre sí e incrementan la productividad total por unidad de superficie, y que esto



es debido a que se mejora la estructura y fertilidad del suelo y de esta manera se incrementa la producción y/o calidad del forraje y del ganado ya que este cuenta con mayor confort.

Uno de los aspectos más críticos planteado por los productores, fue la dificultad que representa el manejo de la interacción entre los componentes del sistema (forraje, ganadero y forestal). Respecto a esta complejidad Kurtz *et al.* (2011) mencionan que el conocimiento de los diferentes grados de interacción y su manejo, son claves para la utilización racional y sustentable del sistema. Además estos autores confirman que una de las mayores dificultades que se presentan para los PP es manejar correctamente los sistemas, pero que aquellos que ya lo lograron obtienen el beneficio económico/ecológico buscado.

Otro de los puntos que se desprenden del análisis de esta dimensión, es que para los Productores Mercantiles (PMS) existe una mayor conciencia en aspectos ecológicos en comparación a los Productores Capitalizados (PPC), debido a que estos últimos buscan en cierta medida acumular capital a costa del recurso natural. Además, los capitalizados, pueden intensificar más la producción y aumentar la explotación en su

predio ya que cuentan con el capital necesario para hacerlo. Esto se pudo observar cuando se analizó cual es la idea que los productores tienen respecto al manejo adecuado del *Recurso Hídrico* o el hecho de que los productores opten por dejar en el lugar los residuos de las prácticas de poda y raleo, además de la importancia de la conservación del *Monte Nativo* en el establecimiento. Siendo todos estos aspectos fundamentales para la conservación de la biodiversidad del ecosistema donde se llevan adelante los SSP. Por otro lado, la pertenencia a diferentes organizaciones explica también estas diferencias en los niveles de conciencia de aspectos ecológicos<sup>1</sup>.

Respecto a los beneficios ambientales que los SSP ofrecen, Laclau (2012) comenta que dependiendo el ambiente en el que se instalen, producirán impactos presumiblemente positivos en la conservación de la biodiversidad, la regulación de los flujos hídricos, el ciclo de nutrientes, además de la fijación de carbono atmosférico.

Ahora bien, si la implementación de un lote bajo SSP representa la deforestación del monte nativo, esto sería un punto demasiado crítico para el sistema, lo que dejaría en evidencia que ya no es sustentable, como en el caso del PPC II.

## Conclusión

El uso de indicadores permitió aproximarse al nivel de sustentabilidad de los establecimientos estudiados y, como aspecto a resaltar, estableció los puntos más críticos dentro de estos SSP específicos.

Existe una mayor conciencia ecológica por parte de los productores pertenecientes al grupo PMS, ya que estos anteponen conservar el ambiente en el cual se encuentra el establecimiento y sus familias, a las ganancias económicas que podrían recibir por la explotación del recurso. Esto se

explica a partir del perfil socioeconómico y del grado de conciencia generado en la organización de productores a la que pertenecen.

Al mismo tiempo, aquellos establecimientos en los cuales la DE se ubicó por debajo o al límite del umbral de sustentabilidad (PPC I y PPC II) deben reconsiderar de forma inmediata sus planteos productivos en relación a los aspectos ecológicos, siendo el manejo del recurso hídrico el punto más crítico a trabajar.

## Agradecimientos

Al Componente 2 Plantaciones Forestales Sustentables de la UCAR por permitirnos concretar este trabajo. A los integrantes de la agencia de Extensión Rural INTA Eldorado. A los médicos veterinarios Andrea Pantiu y Jorge Libutsky por su buena predisposición. A los productores por recibirnos tan amablemente.

<sup>1</sup> Del análisis realizado se desprende que en el caso de PUSALI hay una fuerte vocación por trabajar la conciencia ecológica de sus asociados, eje que no es tan intensamente trabajado en el caso de la Asociación Foresto Ganadera de Misiones.

## Bibliografía

- Avogadro, E. G., 2013. "Análisis de sustentabilidad en planteos silvopastoriles para pequeños productores de Eldorado, Misiones". Trabajo de tesis para acceder al título de Ingeniera Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Octubre, 2013.
- Cameron, C., Drance, S., Edwards, D., Jones, D., 1994. Árboles y pasturas: Un estudio sobre los efectos del espaciamiento. Agroforestería de las Américas. Pp. 8-9. (Traducido por Adrienne Giemenes).
- Chifarelli, D., 2010. Acumulación, Éxodo y Expansión: un análisis sobre la agricultura familiar en el norte de Misiones. 1ª ed. Buenos Aires: Ediciones INTA. Pp. 34-123.
- CNA, 2002. Censo Nacional Agropecuario 2002.
- Glasser, B., Strauss, A., 1967. "The Discovering of Ground Theory: Strategies for Qualitative research". Aladine Publishing Company, New York. Pp. 110-145.
- Gunther, D.F, Correa M., Lysiak, E., 2008. Zonas agroecológicas homogéneas y sistemas de producción predominantes de la Provincia de Misiones. Boletín INTA EEA Cerro Azul, Misiones (Argentina). Pp. 9-87.
- Houret, J. L., Rossner, M. B., Colcombet, L., 2009. Implementación de sistemas silvopastoriles en establecimientos de pequeños productores de Misiones, Argentina. Actas 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos sociales-equidad, Posadas, Misiones. Pp. 5.
- Kurtz, V.D., Toloza, R., 2011. Asociativismo: Una herramienta estratégica para la transferencia de tecnología y el desarrollo de productores agro-forestal-ganaderos de la provincia de Misiones. Estrategias y experiencias para el trabajo en extensión. INTA, Misiones-Argentina. Pp.3-7.
- Laclau, P., 2012. Consideraciones económicas y ambientales para la toma de decisiones en sistemas silvopastoriles. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Santiago del Estero. Pp. 359-369.
- Lacorte, S. M.; Esquivel, J. I., 2009. Sistemas silvopastoriles en La Mesopotamia Argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Posadas. Misiones. Argentina. Pp. 70-82.
- Peri, P. L., 2012. Implementación, manejo y producción en Sistemas Silvopastoriles: enfoque de escalas en la aplicación del conocimiento aplicado. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Santiago del Estero. Pp. 8-13.
- Sarandón, S.J., 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En Agroecología. El Camino hacia una agricultura sustentable (Sarandón, S.J, ed.). Ediciones Científicas Americanas. Pp. 393-414.
- Sarandón, S.J., Zuluaga, M.S., Cieza, R., Gómez, C., Janjetic, L., Negrete, E., 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. Revista Agroecología. Pp. 19-28.
- Sarandón, S.J., Flores, C.C., 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. Revista Agroecología, España. Pp. 19-28.
- Schvorer, E. L., 2011. Estructura social agraria, Estado y conflictos sociales. Las circunstancias de una historiografía regional. Ponencia presentada en las XIII Jornadas Interescuelas-Departamentos de Historia, Catamarca, agosto del 2011 (versión revisada). Misiones. Pp. 15-16.
- Suares Da Silva, J. C., 2012. Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas productivos en chacras de pequeños productores en el departamento General Manuel Belgrano provincia de Misiones, Argentina. Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires, Área de Desarrollo Rural. Pp. 43-75.

## Diversidad de escarabajos coprófagos en sistemas silvopastoriles del Valle del río Cesar, Colombia.

Montoya-Molina, S.<sup>2,1</sup>; Giraldo-Echeverri, C.<sup>1</sup>; Montoya-Lerma, J.<sup>2</sup>; Escobar, F.<sup>3</sup>,  
Chará, J.<sup>1</sup> & Murgueitio, E.<sup>1</sup>.

### Resumen

Los escarabajos estercoleros son los organismos que pueden realizar la remoción y relocalización del estiércol en las fincas ganaderas y por lo tanto, su presencia es fundamental para garantizar la adecuada remoción de bostas en los sistemas de pastoreo. Esta investigación evaluó qué tanta diversidad de escarabajos estercoleros se gana o se pierde como resultado de la reconversión de pastos a libre exposición sin árboles hacia sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) en tres fincas ganaderas del valle del río Cesar en la región del Caribe seco de Colombia. Se muestrearon tres usos de suelo (pastos sin árboles - PSA, sistema silvopastoril intensivo - SSPi y bosque nativo). Se realizaron análisis de diversidad a partir del número de especies efectivas. Los escarabajos se capturaron con 12 trampas de caída cebadas con estiércol humano y de cerdo (proporción 1:1). En los bosques se encontraron 28 especies, en los SSPi 18 especies y en las PSA 10 especies. Los resultados sugieren que la cobertura de dosel de los SSPi favorece el establecimiento de especies del bosque y permite la recuperación de ensamblajes de escarabajos que están biológicamente limitados a hacer uso de los pastos sin árboles.

**Palabras claves:** *Escarabajos estercoleros, sistemas silvopastoriles, biodiversidad, fauna nativa, pastos sin árboles*

### Abstract

Dung beetles have an important role in removing and relocating cattle dung in livestock farms. This study evaluated dung beetle species turnover (gain vs losses) as a result of the process of reconversion from pastures to intensive silvopastoral systems (ISPS) in three cattle farms in the Caribbean area of the Cesar River Valley of Colombia. Dung beetles were sampled in three soil uses: Forest, ISPS, and improved pastures using 12 baited traps. Analysis of diversity was determined in terms of effective species number. The number of species was higher in forests (28) than in ISPS (18) and pastures (10). Analysis of the results suggests that the canopy cover of the ISPS favors the establishment of forest dung beetle species and permits the recovery of dung beetle assemblages which are limited to the use of open pastures.

**Key words:** *Dung beetles, Silvopastoral systems, biodiversity, native fauna, improved pastures*

<sup>1</sup> Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV. Carrera 25 No. 6-62, Cali, Colombia. horomo@gmail.com; <sup>2</sup>Grupo Geahna, Universidad del Valle, Cali, Colombia; <sup>3</sup>Red de Ecoetología, Instituto de Ecología, Xalapa, México.

## Introducción

En el valle del río Cesar, en la región Caribe seco de Colombia, se presenta una alta fragmentación del bosque seco original, con un deterioro ambiental alarmante por la pérdida de la capacidad productiva del suelo y más del 27% de las tierras en proceso de desertización (Corpocesar, 2007). El exceso de labranza y el uso de agroquímicos durante la época de la producción intensiva de algodón, en décadas pasadas, y posteriormente, la expansión de la frontera agrícola para el establecimiento de monocultivos de pasto para la producción ganadera, ocasionaron un deterioro severo de los suelos de la región (Corpocesar, 2007).

En la búsqueda de soluciones para mejorar los parámetros productivos de la producción ganadera, aumentar la conectividad entre los fragmentos de bosque y recuperar la fertilidad de los suelos, se han establecido desde el año 2006, los Sistemas Silvopastoriles intensivos (SSPi), como alternativa para la rehabilitación de las tierras ganaderas en la región Caribe seco de Colombia (Murgueitio *et al.*, 2008).

Diversas investigaciones han demostrado que en los SSPi de esta región, se presenta un incremento en la carga animal y producción de carne, leche y crías (Murgueitio *et al.* 2011) y además se recuperan organismos benéficos que contribuyen a mejorar la regulación natural de plagas en los sistemas de pastoreo (Giraldo *et al.*, 2011; Reyes *et al.*, 2011) y se generan condiciones microclimáticas que favorecen el bienestar de los animales (Cuartas *et al.*, 2014).

Los escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) son un grupo importante de insectos que se encuentra muy bien representados en las zonas tropicales y en Colombia con aproximadamente 283 especies. Son organismos indicadores de la salud del agropaisaje ganadero, debido a su importancia para la dinámica y funcionamiento del sistema productivo. Estos organismos son los encargados de la remoción y relocalización del estiércol bovino, la incorporación de materia orgánica al suelo, la bioturbación (modificaciones producidas en el sedimento por la actividad de los seres vivos), el control de moscas hematófagas y parásitos gastrointestinales por competencia de hábitat (Giraldo *et al.*, 2011; Nicholls *et al.*, 2008).

El microhabitat generado por la elevada interceptación de luz realizada por los árboles y arbustos forrajeros en el SSPi, así como los periodos de descanso en el pastoreo rotacional favorecen la actividad de los escarabajos y lombrices de tierra, pero ¿qué tanta biodiversidad de escarabajos estercoleros se pierde o se gana como resultado de la reconversión productiva con SSPi en el agroecosistema ganadero de trópico seco?. Responder a esta pregunta permite argumentos adicionales para la reconversión del pastoreo extensivo hacia SSPi por una eventual contribución a la retención de especies de escarabajos nativos en paisajes ganaderos y complementan la función de los bosques en cuanto a la conservación de especies a nivel regional.

## Materiales y Métodos

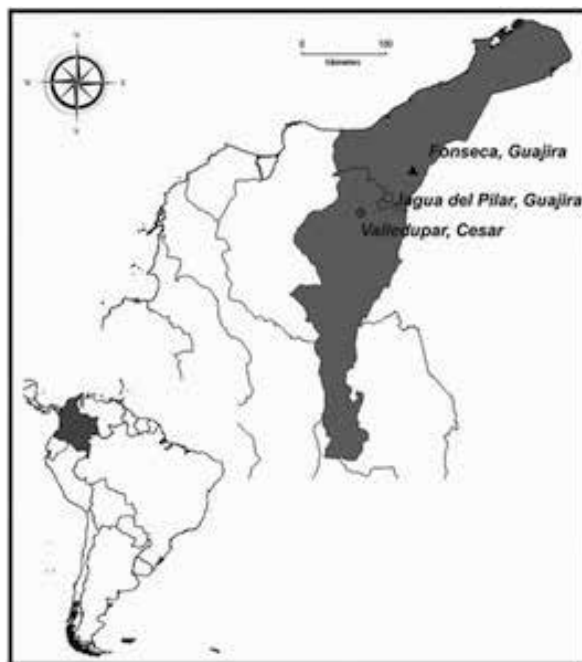


Figura 1. Localización de los sitios de muestreo en el valle del río Cesar (Colombia).

### Zona de estudio

El estudio se llevó a cabo en tres fincas ganaderas (La Arcadia, La Pradera y Salsipuedes), localizadas en el valle del río Cesar en los departamentos de Cesar y Guajira, Colombia, entre los 165 y 216 metros de altura sobre el nivel de mar (Figura 1). La precipitación promedio anual y la temperatura de la región son 1.100 mm y 25°C, respectivamente.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques con tres tratamientos y tres repeticiones. En las tres fincas seleccionadas como bloques, se muestrearon tres usos del suelo 1) pastos sin árboles - PSA; 2) Sistema Silvopastoril Intensivo - SSPi y 3) bosque nativo (bosque seco tropical).

Los PSA son el sistema ganadero predominante en la región. Consisten en monocultivos de pastos en su mayoría de origen africano de los géneros *Dichanthium*, *Botriochloa*, *Megathyrsus*, *Cynodon* principalmente, con mínima o nula cobertura arbórea y con pastoreo continuo o rotaciones alternas poco rigurosas.

Los SSPi evaluados en la presente investigación, tenían tres años de establecidos, incluían la consociación del pasto Tanzania, *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs var. Tanzania de crecimiento cespitoso; el pasto estrella africana, *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg.C.

como cobertura rastrera, y el arbusto *Leucaena leucocephala* var. Cunningham para ramoneo directo. En el dosel se encuentran árboles nativos de porte medio dispersos en potreros, *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose de la familia Bignoniaceae; *Guazuma ulmifolia* Lam., de la familia Malvaceae y el árbol maderable *Eucaliptus tereticornis* de familia Myrtaceae. Los bosques de las fincas presentan una alta fragmentación y se encuentran en una matriz ganadera. La vegetación es característica de bosque seco tropical (Bs-T) (Holdridge, 1978).

Para la captura de escarabajos en el área central de cada uso de la tierra (tratamientos), se dispusieron 12 trampas de caída en tres transectos paralelos de 30 x 45 metros, cebadas con 35 g de una mezcla 1:1 de excrementos (humano y cerdo).

Las trampas fueron revisadas y recebadas cada 24 horas en dos ocasiones. Las muestras fueron lavadas y secadas en campo y almacenadas en seco para su posterior identificación taxonómica. La diversidad fue analizada a partir del número efectivo de especies. La diversidad de orden 0 ( $q=0$ ) muestra la riqueza de las especies obtenidas por uso de suelo; la de orden 1 ( $q=1$ ), corresponde al valor exponencial del índice de Shannon (Equitatividad) y muestra la diversidad dándole una mayor prioridad a las especies más comunes. La de orden 2 ( $q=2$ ), es el valor del inverso del índice de Simpson y presenta la diversidad respecto a las especies dominantes (Moreno *et al.*, 2011). Durante las colectas se midieron variables y factores medioambientales de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), humedad relativa (%), cobertura de dosel y cobertura de suelo.

## Resultados y discusión

Se colectaron en total 5.349 individuos, pertenecientes a 17 géneros y 30 especies. La diversidad de orden 0 ( $q=0$ ) presenta al bosque nativo como el uso del suelo más diverso en escarabajos estercoleros (28 especies; 93,3%), seguido por el SSPi (entre que presenta una riqueza intermedia (18 especies; 60%) y los PSA con la menor diversidad (10 especies; 33,3%) (Figura 2).

Al analizar la riqueza de especies colectadas con la medida de diversidad de orden 1 ( $q=1$ ) que tiene en cuenta las especies más frecuentes y orden 2 ( $q=2$ ) que analiza las especies dominantes, se encontró que los bosques y los SSPi tienen mayor diversidad de escarabajos estercoleros y son similares entre sí, pero difieren notablemente de los PSA (Figura 2).

Los fragmentos de bosque presentaron una cobertura de dosel promedio de 98,3% y los SSPi de 55,2%. Los PSA no tienen árboles asociados, por lo cual su cobertura es cero (Figura 3). En términos de la magnitud del cambio de la diversidad, utilizando los valores de diversidad de orden 1, se encontró que la diversidad del bosque es 1,0 veces mayor que la del SSPi de tres años de establecidos y 1,58 veces mayor que la de PSA, mientras que el SSPi es 1,57 veces mayor que PSA. Esta mag-

nitud de la diferencia entre usos del suelo evidencia que la reconversión productiva con SSPi, se gana el 36,4% de la diversidad presente en los PSA y se pierde el 0,61% de la diversidad del bosque, lo cual sugiere que los SSPi funcionan como reservorios de especies de escarabajos en áreas productivas y pueden ser complementarios a la función de conservación de los bosques nativos. El escaso tiempo de establecidos y manejados (3 años) permite sugerir que la diferencia entre el bosque nativo y los SSPi se reducirá en el futuro.

Con respecto a la abundancia por hábitat, el 54,3% de los escarabajos (2.907 individuos) fue capturado en el bosque nativo, caracterizado por especies con gran abundancia como *Canthidium* sp. 04 H, *Dichotomius* sp. 04 H y *Canthon* sp. 08 H. El 37,6% (2.014 individuos) se capturó en el SSPi, en donde las especies con mayor abundancia fueron *Canthon* sp. 10 H, *Canthidium* sp. 04 H y *Dichotomius* sp. 04 H. El 8% restante (428 individuos) se encontraron en los PSA, representados en su mayor parte por las especies *Dichotomius* sp. 04 H, *Canthon* sp. 10 H y *Onthophagus marginicollis*. Las 30 especies que fueron capturadas en las fincas ganaderas, son especies típicas de los Bosques Secos Tropicales de Colombia

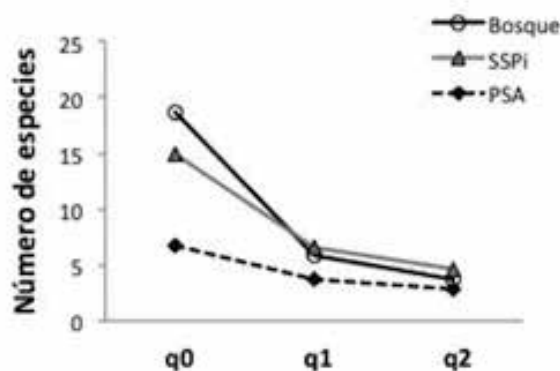


Figura 2. Número de especies de escarabajos estercoleros de acuerdo a los perfiles de diversidad q0, q1 y q2.

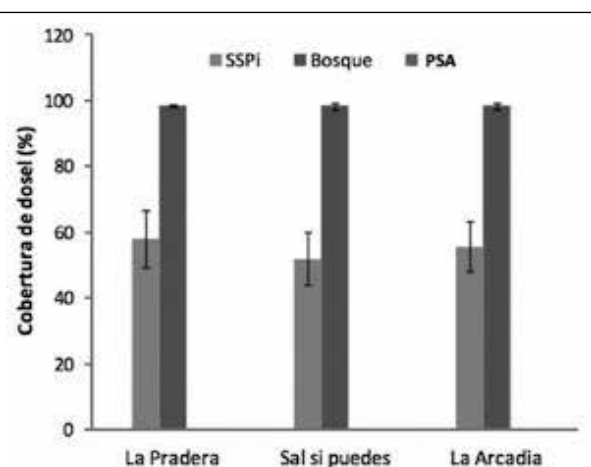


Figura 3. Cobertura de dosel (%) por uso del suelo, en las fincas ganaderas del valle del río Cesar.

(Martínez *et al.*, 2010; Bustos-Gómez & Lopera- Toro, 2003; Escobar, 1997).

La riqueza intermedia de especies en los SSPi, posiblemente se debe al incremento de la cobertura de dosel con respecto a los PSA y al aumento en la heterogeneidad de hábitat que se presenta en el sistema debido a los diferentes estratos en que se distribuyen las plantas en el sistema; los procesos de descanso en el pastoreo rotacional (40 ó más días) y la humedad del suelo protegido, lo cual puede el establecimiento de especies más exigentes en cuanto a calidad de hábitat, y facilitar el movimiento de éstas entre el bosque y los sistemas de pastoreo. Diversas investigaciones han demostrado que los SSPi que incluyen *Leucaena leucocephala* como arbusto forrajero, y árboles nativos asociados al sistema, están actuando como reservorios de la biodiversidad y contribuyen a la con-

servación y el mantenimiento de la diversidad de las especies y sus procesos ecológicos (Rivera *et al.*, 2013; Arellano *et al.*, 2013; Giraldo *et al.*, 2011; Reyes *et al.* 2011). Así mismo, Arellano *et al.*, (2013) y Rös (2012) sugieren que la naturaleza heterogénea de los sistemas silvopastoriles y el dinamismo de muchos de sus elementos, están ayudando la colonización de especies que tienen abundancias altas en otros paisajes.

Por su parte, en los PSA, donde no existe cobertura vegetal, la riqueza de especies es muy baja, y se presenta una marcada dominancia de *D. gazella* y *O. marginicollis*. Estos potreros a libre exposición del sol, que soportan temperaturas superiores a 35°C durante el día, favorecen la colonización y dominancia de escarabajos oportunistas que por su historia de vida, tienen mayor capacidad para adaptarse a sitios abiertos (Arellano *et al.*, 2008; Montes de Oca, 2001).

## Conclusiones

En el agroecosistema ganadero de trópico seco de la región caribe, los sistemas silvopastoriles intensivos SSPi favorecen la recuperación de la fauna de escarabajos estercoleros en las fincas ganaderas en poco tiempo (3 años) y complementan la

función de los bosques nativos en la protección y conservación de especies nativas. Transformar las áreas de pastoreo extensivo con degradación de suelos a SSPi incrementa no solo la producción ganadera sino la diversidad de escarabajos.

## Literatura citada

- Arellano, L. & León-Cotés, J. 2008. Patterns of abundance and movement in relation to landscape structure: a study of a common scarab (*Canthon cyanellus cyanellus*) in Southern Mexico. *Landscape Ecology*, 23, 69-78.
- Arellano, L., León-Cortés, J., Halfiter, G. & Motero, J. 2013. *Acacia* woodlots, cattle and dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in a Mexican silvopastoral landscape. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 650-660.
- Behling- Miranda, C.H. 2006. Contribución del escarabajo estercolero africano en la mejoría de la fertilidad del suelo. *X Seminario de Pastos y Forrajes*, 187-200.
- Bustos-Gómez, F. & Lopera, A. 2003. Preferencia por cebo de los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un remanente de bosque seco tropical al norte del Tolima (Colombia). *M3m monografías tercer milenio SEA*, 3(30), 59-65.
- Corpocesar. 2007. Plan de acción regional para la lucha contra la desertificación y la sequía en el departamento del Cesar, con énfasis en la región del río Cesar. Convenio 172/2004, pp. 90, Bogotá, Colombia.
- Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., Tarazona, A. M., Murgueitio, E., Chará, J., Ku, J., & ... Barahona, R. 2014. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 27, 76-94.
- Escobar, F. 1997. Estudio de la comunidad de coleopteros coprofagos (Scarabaeidae) en un remanente de bosque seco al norte del Tolima, Colombia. *Caldasia*, 19(3), 419-430.
- Giraldo, C., Escobar, F., Chará, J. D., & Calle, Z. 2011. The adoption of silvopastoral systems promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. *Insect Conservation and Diversity*, 4, 115-122.
- Holdridge, L. R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA): Serie de libros y materiales educativos. No. 34.
- Janzen, D. 1988. Tropical Dry Forest: The most threatened major tropical ecosystem. (eds. by E. O. Wilson & F. M. Peters),. National Academy Press, Washington, United States. Biodiversity, pp. 130-137.
- Martínez, N. J., Cañas, L.M., Rangel, J.L., Barraza, J.M., Montes, J.M. & Ricardo Blanco, O. 2010 Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un fragmento de bosque seco tropical en el departamento del Atlántico, Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 11(1), 21-30.
- Montes de Oca, E. 2001. Dung beetles in continuous forest, forest fragments and in an agricultural mosaic habitat island at Los Tuxtlas, Mexico: Importancia del paisaje en la composición de un gremio funcional. *Acta Zoológica Mexicana*, 82, 111-132.

- Moreno, C., Barragán, F., Pineda, E. & Pavón, N.P. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1249-1261.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A. & Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261: 1654-1663.
- Murgueitio, E., Cuartas, C., & Naranjo, J. F. (Eds.). 2008 *Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo*. Fundación CIPAV. Cali, Colombia. 489p.
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezquita, S., & Favila, M. E. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141, 1461–1474.
- Reyes, K., Giraldo, C., Uribe, F., & Murgueitio, E. 2011. Insectos en climas extremos en SSPI. *Revista Carta Fedegan*, 124, 102–105.
- Rivera, L., Armbrrecht, I., & Calle, Z. 2013. Silvopastoral systems and ant diversity conservation in a cattle-dominated landscape of the Colombian Andes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 181, 188–194.
- Rös, M., Escobar, F. & Halffter, G. 2012. How dung beetles respond to human-modified variegated landscape in Mexican cloud forest: a study of biodiversity integrating ecological and biogeographical perspectives. *Diversity and Distributions*, 1-13.

# Estudio de composición florística nativa del sistema silvopastoril y campo natural del sureste uruguayo

S. Huertas<sup>1</sup>; H. Bueno<sup>\*1</sup>; P. Bobadilla<sup>2</sup>; C. Polla<sup>4</sup>; E. Murgueitio<sup>5</sup>; F. Vila<sup>1</sup>; D. César<sup>3</sup>; J. Piaggio<sup>1</sup> & A. Gil<sup>1</sup>

## Resumen

El objetivo del estudio fue analizar los atributos de la composición florística de pasturas nativas en el sistema silvopastoril (SSP), respecto a las halladas en el sistema de campo natural (CN) en Uruguay, siendo esta, una línea innovadora de trabajo en el país. Se desarrolló en un establecimiento rural al sur-este, en las coordenadas 33°45'49,51"S y 55°04'14,12"O. Los sistemas de estudio fueron CN de una superficie de 100 ha y lindero el SSP de 200 ha. Los grupos de suelos localizados según Índice CONEAT son 2.12 y 2.11a. El SSP se compone de *Eucalyptus globulus* de 3 años, diseño de la plantación de 4 por 2 metros y una densidad de 1250 plantas/ha. La carga animal en los sistemas es en CN de 0,8 y 0,9 animales en SSP, con ganado Hereford de 2 años de edad. Se realizó un muestreo de especies botánicas con el fin de identificarlas y cuantificar su frecuencia relativa (Fr), superando el 8% en el sistema de CN: *Axonopus spp.*, *Paspalum notatum* y *dilatatum*, acompañados de malezas (hierbas) enanas y en el SSP: *Paspalum dilatatum*, *Piptochaetium stipoides*, *Cynodon dactylon* y malezas enanas, pudiendo atribuir esta diferencia al microclima generado por el componente forestal. Las especies identificadas se caracterizaron (Rosengurt, 1979) y algunas de ellas son de interés productivo, como el *Paspalum dilatatum*. Información que puede utilizarse para realizar prácticas de manejo adecuadas con el fin de mejorar su productividad y el consumo de la carga animal. El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener de ambos sistemas fue para el SSP de 2,83 y 2,71 para el CN, infiriendo que los ambientes generados en los distintos sistemas influyen en la frecuencia y aparición de especies nativas mencionadas.

**Palabras claves:** producción animal, pasturas naturales, sistemas mixtos.

## Native floristic composition study of silvopastoral system and natural grassland of southeast Uruguay

## Abstract

The goal of the research was to analyze the floral composition of native pastures in a Silvopastoral System (SPS), compared with the natural pasture composition found in natural grassland (NG), in Uruguay. SPS are a recent incorporation for the production of beef cattle in this country. This survey was undertaken in a Beef Cattle Farm located in the South-East of the country (33°45'49,51"S 55°04'14,12"W). The surface under study was 100 hectares for the NG and 200 hectares for the SPS. The soil according to the CONEAT Index (MGAP, 1994) was classified as 2.12 and 2.11a. The SPS is composed of 3 years old *Eucalyptus globulus*, planted in a 4x2 meters design, with a density of 1250 plants/hectares. The animal load in the systems were 0.8 for NG and 0.9 in SPS and consists of 2 years old Hereford cattle average weight 314 SD 27.9. Sampling of the botanical species for identification and quantification (relative frequency) purposes were performed for over 8% of the NG system surface: *Axonopus spp.*, *Paspalum notatum* and *P. dilatatum* altogether with non productive dwarf weeds were found. For over 8% of the SPS surface, we found: *Paspalum dilatatum*, *Piptochaetium stipoides*, *Cynodon dactylon* and dwarf weeds. The difference between systems could be attributed to the microclimate generated by the forestry component. The identified species were characterized (Rosengurt, 1979) and some were found to have productive interests, like *Paspalum dilatatum*. This information could be used to carry out adequate management practices to improve pasture productivity and animal load. The Shannon-Wiener Diversity Index for both systems was 2.83 for SPS and 2.71 for NG. The environments generated by the different systems could influence the frequency and occurrence of the native species mentioned.

**Keywords:** animal production, natural grasslands, mix systems.

<sup>1</sup> Universidad de la República O. del Uruguay, Facultad de Veterinaria, Departamento de Bioestadística. Lasplacés 1620 CP 11600 Montevideo, Uruguay <sup>\*1</sup> Universidad de la República O. del Uruguay, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Animal y Pasturas. <sup>3</sup> Instituto Plan Agropecuario, Uruguay <sup>4</sup> Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Dirección General Forestal, Uruguay <sup>5</sup> Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria CIPAV (Colombia) hernanj.bueno@gmail.com



## Introducción

En Uruguay el campo natural (CN, extensión de superficie con vegetación principalmente herbácea sin especies introducidas) constituye el 62% del territorio nacional (Boggiano et al., 2005). Es la base alimentaria de las dos principales especies de herbívoros domésticos: ovinos y bovinos. Ambas comparten distintos sitios de pastoreo, modificando la estructura del tapiz vegetal (Olmos et al., 2005) según la densidad y relación de las especies domésticas utilizadas (Boggiano et al., 2005; Formoso, 2005). Estas modificaciones estructurales, se manifiestan a través de cambios florísticos con diferente grado de intensidad según el tipo de suelo (Formoso y Gaggero, 1990). Los tipos de suelos tienen gran variabilidad, presentando limitantes de fósforo y nitrógeno. El CN se relaciona a suelos de basalto, arenosos y superficiales. Predominan en la composición botánica con más del 60% las gramíneas, luego en menor proporción y mayor variabilidad: leguminosas, hierbas y arbustos, gramínoideas y malezas enanas (Rosengurtt, 1979).

Por otro lado, la superficie forestal en Uruguay es de 1.700.000 ha., ocupando el 5% del territorio, de las cuales 950 mil ha corresponden a la superficie plantada y 750 mil ha a bosques nativos existentes del país. La mayor parte de las plantaciones se basan en los géneros *Eucalyptus* (70%), *Pinus* (28%) y una pequeña proporción a la familia de las salicáceas (1%). El 90% de ellas se encuentran bajo algún tipo de emprendimiento silvopastoril y en suelos de aptitud

forestal. Cabe destacar, que pocas de ellas fueron pensadas e implementadas con un diseño silvopastoril originalmente.

El sistema silvopastoril (SSP) en Uruguay se practica en la mayoría de las plantaciones forestales, además en tierras de pasturas que tienen parcelas arboladas o árboles en el perímetro. Sin embargo, nunca se llegó a tener una integración más profunda de los componentes arbóreo y ganadero (Frey et al., 2009). Los nuevos SSP en plantaciones forestales empezaron como extensiones prácticas de los manejos de pequeñas parcelas arboladas y plantaciones de árboles en los perímetros de potreros. En la actualidad, factores como: la dinámica de la economía agraria de los países vecinos y su expansión hacia el Uruguay, la inversión y el cambio tecnológico, las políticas económicas y sectoriales en la forestación y factores externos internacionales (crecimiento de la población mundial, precio de los granos, entre otros), causaron: la intensificación de la agricultura (Vasallo, 2011), emprendimientos conjuntos entre empresas forestales (para utilizar tierra sin comprarla) y terratenientes locales (para recibir alquiler y protección para el ganado), resultando un aumento de la utilización de las plantaciones con incorporación del ganado.

En la actualidad hay pocos trabajos en Uruguay que vinculen estos sistemas (SSP y CN). Por tal motivo, el objetivo de esta investigación es, estudiar la composición florística de pasturas nativas en un SSP y compararlas con las halladas en el sistema de CN al sudeste de Uruguay.

## Materiales y Métodos

### Localización y descripción de los sistemas

Se trabajó en un establecimiento rural de una superficie total de 5000 ha, ubicado en el Departamento de Lavalleja, localidad de Polanco (33°45'49,51"S - 55°04'14,12"O). El mismo se compone por tres sistemas: forestal, silvopastoril y ganadero extensivo, siendo el sistema de producción animal para carne. El estudio se efectuó en verano, particularmente en el mes de diciembre, donde la zona es caracterizada históricamente, desde 1971 a 2014, (INIA Gras, 2015) por tener una temperatura media (en 24 horas) de 9,4°C (Desvío estándar = 10,8°C), 34,8% de humedad relativa del aire (Desvío estándar = 10,8%) y una precipitación acumulada de 3,3 mm (Desvío estándar = 11,7 mm). Los suelos son superficiales a medios, con algunos afloramientos rocosos, según Índice CONEAT (MGAP, 1994) los grupos de suelos encontrados son 2.12 y 2.11a.

Se efectuó un muestreo del sistema de CN en un área de 100 ha. En éste no se introdujeron especies pastoriles, ni aplicaron fertilizantes. El área destinada al SSP de estudio fue de 200 ha y es lindero del sistema de CN. La especie forestal es *Eucalyptus globulus* con una edad de 2 años. El diseño de la plantación es 4 por 2 metros y la densidad de 1250 plantas

ha<sup>-1</sup>. La carga animal en los sistemas en CN es de 0,8 y 0,9 animales por ha en SSP, con ganado Hereford de 3 años de edad para producción de carne. Se realizó un relevamiento de especies con el fin de identificarlas, cuantificar su frecuencia relativa y clasificarlas según Rosengurtt (1979) por tipo productivo y apetecibilidad

### Metodología

El muestreo se llevó a cabo registrando las especies botánicas (Montes de Olmo y Ramirez, 1978), que tocaban un punto establecido por una estaca de 60 cm de altura. Los puntos de la estaca fueron asignados al azar, totalizando 40 muestreos. Luego se las estudió según características botánicas (Rosengurtt, 1979) y analizaron las diferencias encontradas en ambos sistemas pastoriles.

La variable utilizada para la comparación de ambos sistemas, CN respecto del SSP, es el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener.

Índice de Shannon Wiener:  $H = -\sum p_i \ln p_i$

Donde:  $p_i = n_i / n$

$n_i$  = número de individuos por especie.

$n$  = número total de individuos de todas las especies

## Resultados y Discusión

Gráfico N°1 Composición florística de CN según frecuencia relativa.

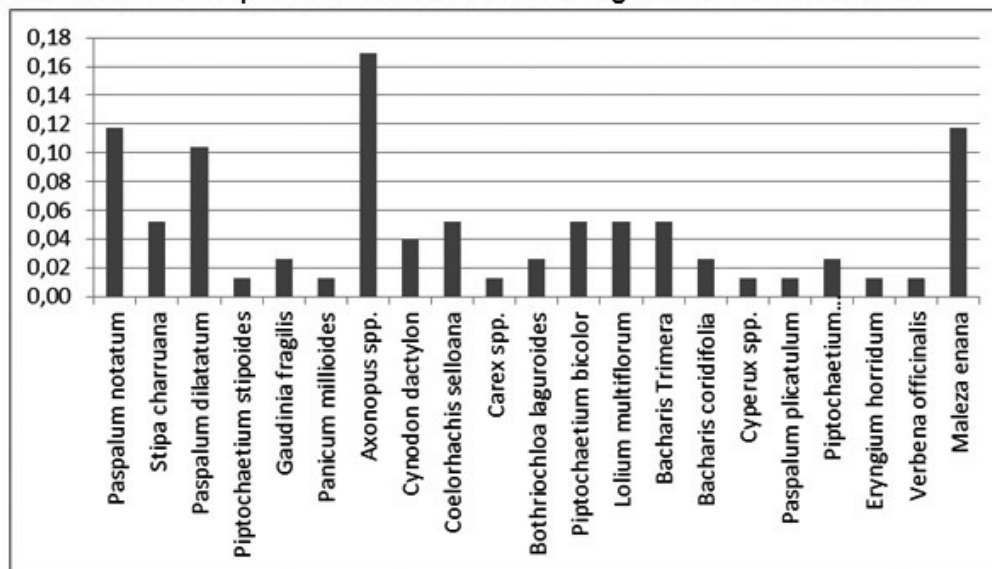


Gráfico N°1 Composición florística de CN según frecuencia relativa.

En el Gráfico N°1 se puede observar el muestreo realizado en CN según la frecuencia relativa (Fr) de las especies identificadas. Tomando como criterio aleatorio puntualizar las especies que se encuentran por encima del 8% de Fr, se sitúan: *Axonopus spp.*, *Paspalum notatum* y *dilatatum*, acompañados de malezas (hierbas) enanas.

A través del Gráfico N°2 del SSP de la siguiente página y tomando el criterio mencionado en el párrafo anterior (8% de Fr), las especies que se hallan son: *Paspalum dilatatum*, *Piptochaetium stipoides*, *Cynodon dactylon* y malezas enanas.

Según la clasificación de especies de Rosengurt (1979), el sistema de CN se encuentra compuesto de: 77% de gramíneas, 11% de hierbas y arbustos y 12% de malezas enanas. Resultado esperado por lo descrito en la revisión bibliográfica. En el sistema de SSP se halló un 68% de gramíneas, 17% hierbas y arbustos, 3% leguminosas (*Trifolium polymorphum*) y 12% de malezas enanas, pudiendo atribuir esta diferencia respecto al CN, al microclima que se genera con el componente forestal. No hay referencia bibliográfica de este dato, siendo de gran importancia profundizar a través del aumento de establec-

Gráfico N°2. Composición florística de SSP según frecuencia

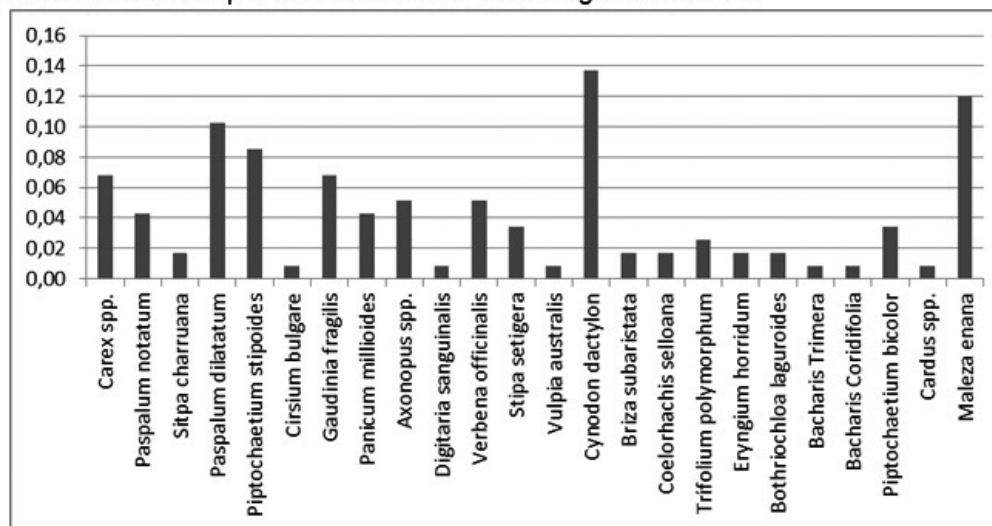


Gráfico N°2. Composición florística de SSP según frecuencia Gráfico N°2. Composición florística de SSP según frecuencia

Cuadro 1. Clasificación según tipo productivo y apetecibilidad

Sistema	Frecuencia relativa	Tipo productivo	Apetecibilidad
<b>CN</b>			
<i>Axonopus spp</i>	0,17	tierno-ordinario	media
<i>Paspalum notatum</i>	0,12	Tierno	prolongada
<i>Paspalum dilatatum</i>	0,10	fino-cultivable	prolongada
<i>Malezas enanas</i>	0,12	Improductivo	nula
<b>SSP</b>			
<i>Paspalum dilatatum</i>	0,10	fino-cultivable	prolongada
<i>Piptochaetum stipoides</i>	0,09	Tierno	prolongada
<i>Cynodon dactylon</i>	0,14	Ordinario	muy joven
<i>Maleza enana</i>	0,12	Improductivo	nula

imientos muestreados en próximos estudios en SSP.

Rosengurt (1979), además clasificó las especies de CN según sus características botánicas, entre ellas el tipo productivo y la apetecibilidad. En el Cuadro N°1 se puede observar las especies muestreadas en los sistemas productivos que representan más de 8% de Fr. Especies tales como: el *Paspalum dilatatum*, actualmente en Uruguay son objetivo de estudio por ser una graminéa de calidad nutritiva y ciclo estival.

Se puede visualizar (Cuadro N°1) que hay especies de inte-

rés agronómico, las cuales con prácticas de manejo adecuado podrían mejorar su productividad y Fr, con el objetivo de aumentar la ganancia de peso del ganado del SSP, al igual que en el sistema CN.

El índice de Shannon Wiener para el SSP resultó de 2,83 y 2,71 para el CN, pudiendo inferir que la diversidad de especies fue aproximadamente la misma, aunque los ambientes generados en los distintos sistemas influyen en la frecuencia y aparición de especies nativas.

## Conclusiones

Se puede concluir que los estudios en Uruguay relacionados a la composición florística en SSP, comparándolo con sistema de CN al sur-este del país, aportaron información de especies de interés productivo, tales como el *Paspalum notatum* y *dilatatum*, y *Axonopus spp*, relevante a los efectos de poder realizar

prácticas de manejo con objetivos productivos. Los sistemas en estudio generaron microclimas distintos, incidiendo en las proporciones de las especies halladas y no tanto en la diversidad. Sin embargo este es el primer estudio, habría que analizar más sistemas con el fin de enriquecer esta información.

## Bibliografía

- Boggiano P., Zanoniani R., Millot J.C., 2005. Respuestas del Campo Natural a Manejos crecientes de Intervención. INIA. 151:105-113.
- Formoso D., Gaggero C., 1990. Efecto del Sistema de Pastoreo y la relación Ovino/Vacuno sobre la Producción de Forraje y la Vegetación del Campo Nativo. In II Seminario Nacional de Campo Natural. Tacuarembó.(Ed.Hemisferio SUR.). pp 299-310.
- Formoso D., 2005. La Investigación en Utilización de Pasturas Naturales sobre Cristalino desarrollada por el Secretariado Uruguayo de la Lana. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. INIA Treinta y Tres. 151. pp 51-57.
- Frey, G., Pachas, A., Noellemeier, E., Balmelli, G., Fassola, H. E., Colcombet, L., Stevenson, H., Hamilton, J., Hubbard, W., Cubbage, F., 2009. A review and comparison of silvopastoral systems in six regions of the world. Dept. of Forestry and Environmental Resources. North Carolina State University. 11 pp.
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA Gras). 2015. Uruguay. Disponible en <http://www.inia.uy/investigaci%C3%B3n-e-innovaci%C3%B3n/unidades/GRAS/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), Dirección General de Recursos Renovables, 1994. Índice de productividad grupos CONEAT. Montevideo. 182 pp.
- Montes de Olmos, C., Ramirez, L., 1978. Descripción y muestreo de poblaciones y comunidades. Universidad de Sevilla. pp 11-33.
- Olmos F., Franxo J., Sosa M., 2005. Impacto en las Prácticas de Manejo en la Productividad y Diversidad de Pasturas Naturales. INIA. 151: 93-104.
- Rosengurt, B., 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Facultad de Agronomía. pp 39-83.
- Vassallo, M., 2011. Dinámica y competencia intrasectorial en el agro. Uruguay 2000 - 2010. Universidad de la República, Comisión Sectorial de Investigación Científica, Montevideo. pp 170.

# Rol de la vegetación espontánea en el manejo de hormigas cortadoras en un sistema silvopastoril de salicáceas en el delta del Paraná

Casaubón EA<sup>\*1</sup>, Gorosito NB<sup>2</sup>, Perri DV<sup>1,2</sup>, Gurini LB<sup>1</sup>, Fernández PC.<sup>1</sup>

## Resumen

La vegetación natural de crecimiento espontáneo comúnmente llamada “maleza” es considerada perjudicial especialmente en la etapa de instalación de una plantación de salicáceas, sin embargo la vegetación natural es un componente importante de los agroecosistemas ya que interactúa ecológicamente con otros subsistemas. Trabajos previos demuestran que los cultivos que se encuentran cerca de otro tipo de vegetación natural tienen menor cantidad de ataques por insectos plaga. En el caso de las hormigas cortadoras (*Acromyrmex* spp.), una variable que puede influir en la selección de las especies vegetales consumidas y la intensidad del daño causado en la plantación, es la presencia de esta vegetación circundante. Si la plantación está inmersa en áreas naturales con alta disponibilidad de plantas palatables, las mismas pueden funcionar como fuentes alternativas de recolección, es decir cultivos trampa. La búsqueda e identificación de especies preferidas por las hormigas entre la vegetación espontánea que rodea a las plantaciones abre la posibilidad de utilizarlas en un programa de manejo sustentable. En este trabajo se comenzó a determinar cuáles son las preferencias alimentarias de las hormigas cortadoras entre la vegetación natural espontánea que crece en un sistema silvopastoril de salicáceas recientemente instalado en la EEA Delta del Paraná (INTA). Las especies vegetales seleccionadas por las hormigas durante la temporada estival 2014-2015, fueron principalmente las siguientes: Familia Asteraceae: *Sonchus oleraceus* L. (Cerraja) y *Solidago chilensis* Meyen (Vara de oro); Familia Brassicaceae: *Brassica* sp. (Nabo); Familia Convolvulaceae: *Ipomea indivisa* (Vell.) Hallier f.; Familia Fabaceae: *Amorpha fruticosa* L. (Sauce indio, Indigo); Familia Iridaceae: *Iris pseudacorus* L. (Lirio amarillo); Familia Moraceae: *Morus alba* L. (Mora blanca); Familia Oleaceae: *Ligustrum sinense* Lour. (Ligustrina); Familia Papaveraceae: *Fumaria capreolata* L.; Familia Phytolaccaceae: *Phytolacca americana* (Ombusillo); Familia Ranunculaceae: *Ranunculus* sp. y Familia Verbenaceae: *Verbena bonariensis* L.

**Palabras clave:** Sistemas silvopastoriles, vegetación espontánea, hormigas cortadoras, delta del Paraná.

<sup>1</sup> EEA Delta (INTA) <sup>2</sup> Facultad de Agronomía (UBA) \*casaubon.edgardo@inta.gob.ar

# Producción *in vitro* de metano de dietas ofrecidas en sistemas silvopastoriles intensivos con *Tithonia diversifolia* y sistemas tradicionales

G. Donney's Lemos<sup>1</sup>; I. C. Molina Botero<sup>1</sup>; J. E. Rivera Herrera<sup>1</sup>; G. Villegas Sánchez<sup>1</sup>; J. Chará<sup>1</sup> y R. Barahona Rosales<sup>2</sup>.

## Resumen

La emisión de metano (CH<sub>4</sub>) entérico en los sistemas de producción ganaderos del trópico puede ser significativa, debido a la baja calidad de los forrajes ofrecidos, bajos niveles de proteína digestible y altos contenidos de fibra. El presente estudio se realizó para determinar las emisiones de CH<sub>4</sub> y la degradabilidad *in vitro* de cuatro dietas provenientes de dos escenarios de producción en Colombia: trópico alto y bajo. Las dietas evaluadas fueron las ofrecidas en dos sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) y dos sistemas tradicionales (ST). En trópico de altura la dieta del ST fue: 91% de *Pennisetum clandestinum* y 9% de suplemento, mientras que la del SSPi contenía 63% de *P. clandestinum*, 30% de *Tithonia diversifolia* y 7% de suplemento. En trópico bajo, la dieta del SSPi tuvo 66% de *Brachiaria decumbens* y 34 % de *T. diversifolia*, y la del ST tenía 100% de *B. decumbens*. De cada dieta se analizó el contenido de nutrientes y su degradabilidad fue evaluada con la técnica de gases. La degradación de la materia seca (DIVMS), se midió en cuatro horarios (24, 48, 72 y 96). Las dietas con *T. diversifolia* y con suplemento presentaron mayor contenido de PC y menor FDN en comparación a la dieta 100% *B. decumbens*. La mayor producción de gas a las 72 horas fue para la dieta 100% *B. decumbens* (184,04ml) y la menor fue para el SSPi de trópico de altura (P<0,05; 168,43ml). La degradación a las 96 horas de incubación solo presentó diferencias (P<0,05) entre los dos sistemas tradicionales, siendo el de trópico bajo el de menor DIVMS. Ambas dietas de los SSPi presentaron menores valores de Ym con respecto a su sistema tradicional. Los SSPi pueden contribuir a reducir las emisiones entéricas de CH<sub>4</sub>, al mejorar la calidad nutricional de la dieta.

**Palabras clave:** Gases de efecto invernadero, ganadería bovina tropical, consumo, mitigación, pastoreo.

## *In vitro* methane production of diets in intensive silvopastoral systems with *Tithonia diversifolia* and traditional systems

## Abstract

The enteric methane emissions in livestock production systems of the tropics can be significant due to the low quality of forage offered, low levels of digestible protein and high fiber content. The present study was performed to determine methane emissions and *in vitro* degradability of four diets from two different scenarios on production systems in Colombia: highland and lowland tropics. The diets were classified as those of intensive silvopastoral system (ISS) and of traditional systems (TS). In highland tropics the TS diet had 91% of *Pennisetum clandestinum* and 9% supplement, while the ISS diet contained 63% kikuyu, 30% *Tithonia diversifolia* and 7% supplement. In lowland tropics, the ISS diet had 66% *Brachiaria decumbens* and 34% *T. diversifolia*, and the TS diet had 100% *B. decumbens*. The content of each diet was analyzed and nutrient degradability was evaluated *in vitro* using the gas production technique. Degradation of dry matter (IVDMD) was measured four times (24, 48, 72 and 96). Diets with *T. diversifolia* and supplement had higher content of CP and lower NDF as compared to 100% *B. decumbens* diets. The highest gas production at 72 hours was observed with the 100% *B. decumbens* (184,04ml), and the lowest occurred with the highlands ISS (P <0.05; 168,43ml). Degradation after 96 hours of incubation presented only differences (p <0.05) between the two traditional systems, being lower for the lowland tropics diet. Both ISS diets had lower Ym values with respect to their traditional system. The SSPI can help reduce enteric CH<sub>4</sub> emissions by improving the nutritional quality of the diet.

**Keywords:** Grazing, greenhouse gases, intake, mitigation, tropical cattle production.

<sup>1</sup> Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV. Carrera 25 No 6-62 Cali, Colombia. ginadonneys@gmail.com. <sup>2</sup>Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

## Introducción

La producción de metano ( $\text{CH}_4$ ) a partir de la ganadería bovina ha adquirido gran importancia debido a sus efectos negativos sobre el medio ambiente (Chandramoni et al., 2000). El  $\text{CH}_4$  entérico producido por ganado en pastoreo es de gran interés, ya que contribuye a diversos escenarios de calentamiento global relacionados con el cambio climático (DeRamus et al., 2003). La generación de este gas es afectada por la calidad y cantidad del alimento ingerido, existiendo generalmente una correlación negativa entre la digestibilidad de las dietas y la emisión de metano (Cambra et al., 2008).

Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) constituyen una

buena alternativa para aumentar la productividad (Cuartas et al., 2014; Murgueitio et al., 2014), capturar carbono (Naranjo et al., 2012) y disminuir las emisiones entéricas de metano (Molina et al., 2013; Barahona et al., 2014). Esto obedece en parte a que la inclusión de leguminosas taníferas en la dieta puede contribuir a reducir las emisiones entéricas de metano y a generar sistemas “limpios” y “amigables” con el ambiente (Barahona et al., 2014). El presente estudio tiene como objetivo determinar las emisiones de  $\text{CH}_4$  y degradabilidad *in vitro* de dietas de sistemas tradicionales y de SSPi en dos escenarios diferentes en sistemas de producción en Colombia, trópico alto y trópico bajo.

## Materiales y métodos

**Dietas y sistemas evaluados:** En trópico alto, se obtuvieron muestras de *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov., *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. y suplemento comercial. En trópico bajo, las muestras consistieron en *Bracharia decumbens* Stapf. y *T. diversifolia*. Estas muestras fueron recolectadas en los departamentos del Cesar y de Antioquia (Colombia). Los diferentes componentes de las dietas se mezclaron manualmente con las siguientes proporciones, en trópico alto: la dieta del ST tuvo: 91% de *P. clandestinum* y 9% de suplemento, mientras que la del SSPi contenía: 63% de *P. clandestinum*, 30% de *T. diversifolia* y 7% de suplemento. En trópico bajo, la dieta del SSPi tenía 66% de *B. decumbens* y 34 % de *T. diversifolia*, y la del ST estuvo conformada por 100% de *B. decumbens*.

**Análisis bromatológico:** En cada una de las dietas se determinó el contenido de proteína cruda (PC- NTC 4657), fibra en detergente neutro y ácido (FDN y FDA- Van Soest et al., 1991), extracto etéreo (EE, (NTC 668) y las cenizas se obtuvieron por incineración directa (AOAC 942.05). Los contenidos de Calcio (Ca) como de Fósforo (P) fueron determinados por espectrometría A.A (NTC 5151) y U.V-VIS (NTC 4981) respectivamente. De igual manera se determinó el porcentaje de humedad y otras materias volátiles con el método termogravimétrico a 103 °C (ISO, 6496).

**Técnica de producción de gas:** La técnica de gases se realizó según Theodorou et al., 1994. Se utilizaron un total de 180 frascos de vidrio para los cuatro tratamientos más un blanco,

tres inóculos, tres repeticiones y cuatro horarios de retiro. La presión generada por el gas se midió con un transductor de presión (Ashcroft Inc, USA), en ocho horarios (3, 6, 9, 12, 24, 36, 48 y 72 h) y para determinar la degradación *in vitro* de la materia seca (DIVMS), se retiraron frascos a las 12, 24, 48 y 72 horas.

**Determinación de la producción de metano:** Las muestras de gases fueron analizadas en el Laboratorio de Servicios Ambientales del Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, ubicado en la ciudad de Palmira (Valle del Cauca - Colombia), usando cromatografía de gases en las muestras de gas acumulado a las 24 h de fermentación.

**Análisis estadístico:** Los parámetros de cinética de producción de gas se ajustaron al modelo  $Y=0,1312 + 4,9203x$  no lineal de Gompertz propuesto por Lavrencic et al. (1997). Los resultados de las dietas del sistema de producción, se analizaron utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA), con medidas repetidas en el tiempo usando el PROC GML. El experimento trabajado tuvo cuatro dietas, tres repeticiones por cada horario de estudios y tres inóculos diferentes, siendo este la variable de bloqueo. Las variables que se analizaron fueron: producción de gas acumulado (ml) por gramo de materia orgánica (MO), desaparición de MS (g), parámetros obtenidos mediante al modelo de Gompertz, producción neta de metano (mg) por gramo de materia seca incubada (MSI), y porcentaje de energía bruta (EB) convertida en metano. Para comparar las medias se utilizó la prueba de Tukey.

## Resultados y discusión

**Calidad nutricional:** Las dietas evaluadas presentaron una composición química aceptable tanto para vacas lecheras (trópico de altura) como para animales de producción de carne (trópico bajo), presentando contenidos promedio de proteína de 17% y 9% en trópico alto y bajo, respectivamente, y en cuanto a los contenidos de FDN y FDA estuvieron alrededor del 58% y 37%. Tanto el Ca y P también mostraron niveles aceptables. La dieta ST de trópico bajo presentó contenidos bajos de proteína y altos de FDN, al estar constituida solo

a base de *B. decumbens*. El contenido de proteína en ambos SSPi fueron más altos que los ST, esto se debió a la inclusión de *T. diversifolia*. La O et al. (2012) reportaron valores de proteína entre 18,26 a 26,40% en diferentes ecotipos de esta especie. Por su parte, Mahecha et al. (2007), reportó contenidos de 16,73% de proteína. En trópico bajo, la dieta del SSPi tuvo casi el doble de proteína que el ST. En cuanto al contenido de FDN de las dietas de los SSPi, mostraron porcentajes menores en comparación a sus sistemas tradicionales donde

**Tabla 1.** Calidad nutricional de las dietas evaluadas.

Fracción	Trópico de altura		Trópico bajo	
	Tradicional	SSPi	Tradicional	SSPi
Humedad (%)	77,73	78,07	76,65	78,18
Proteína (%)	16,38	17,71	6,30	12,10
FDA (%)	28,79	33,72	42,1	40,40
FDN (%)	54,88	52,37	69,05	57,71
Grasa Bruta (%)	3,42	2,86	1,56	2,28
Cenizas (%)	10,27	10,87	8,22	10,09
Calcio (%)	0,31	0,80	0,24	0,84
Fosforo (%)	0,28	0,29	0,14	0,23
Valor Calorífico (cal /g)	4816	4956	3817	4430

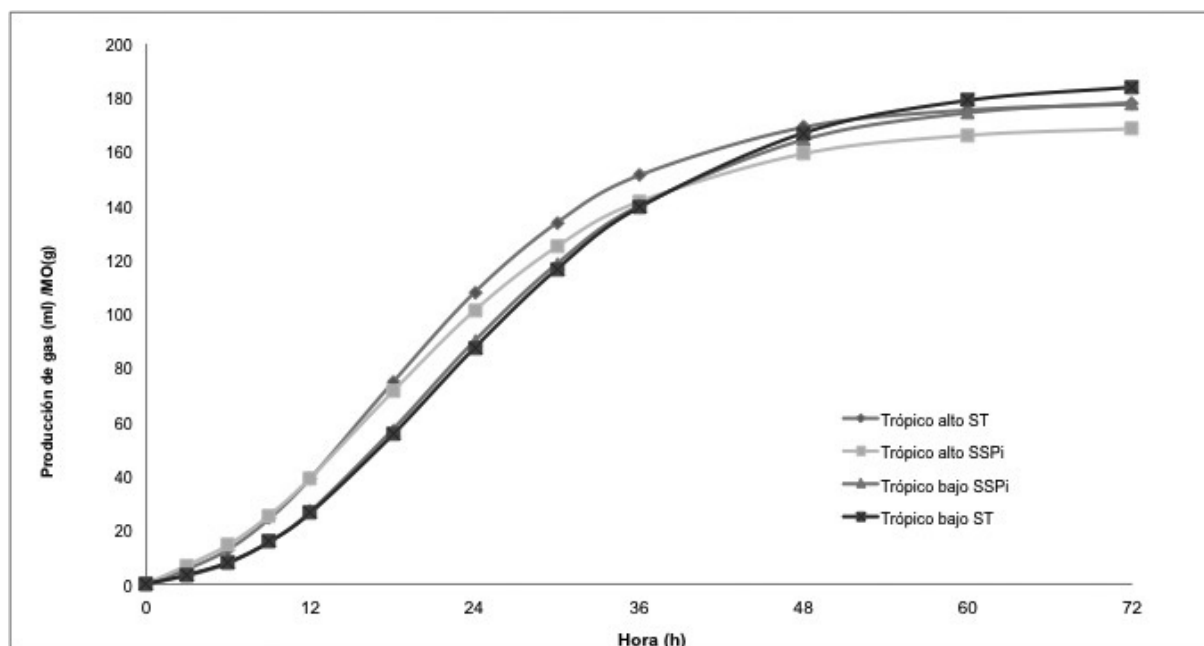
**Trópico de altura:** Tradicional = *P. clandestinum* y suplemento; SSPi = *P. clandestinum*, *T. diversifolia* y suplementación. **Trópico bajo:** Tradicional = *B. decumbens* sin suplementación; SSPi = *B. decumbens* con *T. diversifolia*. FDA= Fibra en detergente ácido; FDN= Fibra en detergente neutro.

no se incluyó *T. diversifolia*, resaltando el alto contenido de proteína y bajo contenido de fibra de esta arbustiva.

**Producción acumulada de gas:** En los primeros horarios de la incubación, las dietas del trópico alto presentaron mayor acumulación de gas ( $P < 0,05$ ) con respecto a las de trópico bajo, mostrando a las 6 horas volúmenes de 13,65 vs 7,95 ml g<sup>-1</sup> de MO incubada, respectivamente. Esto obedece a que la contribución de las fracciones solubles de los forrajes de alta calidad a la producción de gas, puede ser mayor a la de la fibra durante las primeras horas de fermentación (Bruni y Chilbroste, 2001), manteniéndose así la tendencia hasta las 24 horas (Gráfica 1), ya que a las 36 horas no se observaron diferencias ( $P > 0,05$ ) entre dietas en la pro-

ducción acumulada de gas.

Al horario final de medición (72 horas) mayor acumulación de gas ocurrió con la dieta del ST de trópico bajo y la menor con el SSPi del trópico alto (183,9 y 168,5, respectivamente;  $P > 0,05$ ). Debe recordarse que la degradabilidad del FDN es muy variable, debido a diferencias en composición y estructura (Barahona y Sánchez, 2005) y que *B. decumbens* contiene una mayor fracción no digerible en comparación a las otras materias primas. El modelo de Gompertz mostró que la mayor acumulación de gas ocurrió con la dieta del ST de trópico bajo y la menor con el SSPi del trópico alto (187,07 y 169,87, respectivamente;  $p < 0,05$ ; Tabla 2). Para los parámetros b, c y TPMG no se observaron diferencias entre ninguna de las dietas. En el tiempo para alcanzar el punto de inflexión (HPI), las

**Gráfica 1.** Producción acumulada de gas por gramo de materia orgánica incubada durante el proceso de fermentación *in vitro*.

**Trópico de altura:** Tradicional = *P. clandestinum* y suplemento; SSPi = *P. clandestinum*, *T. diversifolia* y suplementación. **Trópico bajo:** Tradicional = *B. decumbens* sin suplementación; SSPi = *B. decumbens* con *T. diversifolia*.

## Area 3: Sistemas silvopastoriles y agroforestales: aspectos ambientales y mitigación al cambio climático

**Tabla 2.** Parámetros del modelo de Gompertz de las dietas evaluadas.

Parámetros	Trópico de altura		Trópico bajo		p-value
	Tradicional	SSPi	Tradicional	SSPi	
<b>a</b>	178,66 ab	169,87 b	187,07 a	180,36 ab	0,0351
<b>b</b>	1,52	1,42	1,62	1,65	0,0527
<b>c</b>	0,092	0,087	0,079	0,084	0,428
<b>HPI</b>	16,77 bc	16,36 c	21,11 a	19,97 ab	0,0006
<b>GPI</b>	65,73 ab	62,49 b	68,82 a	66,35 ab	0,035
<b>TMPG</b>	5,99	5,44	5,42	5,60	0,559
<b>FL</b>	5,64 b	4,70 b	7,85 a	7,756 a	0,0004

<sup>a,b,c</sup> Medias en una columna con diferente letra son estadísticamente diferentes, acorde con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). a= Producción máxima de gas; b=Diferencia entre el gas inicial y final en un tiempo x; c = tasa específica de acumulación de gas; HPI= hora al punto de inflexión; h; GPI = gas al punto de inflexión, ml; TMPG = tasa máxima de producción de gas, ml hora<sup>-1</sup>; FL = fase lag, h. **Trópico de altura:** Tradicional = *P. clandestinum* y suplemento; SSPi = *P. clandestinum*, *T. diversifolia* y suplementación. **Trópico bajo:** Tradicional = *B. decumbens* sin suplementación; SSPi = *B. decumbens* con *T. diversifolia*.

dietas de trópico bajo mostraron mayores valores que la dieta del SSPi del trópico alto ( $P < 0,05$ ). En cuanto al parámetro GPI hubo diferencias entre dieta del ST de trópico con la del SSPi del trópico alto ( $P < 0,05$ ). Por último, el tiempo lag no mostraron diferencias en dietas dentro de un mismo escenario productivo, pero sí entre trópico alto y bajo ( $P < 0,05$ ).

En la Tabla 3 se muestra la DIVMS. Hubo diferencias ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos durante la degradación *in vitro* durante las dos primeras horas de medición (24 y 48 horas), entre las dietas de trópico alto y bajo ( $P < 0,05$ ). Esto se atribuye al suplemento presente en las dos primeras dietas, que probablemente mejora la degradación.

A las 48 horas de incubación la degradación de las otras tres dietas fue mayor en comparación a ST de trópico bajo. La degradación final a las 72 horas de incubación presentó solo diferencias ( $P < 0,05$ ) entre los dos ST, a causa de la inclusión del suplemento en el primer tratamiento aumentando su porcentaje de degradabilidad. Soto et al. (2009) estimaron la DIVMS de *T. diversifolia* en 36,3 y 45,8 % a las 48 y 144 horas de incubación, valores inferiores a los de este estudio, sugiriendo que es la combinación de forrajes la que permite mejorar el balance de carbohidratos rápidamente fermentables a nivel

ruminal y de nutrientes de rápido aprovechamiento tanto por parte de los microorganismos ruminales como por el animal (Rivera et al., 2013).

**Producción de metano:** Según Carmona et al., (2005), la tasa de emisión de metano en la fermentación ruminal está relacionada con las características físico-químicas de la dieta, las cuales están relacionadas al nivel de consumo y a la frecuencia de alimentación. Las dietas de los sistemas silvopastoriles presentaron menores emisiones con respecto a su sistema tradicional de referencia, sugiriendo que la inclusión de *T. diversifolia* contribuye a disminuir la producción de metano. Galindo et al. (2011) reportaron que al incluir 10 y 20 % de *T. diversifolia* a una dieta tradicional se redujeron las poblaciones de metanógenos ruminales, lo que reviste una gran importancia ya que estos microorganismos son responsables de la producción de metano a nivel de rumen. Al realizar selección de forrajes de mayor calidad nutricional (bajo contenido de fibra y alto contenido de hidratos de carbono solubles), se espera obtener una mayor productividad en niveles equivalentes a consumo y de emisiones de metano (Clark et al., 2011).

**Tabla 3.** Degradación de la materia seca (DIVMS, %) observada a las 12, 24, 48 y 72 horas de cada una de las dietas evaluadas.

Tiempo incubación, h	Trópico de altura		Trópico bajo		p-value
	Tradicional	SSPi	Tradicional	SSPi	
<b>12</b>	30,94 a	32,71 a	19,56 b	23,88 b	0,0018
<b>24</b>	50,52 a	50,33 a	37,51 b	41,07 b	0,0012
<b>48</b>	58,78 a	59,54 a	52,12 b	56,21 a	0,0015
<b>72</b>	63,69 a	61,91 ab	57,67 b	61,16 ab	0,0288

**Trópico de altura:** Tradicional = *P. clandestinum* y suplemento; SSPi = *P. clandestinum*, *T. diversifolia* y suplementación. **Trópico bajo:** Tradicional = *B. decumbens* sin suplementación; SSPi = *B. decumbens* con *T. diversifolia*.

**Tabla 4.** Producción de metano y energía bruta (EB) transformada en metano.

	Trópico de altura		Trópico bajo		P-value
	Tradicional	SSPi	Tradicional	SSPi	
mg de CH <sub>4</sub> /g de MSD	3,02 b	2,79 b	5,43 a	4,68 a	0,0009
Producción de CH <sub>4</sub> ,mg	0,77 ab	0,71 b	1,03 a	0,96ab	0,0218
EB de la dieta transformada en CH <sub>4</sub> (Ym)	0,96 b	0,89 b	1,71 a	1,53 a	0,0006

<sup>a, b, c</sup> Medias en una columna con diferente letra son estadísticamente diferentes, acorde con la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). Trópico de altura: Tradicional = *P. clandestinum* y suplemento; SSPi = *P. clandestinum*, *T. diversifolia* y suplementación. Trópico bajo: Tradicional = *B. decumbens* sin suplementación; SSPi = *B. decumbens* con *T. diversifolia*.



## Conclusiones

La inclusión de una no leguminosa como *T. diversifolia* en los SSPi mejora la calidad de la dieta tradicional basada principalmente en gramíneas, por su alto contenido de proteína, alta degradabilidad en el rumen y bajo contenido de fibra. Esto contribuye a que los sistemas productivos sean más sostenibles, disminuyendo las emisiones de metano.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al convenio: “*Análisis de sistemas productivos en Colombia para la adaptación al cambio climático*”, liderado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR). De igual forma los autores agradecen a los predios Cien Años de Soledad y Sinaí, por permitir llevar a cabo la recolección de materias primas y forrajes en sus instalaciones.

## Bibliografía

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. Official Method 942.05. Determination of ash in Animal Feed. En *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 18 ed. Gaithersburg, MD, USA, pp. 8.
- Barahona, R., Sánchez, M. S., 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Revista CORPOICA*, 6, 69-86.
- Barahona, R., Sánchez, M.S., Murgueitio, E., Chará, J., 2014. Contribución de la *Leucaena leucocephala* Lam (de Wit) a la oferta y digestibilidad de nutrientes y las emisiones de metano entérico en bovinos pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos. En: Premio Nacional de Ganadería José Raimundo Sojo Zambrano. Modalidad Investigación Científica. Revista Carta Fedegán No. 140. Enero – Febrero de 2014. Bogotá. Colombia. pp. 66-69.
- Bruni, M.A., Chilibraste, P., 2001. Simulación de la digestión ruminal por el método de la producción de gas. *Arch. Latinoam. Prod. Anim*, 9, 43-5.
- Cambra, M., García, R., Torres, A., 2008. Estimación de las emisiones de los rumiantes en España: el factor de conversión de metano. *Archivos de zootecnia*, 57, 89 - 101.
- Carmona, J., Bolívar, D., Giraldo, L. A., 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo, *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 18:1, 49 - 63.
- Chandramoni, S., Jadhao, C., Tiwari, C., Khan, M., 2000. Energy metabolism with Particular reference to methane production in Muzaffarnagari sheep fed rations in roughage to concentrate ratio. *Animal Feed Science and Technology*, 83: 3-4, 287-300.
- Clark, H., Kelliher, F., Patino, P., 2011. Reducing CH<sub>4</sub> emissions from grazing ruminants in New Zealand: challenges and opportunities. *Asian Australas J Anim Sci*, 24, 295–302.
- Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., Tarazona, A. M., Murgueitio, E., Chará, J. D., Ku Vera, J., Solorio, F.J., Flores, M.X., Solorio, B., Barahona, R., 2014. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 27:2, 76-94.
- DeRamus, H.A., Clemen, T.C., Giampola, D.D., Dickson, P.C., 2003. Methane emission of beef cattle on forages: Efficiency of grazing management systems. *J Environ Qual*. 32, 269-277.
- Galindo, J., González, N., Sosa, A., Ruiz, T., Torres, V., Aldana, A., Díaz, H., Moreira, O., Sarduy, L., Noda, A., 2011. Efecto de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (Botón de oro) en la población de protozoos y metanógenos ruminales en condiciones in vitro. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45, 33-37.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 1973. NTC 668. Recuperado el 05 de Diciembre de 2014668. Alimentos y materias primas. Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2001. NTC 4981. Alimentos para animales. Determinación del contenido de fósforo. Método espectrofotométrico. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2003. NTC 5151. Alimento para animales. Determinación de los contenidos de Calcio, Cobre, Hierro, Magnesio, Manganeso, Potasio, Sodio y Zinc. Método usando espectrometría de absorción atómica. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 1999. NTC 4657. Alimento para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl. Bogotá, Colombia.

- International Organization for Standardization (ISO), 1999. Animal feeding stuffs. Determination of moisture and other volatile matter content. ISO 6496. Geneva, Switzerland.
- La O, O., González, H., Orozco, A., Castillo, Y., Ruiz, O., Estrada, A., Ríos, F., Gutiérrez, E., Bernal, H., Valenciaga, D., Castro, B., Hernández, Y., 2012. Composición química, degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad in vitro de ecotipos de *Tithonia diversifolia* de interés para la alimentación de rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 46, 47-53.
- Lavrencic, A., Stefanon, B., Susmel, P., 1997. An evaluation of the Gompertz model in degradability studies of forage chemical components. *Anim Sci* 64, 423 – 431.
- Mahecha, E., Escobar, J., Suárez, J., Restrepo, L., 2007. *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). *Livestock Research for Rural Development*, Volume 19, Article #16. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.htm>
- Molina, I. C., Cantet, J. M., Montoya, S., Correa, G. A., Barahona, R., 2013. Producción de metano in vitro de dos gramíneas tropicales solas y mezcladas con *Leucaena leucocephala* o *Gliricidia sepium*. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 8: 2, 15-31.
- Murgueitio, E., Chará, J. D., Barahona, R., Cuartas, C. A., Naranjo, J. F. 2015 (En prensa). Intensive silvopastoral systems (ISPS), mitigation and adaptation tool to climate change. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17:3, 501 – 507.
- Naranjo, F., Cuartas, C. A., Murgueitio, E., Chará, J., Barahona, R., 2012. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 24, Article #150. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd24/8/nara24150.htm>
- Rivera, J., Naranjo, J., Cuartas, C., Arenas, F., 2013. Fermentación in vitro y composición química de algunos forrajes y dietas ofrecidas bajo un Sistema Silvopastoril en el trópico de altura. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 25, Article #174. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd25/10/rive25174.htm>.
- Soto, S., Rodríguez, J., Russo, R., 2009. Digestibilidad in vitro en forrajes tropicales a diferentes edades de rebrote. *Revista Tierra Tropical*, 5, 83-89.
- Theodorou, M., Williams, B., Dhanoa, M., McAllan, A., France, J., 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim Feed Sci Technol*, 48, 185-197.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A., 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74(10) 3583-3597.

## Emisiones *in vivo* de metano en sistemas de producción con y sin inclusión de *Tithonia diversifolia*

I. C. Molina Botero<sup>1</sup>; G. Donney's Lemos<sup>1</sup>; S. Montoya Uribe<sup>1</sup>; G. Villegas Sánchez<sup>1</sup>; J. E. Rivera Herrera<sup>1</sup>; J. J. Lopera Marín<sup>1</sup>; J. Chará<sup>1</sup> y R. Barahona Rosales<sup>2</sup>.

### Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la inclusión *Tithonia diversifolia* (BO) en las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) *in vivo* con la técnica del politúnel, cuando se incluye en dietas con *Pennisetum clandestinum* (K) o *Brachiaria decumbens* (B), bajo dos diferentes condiciones de producción. Los animales fueron alojados en cámaras individuales que contaban con un pequeño túnel de viento, que albergó un ventilador ajustado a velocidad constante de extracción. Se tomaron muestras de metano cada hora durante 24 horas por medio de una jeringa para capturar el gas al interior y exterior del túnel. La concentración de metano se determinó por cromatografía de gases y el experimento fue analizado como un *cross-over* sencillo. Las dietas que contenían BO tuvieron mayores contenidos de proteína, mientras que las dietas de sólo gramíneas tuvo mayores contenidos de FDN en ambos sitios. El consumo voluntario de materia seca de las vacas fue significativamente mayor para la dieta que incluía BO (9,64 vs 12,12 Kg día<sup>-1</sup>; P=0,018) mientras que para los terneros fue 3,95 y 3,71 Kg día<sup>-1</sup> (P=0,29). El porcentaje de la energía bruta perdida en forma de metano osciló entre 6,9 y 11,4% y no difirió significativamente entre tratamientos (P≥0,05). La cantidad de CO<sub>2</sub> -eq emitida por cada litro de leche fue 0,49 kg, sin diferencias entre tratamientos (P=0,27). Sin embargo, cuando se relaciona con ganancia de peso si hubo diferencias a favor del de la dieta con BO (4,89 vs 22,32, respectivamente; P=0,002). Se concluye que la inclusión de BO en la dieta de bovinos no afecta las emisiones entéricas de metano netas, pero sí ayuda a aumentar el consumo de materia seca y de nutrientes, además de menores emisiones por unidad de producto.

**Palabras clave:** Botón de Oro, gases de efecto invernadero, gramíneas, politúnel, sistemas silvopastoriles intensivos.

## *In vivo* methane emissions in production systems with and without inclusion of *Tithonia diversifolia*

### Abstract

The objective of this research was to evaluate the *in vivo* emissions of methane (CH<sub>4</sub>) with the polytunnel technique when *Tithonia diversifolia* (TD) is included in the diet of *Pennisetum clandestinum* (K) or *Brachiaria decumbens* (B) of dairy cows or calves. Evaluations were performed at two different sites of Colombia. The animals were housed in individual chambers that had a small wind tunnel, which housed a fan set at constant extraction speed. Gas samples were taken every hour for 24 hours by means of a syringe to capture the gas inside and outside the tunnel. Methane concentration was determined by gas chromatography. The experiment was analyzed as a single cross-over design. The diet containing TD had greater protein content, while the grass-only diet had greater NDF content. The voluntary dry matter intake of cows was significantly greater for the diet that included TD (9.64 vs 12.12 Kg day<sup>-1</sup>; P = 0.018) while for calves was 3.95 and 3.71 Kg day<sup>-1</sup> (P = 0.29). The percentage of gross energy lost as methane ranged between 6.9 and 11.4% and did not differ significantly between treatments (p≥0.05). The amount of CO<sub>2</sub> -eq emitted per liter of milk was 0.49 kg, with no differences between treatments (P = 0.27). However, when related to gain weight, there were differences in favor of the ISS diet (22.32 vs 4.89, respectively; P = 0.002). It is concluded that the inclusion of TD does not affect net enteric methane emissions, but it helps to increase the intake of dry matter and nutrients by dairy cows.

**Keywords:** Tree marigold, greenhouse gases, grasses, polytunnel, intensive silvopastoral systems.

<sup>1</sup> Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV. Carrera 25 No 6-62 Cali, Colombia. hyzavell26@gmail.com. <sup>2</sup>Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

## Introducción

La ganadería colombiana es una de las actividades agrícolas de mayor importancia en el país (FEDEGAN, 2014). Sin embargo, esta actividad ha sido asociada a la deforestación, degradación de los suelos y pérdida de biodiversidad, al tiempo que es una fuente importante de gases con efecto sobre el clima global (Cuartas et al., 2014). Las necesidades energéticas de los bovinos son suplidas a partir de los ácidos grasos volátiles producidos en el rumen (Van Soest, 1994), un proceso en el que intervienen las bacterias metanogénicas del dominio *Archaea* (Lui y Whitman, 2008) que usan como sustratos acetato, grupo metilo, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y dihidrógeno (H<sub>2</sub>) y lo convierten en metano (CH<sub>4</sub>), entre otros productos (Moss et al., 2000). La producción de CH<sub>4</sub> en el rumen es un indicador de ineficiencia energética (Czerkawski, 1986). Actualmente, es necesario tanto reducir las emisiones de metano derivado de la actividad pecuaria, como identificar maneras de aumentar la productividad ganadera, mejorando la nutrición de los animales a través de estrategias sustentables de pastoreo (Peters et al., 2013). Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) pueden permitir esos aumentos a la vez que contribuyen a capturar carbono y disminuir las emisiones de metano (Molina et al., 2013; Barahona et al., 2014; Cuartas et al., 2014). El objetivo del presente estudio fue medir las emisiones de metano de vacas en producción y terneros de levante alimentados en un SSPi con *Tithonia diversifolia* y en un sistema de producción tradicional con solo gramíneas (*Pennisetum clandestinum* o *Brachiaria decumbens*) en trópico alto y bajo, respectivamente.

## Materiales y Métodos

Para medir la producción entérica *in vivo* de metano se usó la técnica del Politúnel (Lockyer, 1997; Murray et al., 2004), modificada por CIPAV. Se realizaron evaluaciones en dos sitios diferentes de Colombia (Rionegro- Antioquia y Pailitas-Cesar) con dos tipos de dietas: con y sin inclusión de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Las condiciones de ambos experimentos se muestran en la Tabla 1.

En cada sitio se seleccionaron 4 animales. En el primer experimento (trópico de altura), las dietas evaluadas fueron: 91% de *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. más 9% de suplemento (maíz amarillo más aceite de palma) para el sistema tradicional con vacas Holstein en producción, mientras que la dieta del sistema silvopastoril intensivo (SSPi) incluyó 63% de *P. clandestinum*, 7% de suplemento y 30% de *T. diversifolia*. En el segundo experimento, una de las dietas para terneros de levante de raza Cebú se componía de *Brachiaria decumbens* Stapf. 100% mientras que la otra consistía de 66% *B. decumbens* más 34% de *T. diversifolia* (SSPi). La oferta

de sal mineralizada y agua fue a libre voluntad. Los politúneles utilizados contaron con un volumen total 83.5 m<sup>3</sup>. El periodo de adaptación a la dieta fue de 10 días, seguido de un día para la adaptación a la carpa y a las siguientes 24 horas para las mediciones de CH<sub>4</sub> a intervalos de una hora. A la par, se realizaron mediciones de temperatura y humedad relativa. Para recolectar el metano se siguieron las recomendaciones de Lockyer (1997) y Murray et al. (2004), usando el aire expulsado por la campana de aspiración pasados 10 s del inicio de la extracción, además, de la toma de muestras en el exterior. Las muestras de gases recolectadas fueron almacenadas en un lugar fresco y seco hasta ser llevadas al laboratorio para el análisis por cromatografía de gases. Los litros totales de metano se calcularon con la ayuda de la ley de gases ideales (López y Newbold, 2007), a partir de la concentración arrojada por el cromatógrafo (milimoles) y el volumen total del politúnel.

También muestras representativas de los forrajes fueron

**Tabla 1.** Descripción de los experimentos y su ubicación

Dietas	Experimento 1	Experimento 2
	Tradicional: K91 + C9 SSPi: K63 + C7 + BO30	Tradicional: B100 SSPi: B66 + BO34
<b>Descripción de los animales</b> (Tipo, raza, edad, peso vivo)	Vacas Holstein, (7 ± 3.1 años; 533 ± 81 Kg)	Terneros Cebú, (12 meses; 168 ± 12 Kg)
Ubicación	Rionegro, Antioquia, Colombia	Pailitas, Cesar, Colombia
Zona de Vida	Bmh-MB	Bs-T
Altura sobre el nivel del mar (m)	2350	1000
Temperatura (°C)	16	25
Humedad Relativa (%)	73	69
Precipitación promedio anual (mm)	2500	750

Abreviaturas: K91+C9: Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) 91% más Concentrado no comercial 9%; K63+C7+BO30: Kikuyo 63% más concentrado no comercial 7% y botón de oro (*Tithonia diversifolia*) 30%; B100: *Brachiaria decumbens* 100%; B66 + BO34: *Brachiaria decumbens* 66% más botón de oro 34%; bmh-MB: Bosque muy húmedo montano bajo; Bs-T: Bosque seco tropical.

analizados por su contenido de proteína cruda (NTC 4657), fibra insoluble en detergente neutro y ácido (FDN y FDA, respectivamente), según técnica secuencial descrita por Van Soest et al., (1991), extracto etéreo (EE) por extracción Soxhlet (NTC 668). Las cenizas (Cen) según la AOAC 942.05 y el contenido de calcio (Ca) y fósforo (P) se determinó por espectrofotometría AA y U.V- VIS (NTC 5151 y 4981), respectivamente. Por último, se determinó el valor calorimétrico

(ISO 9831). Los datos obtenidos se analizaron de forma independiente para cada experimento por medio de un diseño experimental de “sobre-cambio” usando PROC MIXED del software SAS®. El modelo utilizado fue:  $Y_{ij} = \mu + \delta_i + P_j + e_{ij}$ , donde:  $Y_{ij}$ : Observaciones del sujeto en la dieta  $i$  y periodo  $j$ ;  $\mu$ : Media general de la población y  $\delta_i$ : Efecto de la  $i$ -ésima dieta;  $P_j$ : Efecto del  $j$ -ésimo periodo;  $e_{ij}$ : Error experimental

## Resultados y Discusión

En el experimento 1 (trópico alto), no hubo grandes cambios entre dietas, a excepción del contenido de grasa que fue 1,21 veces mayor para la dieta Tradicional y el contenido de calcio que fue mayor para la dieta del SSPi (Tabla 2). En el experimento 2 (trópico bajo), casi se duplicó el contenido de proteína de la dieta con la inclusión de BO (6,3 vs 12,1%, respectivamente; Tabla 2). El contenido de grasa también incrementó con SSPi. El contenido de FDN fue 1.19 veces más alto en el sistema tradicional. La diferencia más notoria entre estas dietas fue el contenido de calcio, que fue 3,5 veces mayor en la dieta del SSPi. Naranjo y Cuartas, (2011) reportaron contenidos de proteína muy diferentes (16,73 y 24,13% en MS, respectivamente) y un contenido de FDN muy similar (37,67 y 38,62% MS).

En el experimento 1, las vacas consumieron más materia seca cuando la dieta contenía BO (12,1 vs 9,6 Kg con y sin herbácea;  $P=0,018$ ; Tabla 3). Sin embargo, los terneros de levante (experimento 2) no mostraron diferencias en consumo, el cual fue en promedio 3,8 kg ( $P=0,286$ ). Al expresar el consumo de materia seca en relación al peso vivo, en el experimento uno la inclusión de *T. diversifolia* estuvo asociado con aumentos de consumo de 1,26 veces. Esto coincide con lo reportado por Mahecha et al., (2007) para vacas Holstein. Por el contrario, en el experimento dos, la inclusión de la arbustiva no cambió el consumo de materia seca ( $P=0,226$ ). De igual forma para el Experimento 1, la emisión diaria de metano fue 84 litros (1,29 veces) mayor en la dieta con BO (368,8 y 284,9, respectivamente;  $P=0,016$ ). Al corregir por el consumo de materia seca,

**Tabla 2.** Composición química (%) de las dietas evaluadas en SSPi y sistemas tradicionales

Análisis	MS, (%)	PC, (%)	FDA, (%)	FDN, (%)	Grasa, (%)	EB, (cal/g)	Cen, (%)	Ca, (%)	P, (%)
<b>Experimento 1: Trópico de altura, vacas lecheras</b>									
Tradicional1	22,27	16,38	28,79	54,88	3,42	4176	10,27	0,31	0,28
SSPi1	21,93	17,71	33,72	52,37	2,86	4141	10,87	0,80	0,29
<b>Experimento 2: Trópico bajo, terneros cebú</b>									
Tradicional2	23,35	6,30	42,10	69,05	1,56	4024	8,22	0,24	0,14
SSPi2	21,82	12,10	40,40	57,71	2,28	4064	10,09	0,84	0,23

Abreviaturas: MS: materia seca; PC: proteína cruda; FDA: fibra en detergente ácido; FDN: fibra en detergente neutro; EB: energía bruta en calorías por gramo; Cen: cenizas; Ca: calcio; P: fósforo; Tradicional1: Kikuyo (*P. clandestinum*) 91% más suplemento 9%; SSPi1: Kikuyo 63% más suplemento 7% y botón de oro (*T. diversifolia*) 30%; Tradicional2: *B. decumbens* 100%; SSPi2: *B. decumbens* 66% más botón de oro 34%

**Tabla 3.** Consumo de materia seca, emisión entérica de metano, Ym y equivalentes de CO<sub>2</sub> emitidos por cada litro de leche o kg de ganancia de peso.

	CMS (Kg día <sup>-1</sup> )	CMS, % PV	Metano L día <sup>-1</sup>	Metano, g Kg <sup>-1</sup> CMS	Ym (%)	Eq CO <sub>2</sub> , kg/L leche	Eq CO <sub>2</sub> , kg/ kg de GP
<b>Experimento 1: Trópico de altura, vacas lecheras</b>							
Tradicional1	9,64 b	1,88 b	284,9 b	21,7	6,89	0,45	--
SSPi1	12,12 a	2,38 a	368,8 a	21,9	7,02	0,53	--
p-valor	0,018	0,021	0,016	0,891	0,799	0,270	--
<b>Experimento 2: Trópico bajo, terneros cebú</b>							
Tradicional2	3,95	2,39	185,3	34,9	11,43	--	22,32 a
SSPi2	3,71	2,18	169,2	32,8	10,74	--	4,89 b
p-valor	0,286	0,226	0,351	0,645	0,645	--	0,002

<sup>a,b</sup> Medias en una columna por sitio con diferente letra son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

Abreviaturas: Tradicional1: Kikuyo (*P. clandestinum*) 91% más suplemento 9%; SSPi1: Kikuyo 63% más suplemento 7% y botón de oro (*T. diversifolia*) 30%; Tradicional2: *B. decumbens* 100%; SSPi2: *B. decumbens* 66% más botón de oro 34%; CMS: Consumo de materia seca; PV: Peso vivo; Ym: Energía bruta perdida en forma de metano; CO<sub>2</sub>-eq: equivalente de dióxido de carbono, GP: Ganancia de peso.

esta diferencia no persistió (21,7 vs 21,9 g CH<sub>4</sub> por kg CMS; P=0,891). Por su parte, en la emisión de gas de los terneros (experimento 2) no hubo diferencia entre dietas (en promedio 33,8 g CH<sub>4</sub> por kg CMS; P= 0,645). Galindo et al., (2014) incluyeron *T. diversifolia* dentro de las especies forrajeras tropicales con potencial para reducir la producción de metano y la población de protozoos ruminales *in vitro*. Esta respuesta podría ser explicada en parte la presencia de metabolitos secundarios. Sin embargo, el contenido de taninos varía según la época de lluvia o sequía (0,56 y 2,17 g Kg<sup>-1</sup>, respectivamente). El porcentaje de energía bruta perdido en forma de metano (Y<sub>m</sub>) fue en promedio 6,95 (Experimento 1) y 11,1% (Experimento 2) y no difirió entre tratamientos (P≥0.05). En promedio, se pierde 4% de la energía bruta en forma de metano más en el trópico bajo que el alto, lo que obedece a la calidad nutricional de la dieta, especialmente el conte-

nido de proteína y FDN.

No hubo diferencias entre tratamiento en los kg de CO<sub>2</sub> -eq emitidos por cada litro de leche. Mahecha et al. (2007) afirman que la proteína y la grasa de la leche de las vacas que consumen *T. diversifolia* es mayor que la de animales con dietas de sólo gramíneas y concentrado (3,82 vs 3,51% proteína y 3,9 vs 3,48% grasa, respectivamente). Sin embargo, la emisión asociada con un kg de ganancia de peso fue mayor en la dieta tradicional (22,3 vs 4,89 Kg CO<sub>2</sub> -eq). Esto lo corroboran Córdoba et al., (2010) quienes reportaron que la producción de carne bovina en sistemas de pastoreo tradicional es de 14 a 23 veces más bajo que la observada en SSPi en el Caribe seco colombiano (56,9 versus 827 - 1341 Kg carne ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, respectivamente). Ambas situaciones, el incremento en la producción de leche y en la ganancia de pesos representan un mayor ingreso al productor.

## Conclusiones

En ambos experimentos, la inclusión de *T. diversifolia* en la dieta de bovinos no estuvo asociada con reducciones en las emisiones entéricas de metano netas, pero sí con aumentos en el consumo de materia seca y de nutrientes en los animales de mayores requerimientos nutricionales. Es necesario iden-

tificar el impacto de la presencia de *T. diversifolia* a nivel del sistema total de producción, para así cuantificar el verdadero impacto de la adopción de SSPi basados en esta especie al contrastarlos contra los beneficios productivos que normalmente se observan en estos sistemas

## Agradecimientos

Este estudio es parte del proyecto “Análisis Integral de sistemas productivos en Colombia para la adaptación al cambio climático”, financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y ejecutado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de producción Agropecuaria (CIPAV) y la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Los autores agradecen a sus propietarios y al personal de las Haciendas Lucerna y Sinaí, y a todos los que apoyaron en la toma de los datos acá reportados.

## Bibliografía

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. Official Method 942.05. Determination of ash in Animal Feed. En *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 18 ed. Gaithersburg, MD, USA, pp. 8.
- Barahona, R., Sánchez, M.S., Murgueitio, E., Chará, J., 2014. Contribución de la *Leucaena leucocephala* Lam (de Wit) a la oferta y digestibilidad de nutrientes y las emisiones de metano entérico en bovinos pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos. En: Premio Nacional de Ganadería José Raimundo Sojo Zambrano. Modalidad Investigación Científica. Revista Carta Fedegán No. 140. Enero – Febrero de 2014. Bogotá. Colombia. pp 66-69
- Córdoba, C., Murgueitio, E., Uribe, F., Naranjo, J., Cuartas, C., 2010. Productividad vegetal y animal bajo sistemas de pastoreo tradicional y sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) en el Caribe seco colombiano. En: Ibrahim M, Murgueitio E (Eds). Proceedings of the Sixth International Congress of Agroforestry for Sustainable Animal Production: Multiplication and silvopastoral agroforestry systems for adaptation and mitigation of climate change on livestock territories. Technical Meeting/ CATIE; No.15.Turrialba, C.R: CATIE – CIPAV, pp160.
- Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Tarazona, A.M., Murgueitio, E., Chará, J.D., Ku, J. Solorio, F.J., Flores, M.X., Solorio, B., Barahona, R., 2014. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 27(2), 76-94.
- Czerkawski, J. W., 1986. An introduction to rumen studies. Pergamon Press, Oxford, UK.
- Federación Colombiana de Ganaderos y Fondo Nacional del Ganado, 2014. Publicaciones Estadísticas; Inventario Ganadero: Análisis del inventario ganadero colombiano para el año 2013: Comportamiento y variables explicativas. Disponible en: <http://www.fedegan.org.co/estadisticas/publicaciones-estadisticas> (Consultado 20 ene. 2015)

- Galindo, J., González, N., Marrero, Y., Sosa, A., Ruiz, T., Febles, T., Torres, V., Aldana, A. I., Achang, G., Moreira, O., Sarduy, L., Noda, A. C., 2014. Efecto del follaje de plantas tropicales en el control de la producción de metano y la población de protozoos ruminales *in vitro*. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 48(4), 359-364.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 1973. NTC 668. Recuperado el 05 de Diciembre de 2014668. Alimentos y materias primas. Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2001. NTC 4981. Alimentos para animales. Determinación del contenido de fósforo. Método espectrofotométrico. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2003. NTC 5151. Alimento para animales. Determinación de los contenidos de Calcio, Cobre, Hierro, Magnesio, Manganeso, Potasio, Sodio y Zinc. Método usando espectrometría de absorción atómica. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 1999. NTC 4657. Alimento para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl. Bogotá, Colombia.
- International Organization for Standardization (ISO), 1999. Animal feeding stuffs. Determination of moisture and other volatile matter content. ISO 6496. Geneva, Switzerland.
- Liu, Y., Whitman, W. B., 2008. Metabolic, phylogenetic, and ecological diversity of the methanogenic archaea. Annals of the New York Academy of Sciences 1125, 171-189.
- Lockyer, D. R., 1997. Methane emissions from grazing sheep and calves. Agriculture, Ecosystems and Environment 66(1), 11-18.
- López, S., Newbold, C. J., 2007. Analysis of methane. En FAO-IAEA, H. P. Makkar, P. Vercoe (Eds), *Measuring methane production from ruminants*. Springer. pp 10.
- Mahecha, L., Escobar, J., Suárez, J., Restrepo, L., 2007. *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). Livestock Res. Rural Dev. 19(2):16. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.htm> (Consultado 20 ene. 2015).
- Molina, I. C., Cantet, J. M., Montoya, S., Correa, G. A., Barahona, R., 2013. Producción de metano *in vitro* de dos gramíneas tropicales solas y mezcladas con *Leucaena leucocephala* o *Gliricidia sepium*. Ces medicina veterinaria zootecnia 8(2), 15-31.
- Moss, A. R., Jouany, J. P., Newbold, J. A., 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. Annales De Zootechnie 49(3), 231-253.
- Murray, P. J., Chadwi, D. C., Newbold, C. J., Lockyer, D. R., 2004. Measurement of methane from grazing animals- the tunnel method. En H. P. Makkar, & P. E.
- Naranjo, J., Cuartas, C., 2011. Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. Rev. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, 6(1), 9-19. Disponible en: <http://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/1489/993> (Consultado 20 ene. 2015).
- Peters, M., Herrero, M., Fisher, M., Erb, K., Rao, I., Subbarao, G., Castro, A., Arango, J., Chará, J., Murgueitio, E., Van der, Hoek R., Läderach, P., Hyman, G., Tapasco, J., Strassburg, B., Paul B., Rincón, A., Schultze-Kraft, R., Fonte, S., Searchinger, T., 2013. Challenges and opportunities for improving eco-efficiency of tropical forage-based systems to mitigate greenhouse gas emissions. Tropical Grasslands 1, 156-167.
- Van Soest, P. J., 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant, 2nd edn. Cornell, Itaca-NY.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A., 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74(10) 3583-3597.

# Impacto del pago por servicios ambientales y la asistencia técnica en silvopastoriles en Quindío, Colombia

C. Zapata; J. Robalino; D.N. Barton; M. Ibrahim; A. Solarte; D. Tobar.

## Resumen

El Pago por Servicios Ambientales (PSA) es un instrumento de política, usado principalmente para promover la conservación de bosques, con menos aplicación en sistemas agroforestales como los Sistemas Silvopastoriles (SSP), en paisajes ganaderos. La mayoría de estudios que evalúan la efectividad del PSA en SSP se han focalizado en la efectividad del PSA actuando solo. Además, los estudios se han orientado sobre la efectividad en la adopción y participación inmediata, sin información de los SSP en los primeros años después de terminado el incentivo.

Se evaluó el efecto del PSA junto con el servicio de Asistencia Técnica (AT) del Proyecto “Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas” (ESIME), en Colombia, con participantes en esquemas de 2 y 4 años, en el periodo entre 2003 y 2007; y el efecto cuatro años después de finalizado el programa. Se evaluaron dos usos de conservación (bosque ribereño y bosques), cuatro usos silvopastoriles (pastura con árboles, bancos de forraje, SSP Intensivos (SSPI) y cercas vivas), y tres usos tradicionales intensivos (pasturas degradadas, pasturas sin árboles y cultivos agrícolas).

Se emplearon imágenes de satélite y mediciones de campo, en 2003, 2007 y 2011, combinado con entrevistas socioeconómicas en 2003 y 2011. En este cuasi-experimento se usaron regresiones probit y técnicas de emparejamiento para evaluar la adopción y permanencia de usos del suelo. Se encontró que el PSA+AT promovido por el ESIME durante 4 años, incrementó los usos de conservación y SSP, y redujo los usos de pasturas degradadas y pasturas sin árboles. Después del programa, se registró efecto en la proporción de superficie con bosque ribereño, SSP de pastura con árboles y cercas vivas. Los SSPI y bancos de forraje continuaron desarrollándose sin el programa. Se recomienda que futuros programas de PSA en paisajes ganaderos, sean desarrollados por mínimo cuatro años, para mantener los usos promovidos.

**Palabras clave:** ESIME, conservación, emparejamiento, adopción, ganadería.

## Impact of a mix of payments for environmental services and technical extension of silvopastoral in Quindío, Colombia

## Abstract

Payment for Environmental Services (PES) is a policy instrument mainly used to promote forest conservation, and to a lesser extent agroforestry such as silvopastoral systems (SPS), in livestock landscapes. Most of the studies evaluating the effectiveness of PES in SPS have focused on the conservation effectiveness of PES acting alone. Furthermore, studies have tended to focus on effectiveness on adoption and short term participation, with no information of the SPS beyond the first few years after the payment of the incentive has ceased.

We evaluated the effect of PES together with Technical Extension (TE) service of the “Regional Integrated Silvopastoral Ecosystem Management Project” (RISEMP), in Colombia, for participants of the schemes for 2 and 4 years, from 2003 to 2007 and the actions 4 years after. Land uses were: two conservation possibilities (riparian forest and conservation forests), four silvopastoral systems (scattered trees in pastures, fodder banks, intensive SPS and live fences) and three traditionally intensive land use practices (degraded pasture, pasture without trees and agricultural uses).

Productive surveys combine the use remote sensing images and field measurements of land uses at farm level. They were carried out in 2003, 2007 and 2011. Socio-economic survey were carried out in 2003 and 2011. In this quasi-experimental setting, we used probit regression and propensity scores matching techniques were used to evaluate adoption and permanence in land use practices. We found that PES + TE for four years promoted by RISEMP led to changes toward conservation land uses and silvopastoral systems and reduced degraded pastures and treeless pastures. After the program end, we recorded effects in the proportion of riparian forest area, SSP pasture with trees and live fences. SSPI and fodder banks continue being developed without the program. It is recommended that future PES projects in livestock landscapes schemes should be implemented for at least four years, to maintain the land uses being promoted.

**Keywords:** RISEMP, conservation, matching, adoption, livestock.



## Introducción

La ganadería contribuye, mediante el pastoreo, a la degradación ambiental. En Colombia, la ganadería está presente en aproximadamente el 34% del territorio nacional, y se calcula que solamente el 50% del área destinada a ganadería se encuentra en zonas aptas para esta actividad, generando en muchos casos, externalidades ambientales negativas (FED-EGAN 2006). En este sentido, los SSP son una alternativa para convertir la ganadería tradicional en una actividad más rentable y con menos impactos negativos (Murgueitio *et al.* 2011). Los SSP generan una amplia gama de beneficios ambientales, socioeconómicos y productivos, sin embargo, su adopción, establecimiento y difusión no son los esperados (Dagang y Nair 2003).

Una experiencia de referencia en la implementación de SSP fue el proyecto ESIME, desarrollado en Colombia, Costa Rica y Nicaragua entre 2003 y 2007. En este caso, a través del Pago por Servicios Ambientales (PSA) y Asistencia Técnica (AT) se promovió en las fincas cambios en los usos de la tierra, hacia el establecimiento de SSP y la protección de bosques. El PSA enfocado a silvopastoriles es un reconocimiento económico que se les entrega a los propietarios con usos de la tierra ganaderos, los cuales deciden participar voluntaria-

mente en la provisión de servicios ambientales a través de la implementación de SSP y la conservación de otros usos de la tierra en sus predios (Pagiola *et al.* 2004).

En los programas de PSA, la evaluación ha estado enfocada en la generación de los servicios ambientales. Cuando el programa de PSA no es permanente, la evaluación puede estar orientada a establecer si los cambios en los usos de la tierra continúan una vez que los pagos finalizan (Wunder *et al.* 2008). En la última década, la evaluación de impacto de una intervención (proyecto, programa o política) ha dejado de ser un proceso de seguimiento y monitoreo de indicadores y se ha consolidado como un análisis hipotético o contrafactual. Mediante este análisis se evalúa el grado en que los cambios en los resultados pueden atribuirse a una intervención y no a otros factores (Ferraro 2009). Este modelo de evaluación ha sido más aplicado en la medición del efecto del PSA en deforestación, analizando el efecto del instrumento actuando individualmente. En esta investigación se evaluó el efecto del PSA y la AT en los usos del suelo silvopastoriles y de conservación, en esquemas de pago de 2 y 4 años del proyecto ESIME en Colombia, durante el periodo del proyecto y cuatro años después de terminado el incentivo.

## Materiales y métodos

El área de estudio comprende fincas de productores de los municipios de Armenia, Circasia, Montenegro, Quimbaya y La Tebaida, departamento del Quindío y los municipios de Alcalá, Ulloa y Cartago, en el departamento del Valle del Cauca, Colombia.

Para estimar el efecto del tratamiento (PSA+AT) durante el programa (2003 a 2007), se utilizó la diferencia promedio entre el cambio en los usos del suelo en las fincas con esquemas de 2 y 4 años, comparado con el cambio en usos del suelo en fincas no participantes en el mismo periodo. El procedimiento para conocer el efecto después del programa fue similar anterior, analizando los cambios ocurridos en el 2011 respecto al 2003. El grupo tratamiento incluyó las fincas que participaron en el programa, 28 fincas en el esquema de 4 años, y 22 fincas en el esquema de 2 años. Para hacer la comparación se utilizó un grupo de 29 fincas que no participaron en el proyecto, llamadas grupo de comparación, seleccionadas de forma que representaran características similares a las fincas tratamiento, y fueron monitoreadas y encuestadas en forma paralela a las fincas participantes.

La encuesta socioeconómica se realizó en el año 2003 a las fincas con PSA y las fincas sin PSA, constituyendo la línea base. El monitoreo de los usos del suelo se realizó para las fincas con PSA y sin PSA, mediante el uso de imágenes Quickbird del año 2003, imágenes de satélite Landsat y georeferenciación con GPS (Murgueitio *et al.* 2003). Las variables dependientes corresponden a los cambios en los usos del suelo entre el año 2007 con respecto al año 2003 y los cambios ocurridos en el año 2011 respecto al año 2003. Los 28 usos del

suelo identificados durante el desarrollo del proyecto ESIME se agruparon en nueve usos en las categorías de conservación, SSP y usos intensivos de producción. La variable independiente de interés corresponde al PSA con AT. En las variables independientes de control, se seleccionaron 16 variables del año base 2003, relacionadas con las características del propietario, de la finca y su tipo de manejo, que se presentan en la primera columna de la Tabla 1.

Se realizó un análisis econométrico utilizando un modelo de regresión probit con enfoque binario de participación/no participación. Los coeficientes generados en las regresiones probit se emplearon en el emparejamiento (Matching), para encontrar las observaciones similares estadísticamente entre los grupos con PSA+AT y sin PSA+AT. Para emparejar cada individuo tratado con el individuo control más similar, se utilizó el estimador de emparejamiento por el vecino más cercano con remplazo de 1 y 5 vecinos (Caliendo y Kopeinig 2008). La similitud se analizó empleando las variables independientes de control de la Tabla 1, escogiendo las observaciones que tienen la probabilidad de ser tratadas más parecidas, denominado propensity score matching (Rosenbaum y Rubin 1983). En la selección se trabajó con la región de soporte común o traslape y un caliper de 0.05 unidades de probabilidad. Luego de realizar el emparejamiento se realizaron pruebas T bilaterales para probar su calidad. Después de que se estableció la calidad del emparejamiento se realizaron regresiones lineales para las variables dependientes, con el objetivo de hacer la corrección de sesgo. Los resultados finales de estas pruebas son la determinación del efecto del programa de PSA con AT.

## Resultados y discusión

En el análisis de participación se encontró que la probabilidad de participación estuvo afectada por ocho variables estadísticamente significativas en el esquema de PSA+AT 2 años, y por seis variables significativas en el PSA 4 años con AT (Tabla 1). Por lo tanto, los grupos de tratamiento y comparación fueron balanceados, es decir, que la probabilidad de participación promedio y la media de las variables de control debe ser igual entre ambos grupos.

Durante el desarrollo del programa PSA+AT de 4 años hubo efecto significativo estadísticamente en la adopción o desarrollo de los usos de conservación y silvopastoriles, así como la reducción de los usos intensivos de pasturas sin árboles y pasturas degradadas. En el 2011, cuatro años después de haber terminado el programa, el mismo tratamiento presentó efecto en relación a incrementar en las fincas participantes la super-

ficie en los usos de conservación de bosques ribereños, y usos silvopastoriles de pasturas con árboles y cercas vivas. Durante el desarrollo del PSA+AT de 2 años se presentó efecto en el incremento de la proporción del área de la finca con pasturas con árboles, cercas vivas y se redujo la proporción del área de la finca en usos intensivos de pasturas sin árboles. En los usos del suelo en que no hubo efecto estadísticamente significativo, durante y después de haber terminado los dos programas, se observó una tendencia de efecto positivo, es decir, que los valores en las fincas con programa fueron más altos que en las fincas sin programa (Tabla 2).

La evidencia del efecto del programa de PSA+AT de 4 años en el uso de bosque ribereño, muestra la importancia de la combinación de incentivos y la duración del programa para promover y mantener este tipo de uso del suelo en paisajes

Tabla 1. Efecto marginal de la probabilidad de participación en el programa

Variable	PSA+AT 2 años	PSA+AT 4 años
Características socioeconómicas del propietario		
Edad del propietario (años)	-0.026*	-0.018
Residencia en la finca	0.101	0.255
Características biofísicas de la finca		
Área de la finca (Has)	0.016*	0.015**
Topografía ondulada (%)	0.953**	0.741*
Topografía quebrada (%)	0.816*	0.429
Distancia al centro poblado (Km)	0.034	0.057*
Características de manejo y uso del suelo en la finca		
Mano de obra ocasional para trabajar en ganadería (Días/año)	0.000	-0.002
Carga animal (UGG)	0.058	0.085
Finca lechera	-0.196	0.552***
Finca doble propósito	-0.074	0.510
Cultivos agrícolas (%)	-2.774	-2.427*
Pastura degradada (%)	-4.444*	-1.527
Pastura sin árboles (%)	-3.127*	-1.194
Pastura con árboles (%)	-2.596	-1.341
Cercas vivas (%)	-0.085*	-0.002
Bosque ribereño (%)	-5.091*	-3.919*
Observaciones tratamiento	19	22
Observaciones control	29	29
Prob > chi <sup>2</sup>	0.00	0.01
Pseudo R <sup>2</sup>	0.58	0.44
Correctamente clasificados	0.79	0.82

P (Prueba T): \*90% (1,645), \*\*95%(1.960), \*\*\*99%(2,576). Variables sin asterisco no son significativas. En la tabla se presentan los efectos marginales de cada variable con el signo que acompaña el coeficiente. El efecto marginal se refiere al cambio que existe en las unidades de cada variable respecto a la probabilidad. El signo de la variable es la dirección del efecto en la probabilidad (aumenta o reduce).

Tabla 2. Efecto de los programas implementados en los cambios de uso del suelo

Usos del suelo (variables dependientes)	Usos del suelo de conservación			
	PSA + AT 2 años		PSA + AT 4 años	
	2003-2007	2007-2011	2003-2007	2007-2011
Bosque ribereño (%)	0.0036	0.0036	0.0118**	0.0145**
Usos de conservación (%)	0.0117	0.0088	0.0120**	0.0165
Usos del suelo silvopastoriles				
Pasturas con árboles (%)	0.3127**	0.0124	0.2016***	0.0898**
Cercas vivas (m/ha)	191.6***	87.9	174.7***	163***
Bancos de forraje (%)	0.0184	-0.0026	0.0537**	0.0246
Silvopastoril intensivo (%)	0.1061	0.0893	0.0503**	0.0140
Usos del suelo tradicionales de agricultura y ganadería				
Pastura degradada (%)	-0.0256	-0.0161	-0.0434*	-0.0163
Pasturas sin árboles (%)	-0.4373***	-0.1935	-0.3866***	-0.1143
Cultivos agrícolas (%)	0.0105	0.0981	0.0974 **	-0.0412

P: \* 90%, \*\* 95% \*\*\* 99%. Los valores corresponden a las diferencias entre el promedio del grupo tratamiento y el grupo de comparación.

ganaderos. Los incentivos para convertir tierras en pastoreo a usos forestales de conservación, diferentes a las superficies en bosques ribereños, compiten con los costos de oportunidad de usos más rentables. En este sentido, el empleo de incentivos que operen de forma mas prolongada en el tiempo, determinará que los beneficios privados económicos sean mayores (Pagiola *et al.* 2005; Pagiola *et al.* 2007; Pagiola *et al.* 2011). Para los usos de SSP de pasturas con árboles y cercas vivas, es probable afirmar que estas practicas se lograron mantener gracias a que recibieron el programa durante cuatro años. Los usos silvopastoriles de bancos de forraje y el SSPI, continuaron desarrollándose en ausencia del programa de PSA+AT, principalmente en las fincas del grupo de comparación. Posiblemente, contribuyó en esto la aprobación en Colombia el Incentivo a la Capitalización Rural (ICR) de apoyo al establecimiento del SSPI en el 2007, generando que este tipo de SSP haya tenido mayor difusión y apoyo económico para su establecimiento. También pudo incidir en este comportamiento, que para el SSPI se requiere de la aplicación de practicas de manejo rigurosos y oportunas, para las que es necesario

contar con asistencia técnica especializada (Calle *et al.* 2012). Por lo tanto, es posible que cuatro años no sea el tiempo suficiente para garantizar el manejo exitoso de estos sistemas. Es recomendable que para los SSP de bancos de forraje y SSPI, se desarrollen más estudios que evalúen la combinación de instrumentos.

Durante el desarrollo del programa de PSA+AT de 4 años se evidenció efecto significativo en la reducción de los usos del suelo de pasturas sin árboles, pasturas degradadas y cultivos agrícolas, mostrando la relación que existe entre el incremento de las prácticas de conservación y producción sostenible con la reducción de usos predominantes. De esta forma se corrobora la importancia del programa de PSA+AT durante cuatro años en la disminución de los usos intensivos. El hecho de no haber encontrado efecto significativo después de terminado el programa, pudo deberse al incremento de cultivos agrícolas comerciales en áreas de usos en pasturas sin árboles y pasturas degradadas, generando una disminución sustancial de estos usos, proceso observado con mayor frecuencia en las fincas no participantes.

## Conclusiones

Estos resultados muestran que esquemas de PSA de 2 años son muy cortos para garantizar el establecimiento y la sostenibilidad de los sistemas silvopastoriles, aunque se combinen con la asistencia técnica. El PSA + AT de 4 años es un tiempo

prudencial para promover que los sistemas silvopastoriles de pasturas con árboles y cercas vivas, se implementen y permanezcan durante al menos cuatro años después de terminado el incentivo.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a todos los propietarios de las fincas por haber participado en las encuestas y el monitoreo. Al equipo técnico de la Fundación CIPAV, por todo el apoyo logístico para la visita de las fincas, el desarrollo de la encuesta y la georeferenciación de los predios. A los financiadores: Consejo Noruego de Investigación para el proyecto PESILA-REDD (Grant no. 204058/F10. Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN) y Fundación CIPAV (Contrato No. 1465/ 2011).

## Bibliografía

- Caliendo, M; Kopeinig, S. 2008. Some practical guidance for the implementation of propensity score matching. *Journal of Economic Surveys* 22(1):31-72.
- Calle, Z; Murgueitio, E; Chará, J. 2012. Integración de las actividades forestales con la ganadería extensiva sostenible y la restauración del paisaje. *Unasylva: Revista internacional de silvicultura e industrias forestales* (239):31-40.
- Dagang, ABK; Nair, PKR. 2003. Silvopastoral research and adoption in Central America: recent findings and recommendations for future directions. *Agroforestry Systems* 59(2):149-155.
- FEDEGAN (Federación Nacional de Ganaderos, CO). 2006. Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019. Bogotá, CO, FEDEGAN - FNG. 296 p.
- Ferraro, PJ. 2009. Counterfactual thinking and impact evaluation in environmental policy. *New Directions for Evaluation* 2009(122):75-84.
- Murgueitio, E; Ibrahim, M; Ramírez, E; Zapata, A; Mejía, C; Casasola, F. 2003. Uso de la tierra en fincas ganaderas. Guía para el pago de servicios ambientales en el proyecto “Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas” CIPAV. Cali, CO. 97 p.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., & Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261, 1654–1663.
- Pagiola, S; Agostini, P; Gobbi, J; de Haan, C; Ibrahim, M; Murgueitio, E; Ramírez, E; Rosales, M; Ruiz, JP. 2004. Paying for biodiversity conservation services in agricultural landscapes. Washington DC, World Bank. 40 p.
- Pagiola, S; Arcenas, A; Platais, G. 2005. Can Payments for Environmental Services Help Reduce Poverty? An Exploration of the Issues and the Evidence to Date from Latin America. *World Development* 33(2):237-253.
- Pagiola, S; Rios, A; Arcenas, A. 2007. Poor household participation in payments for environmental services: Lessons from the Silvopastoral Project in Quindío, Colombia. *Environmental and Resource Economics*:1-24.
- Pagiola, S; Murgueitio, E; Ruiz, JP. 2011. Esquema de pago por servicios ambientales. In Chará, J; Murgueitio, E; Zuluaga, AF; Giraldo, C. eds. *Ganadería Colombiana Sostenible*. Cali, Fundación CIPAV. p. 37-47.
- Rosenbaum, PR; Rubin, DB. 1983. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika* 70(1):41.
- Wunder, S; Engel, S; Pagiola, S. 2008. Taking stock: A comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries. *Ecological Economics* 65(4):834-852.

# Sistemas Silvopastoriles: ¿Cómo Afectan Las Propiedades Bioquímicas De Suelos Templados?

*P.F Di Gerónimo Paula<sup>1</sup>; C. Videla<sup>1</sup>; M.E Fernandez<sup>2</sup>; E.C. Zamuner<sup>1</sup>; P. Laclau<sup>3</sup>*

## Resumen

La intensificación del uso agrícola en la Región Pampeana generó degradación física, química y biológica del suelo, ante lo cual, es necesario explorar alternativas para detener este proceso. En sitios de aptitud agrícola, se recurre al sistema de siembra directa (SD), mientras que en zonas serranas, donde SD no es viable, los sistemas silvopastoriles serían una alternativa a evaluar. El objetivo de este trabajo fue evaluar propiedades químicas de suelos de montes de pino y de áreas recolonizadas por vegetación nativa luego de su raleo, y compararlas con pastizal natural y suelo bajo uso agrícola. En un establecimiento agropecuario de Tandil (Bs.As.) se analizaron: Monte de pinos (MP), Pastizal secundario (PS) luego del raleo de franjas de MP, Agricultura (AGR) y Pastizal Natural (PN). Se analizaron: pH, Conductividad eléctrica (CE), Capacidad de intercambio Catiónico (CIC), C orgánico total (COT), P extractable (P), N potencialmente mineralizable (Nan), mineralización potencial de C y N del mantillo en MP y PS, y, sólo en MP, PS y PN, producción de materia seca. Todos los manejos acidificaron el suelo y aumentaron la CE con respecto a PN. Bajo AGR disminuyó el COT en relación a PN (36,6 y 42,6 gC kg<sup>-1</sup>, respectivamente), y bajo MP y PS aumentó (69,8 gC kg<sup>-1</sup>). La CIC aumentó en el sistema forestal, asociado al aumento de COT. El P extractable aumentó bajo AGR por la fertilización. El mayor Nan fue en PN (249,5 mg N kg<sup>-1</sup> de 0-5 cm de suelo), y el menor en AGR (91,3 mg N kg<sup>-1</sup> a igual profundidad). Aunque PS y MP tuvieron mayor COT, presentaron menor Nan que PN. MP y PS mineralizaron igual cantidad de C, pero PS mineralizó más N que MP. El PS fue invadido por malezas, por lo que su producción de materia seca no pudo compararse con la de PN.

**Palabras clave:** agricultura; pastizal natural; propiedades de suelo.

## Silvopastoral Systems: How The Biochemical Properties Of Temperate Soils Affected?

### Abstract

The intensification of agricultural use in the Pampas has generated physical, chemical and biological soil degradation; it is though necessary to explore alternatives to stop this process. In areas suitable for agriculture, no till system (SD) could be applied, while in hilly areas, where SD is not feasible, silvopastoral systems would be a possible alternative. The objective of this study was to evaluate soil chemical properties of pine forests and areas recolonized with native vegetation after having been thinned, and compare them with natural grassland and agricultural areas. In an agricultural farm in Tandil (Buenos Aires) the following areas were analyzed: pine forest (MP), secondary grassland after thinning stripes of MP (PS), agriculture (AGR) and natural grasslands (PN). The following variables were analyzed: pH, electrical conductivity (EC), Cation Exchange Capacity (CEC), total organic C (TOC), extractable P (P), N mineralization potential (Nan), potential C and N mineralization of mulch in MP and PS, and only in MP, PS and PN, dry matter production. All dealings acidified the soil and increased the EC compared to PN. TOC decreased under AGR as referred to PN (36.6 and 42.6 gC kg<sup>-1</sup>, respectively), but it increased under MP and PS (69.8 gC kg<sup>-1</sup>). CIC increased in the forest system, associated with increased COT. The extractable P increased under AGR because of fertilization. The highest Nan was in PN (249.5 mg N kg<sup>-1</sup> soil 0-5 cm), and the lowest in AGR (91.3 mg N kg<sup>-1</sup> at the same depth). Although PS and MP had higher TOC, they had lower Nan than PN. MP and PS mineralized equal C amounts, but PS mineralized more N than MP. As PS was invaded by weeds, its dry matter production could not be compared with PN.

**Keywords:** agriculture; natural grassland; soil properties.

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP, ruta 226 km 74,5 digeronimopaula@gmail.com, <sup>2</sup>CONICET, <sup>3</sup>INTA.

## Introducción

El proceso de agriculturización en nuestro país dio lugar al uso más intensivo de los suelos, provocando pérdidas significativas de materia orgánica (MO) (Sainz Rozas *et al.*, 2011) y una degradación física (Aparicio y Costa, 2007), química y biológica de los suelos (Ferrerías *et al.*, 2007).

Se han encontrado severas disminuciones del carbono orgánico total (COT) del suelo con diferencias entre -22 y +64 % en sistemas cultivados en comparación con sistemas naturales, (Alvarez *et al.*, 2014). Como consecuencia, se redujo la capacidad del suelo de abastecer nutrientes, principalmente N y P. Asociado al mayor uso agrícola de los suelos se han encontrado disminuciones del Nitrógeno potencialmente mineralizable (Nan) en la capa arable (Reussi Calvo *et al.*, 2013) y disminución en la concentración de P en el suelo (Sainz Rozas *et al.*, 2012). Además, la mencionada intensificación implica elevadas tasas de extracción de nutrientes, incremento del uso de fertilizantes amoniacales y falta de reposición de nutrientes como calcio (Ca) y magnesio (Mg). Como consecuencia, se ha producido un paulatino aumento de la acidez de los suelos (Vázquez, 2005).

Ante la situación reconocida de pérdida de calidad de suelo, existen varias alternativas de manejo que pueden detener el proceso de degradación, una de estas alternativas es el

empleo del sistema de siembra directa (SD). Si bien este sistema puede mejorar la condición del suelo, hay situaciones en que no es suficiente o que la condición del suelo no es apta para su aplicación, como ocurre en áreas con mucha pendiente o pedregosas, tales como las zonas serranas del sudeste de la provincia de Buenos Aires. Una alternativa a evaluar en estas zonas la constituyen los sistemas silvopastoriles (SSP), en los que se desarrollan conjuntamente, árboles y pasturas que se explotan para la producción animal. Existe poca información disponible sobre los sistemas agroforestales templados, su efecto en las propiedades del suelo y la dinámica de crecimiento de las especies de sotobosque. En función de las problemáticas planteadas, se plantearon los siguientes objetivos: i) Evaluar propiedades químicas de suelos de montes forestales implantados y de áreas recolonizadas por vegetación nativa o naturalizada luego de la eliminación de franjas de árboles en el monte, ii) Comparar la influencia del sistema forestal de plantación densa con un pastizal natural y con el manejo agrícola tradicional sobre las propiedades químicas del suelo y iii) Estimar la productividad de las especies herbáceas que colonizan franjas deforestadas para la implementación de SSP en plantaciones densas.

## Materiales y métodos

Se trabajó en un establecimiento agropecuario ubicado en el partido de Tandil en el que se seleccionaron situaciones de manejo establecidas sobre suelos con características físico-químicas similares:

Monte de pinos (MP): forestación de 22 años de antigüedad de *Pinus radiata* D. Don. con una densidad de plantación inicial de 1600 pies/ha.

Pastizal secundario (PS): franjas de 10 m de ancho raleadas en el monte, 2 y 3 años antes de este estudio.

Agricultura (AGR): lote con más de 20 años de siembra directa y rotación Trigo-Cebada/soja/girasol-colza.

Pastizal Natural (PN): ubicado al pie de la sierra, prácticamente sin intervención antrópica.

Se realizaron muestreos de suelo en las cuatro situaciones seleccionadas (MP, PS, PN y AGR) en cuatro momentos del año (diciembre de 2013, marzo, junio y octubre de 2014), a dos profundidades: 0-5 y 5-20 cm. En cada oportunidad, se tomaron aleatoriamente tres muestras compuestas de 20 submuestras en cada área experimental. Todas las muestras fueron secadas en estufa a 30°C, molidas y tamizadas por 2 mm o 0,5 mm, según el análisis a realizar. En las muestras de suelo del primer muestreo se analizaron: acidez activa, (Dewis y Freitas, 1970), Conductividad eléctrica (Sbaraglia *et al.*, 1988), Capacidad de intercambio de cationes (Summer y Miller, 1996), C orgánico total (Nelson y Sommers, 1982)

y P extractable (Bray y Kurtz, 1945). Además, se estimó el N potencialmente mineralizable por incubación anaeróbica (Waring, Bremner, 1964) en las cuatro fechas de muestreo, por ser un parámetro que presentaría variaciones en función a las condiciones ambientales.

También se realizó un ensayo de mineralización de C y N del mantillo con suelo de MP y PS. Se incubaron muestras de suelo y mezclas suelo-mantillo a 22°C y 80% de la máxima capacidad de retención de agua. Se cuantificó la producción de CO<sub>2</sub> generado por respiración en los días 1, 2, 3, 7, 14, 21 y 28 (Anderson, 1982) y los contenidos de N mineral al inicio y al final del ensayo (Bremner y Keeney 1965).

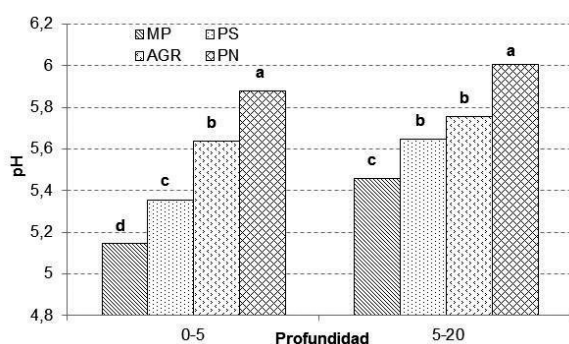
Por último, en MP, PS y PN se realizaron muestreos de vegetación. Para cada sitio se seleccionaron al azar seis lugares de muestreo en cada manejo, los que fueron georreferenciados y aislados con jaulas de alambre. Inicialmente se registró la composición botánica en cada sitio y se realizó un corte a 5 cm del suelo. En cada momento de muestreo (diciembre de 2013, marzo, junio y octubre de 2014), se cosechó el pasto acumulado utilizando aros de 55 cm de diámetro, el cual se secó en estufa a 60°C a fines de determinar la materia seca.

Los datos se analizaron a través del procedimiento GLM SAS Institute Inc. (2008) y las diferencias entre medias se evaluaron con el test LSD a un nivel de significancia del 5%. En el caso del Nan se analizaron separadamente las profundidades

## Resultados y discusión

Todas las variables analizadas presentaron diferencias significativas entre sistemas de manejo, profundidades e interacción entre dichos factores.

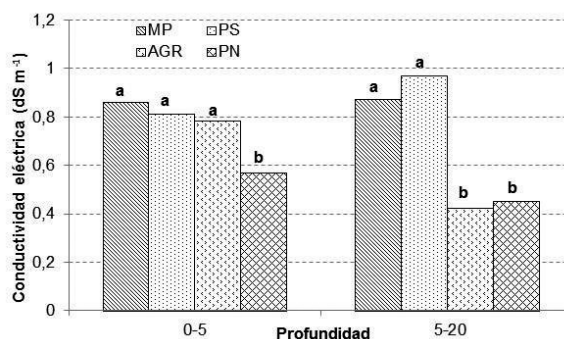
Todos los manejos redujeron el pH respecto a la situación original (PN), principalmente MP donde se observó la mayor acidificación (0,64 unidades de pH) (Figura 1). Esta reducción habría ocurrido a expensas de un aumento en la saturación de los sitios de intercambio con  $H^+$ , la que se debería a la mayor absorción de cationes de los árboles (Jobbagy y Jackson 2003). También puede asociarse a la composición química del mantillo de pinos: bajo contenido de Ca, y presencia de compuestos como resinas, grasas y lignina, los cuales inhiben la actividad de la fauna, y favorecen la flora fungosa. Esto tendría consecuencias en los productos de la descomposición, cuyo efecto final es una disminución marcada del pH (Schlatter y Otero, 1995). A pesar que el pH de PS fue significativamente menor que PN, la eliminación de los pinos en esa zona provocó un aumento significativo de 0,19 unidades, lo cual indica que la acidificación está directamente asociada a la presencia de pinos y que, al eliminarse los árboles el suelo rápidamente comienza a recuperar su pH original (PN). En cuanto a AGR, la reducción de 0,31 unidades de pH en relación a PN, coincide con la tendencia encontrada para la Región Pampeana de 0,29 unidades de pH (Sainz Rozas *et al.*, 2012). Esto responde a procesos de exportación de bases con las cosechas (Vázquez, 2005), empleo de fertilizantes amoniacales e implementación de siembra directa (Wyngaard, 2010). Las mayores reducciones del pH ocurren en los primeros cm, ya que es en esa zona donde hay mayor influencia de los procesos causales en todos los sistemas analizados.



**Figura 1.** Acidez activa del suelo para diferentes situaciones de manejo (MP: monte de pinos, PS: pastizal secundario luego del desmonte, AGR: agricultura bajo rotaciones y siembra directa y PN: pastizal natural) comparando dos profundidades de suelo (0-5 cm y 5-20 cm). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas (LSD,  $\alpha = 0,05$ ).

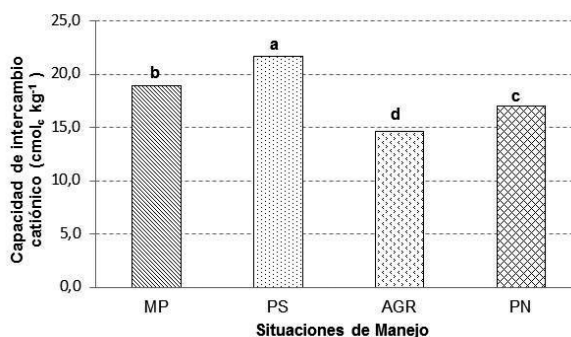
Todos los manejos que alteraron la condición original, generaron aumentos en la CE (Figura 2), pero ninguno alcanzó valores tales que afectaran el normal desarrollo vegetal. En MP y PS se encontraron los mayores valores en ambas profundidades (0,87 y 0,89  $dS\ m^{-1}$ , respectivamente) posiblemente asociados a la mayor evapotranspiración que los árboles

generan (Jackson *et al.*, 2005). En cambio en AGR, sólo se produjo un aumento de CE en los primeros 5 cm del suelo, probablemente asociado a la aplicación de fertilizantes en superficie.



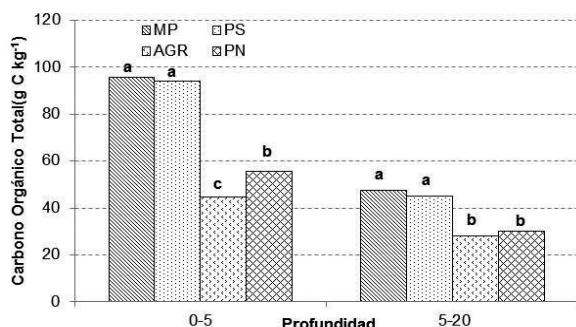
**Figura 2.** Conductividad eléctrica para diferentes situaciones de manejo (MP: monte de pinos, PS: pastizal secundario luego del desmonte, AGR: agricultura bajo rotaciones y siembra directa y PN: pastizal natural) comparando dos profundidades de suelo (0-5 cm y 5-20 cm). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas (LSD,  $\alpha = 0,05$ ).

Los mayores valores de COT fueron los de MP y PS, mientras que AGR generó una disminución del COT (Figura 3). El elevado contenido de C en el ecosistema forestal (70,4  $g\ C\ kg^{-1}$ ) en relación a PN (42,7  $g\ C\ kg^{-1}$ ) sería consecuencia de la gran cantidad de residuos aportados por los árboles y a su mayor relación C:N (Schlatter y Otero, 1995). Además, el pH del suelo se considera como el factor dominante que controla la transformación microbiana de MO (Kemmitt *et al.*, 2006), por lo que la acidez de MP, favorecería la acumulación de C en el suelo (Shunbao *et al.*, 2012). La reducción promedio en AGR de 6,3  $g\ C\ kg^{-1}$  suelo, con respecto a PN indica que, si bien actualmente el sistema es manejado bajo SD, los años previos de labranza convencional habrían influido (Álvarez, 2005).



**Figura 3.** Carbono orgánico total para diferentes situaciones de manejo (MP: monte de pinos, PS: pastizal secundario luego del desmonte, AGR: agricultura bajo rotaciones y siembra directa y PN: pastizal natural) comparando dos profundidades de suelo (0-5 cm y 5-20 cm). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas (LSD,  $\alpha = 0,05$ ).

Asociado a los mayores valores de COT, la CIC fue significativamente mayor en MP (18,8  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) y PS (21,7  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) que bajo PN (16,9  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) (Figura 4).

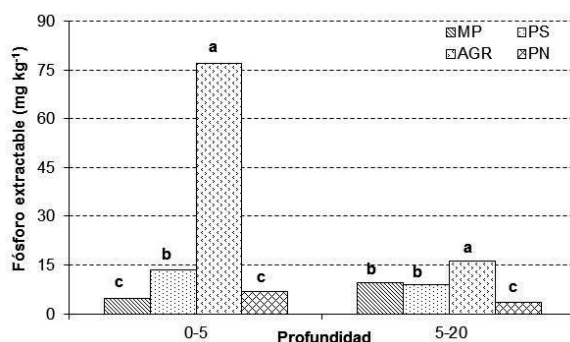


**Figura 4.** Capacidad de intercambio catiónico para diferentes situaciones de manejo (MP: monte de pinos, PS: pastizal secundario luego del desmonte, AGR: agricultura bajo rotaciones y siembra directa y PN: pastizal natural). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas (LSD,  $\alpha = 0,05$ ).

Los mayores valores de Nan en todos los meses analizados se encontraron en PN con un promedio de 249,5  $\text{mg N kg}^{-1}$  en los primeros 5 cm del suelo, mientras que AGR presentó los menores valores (91,3  $\text{mg N kg}^{-1}$  en promedio, a 0-5 cm) (Figura 5). A pesar de que MP y PS presentaron los mayores valores de COT, esto no se tradujo en mayores valores de Nan: Se ha encontrado que el Nan está fuertemente asociado a la disponibilidad de compuestos carbonados lábiles especialmente Carbono Orgánico Particulado (COP) (Studdert *et al.*, 2006), y que la mineralización se ve limitada en condiciones de acidez (Amiotti *et al.*, 2000). Así, la mayor proporción de compuestos recalcitrantes (Wiesmeier *et al.*, 2009) y la acidez limitarían la mineralización en el sistema forestal, mientras que en AGR, los menores valores hallados se corresponden con la menor disponibilidad de COP (Studdert *et al.*, 2006). Además, los 0,19 puntos de pH que recupera el PS con respecto a MP, explicarían en parte los mayores valores de Nan de PS, en relación a MP en los primeros cm de suelo. El com-

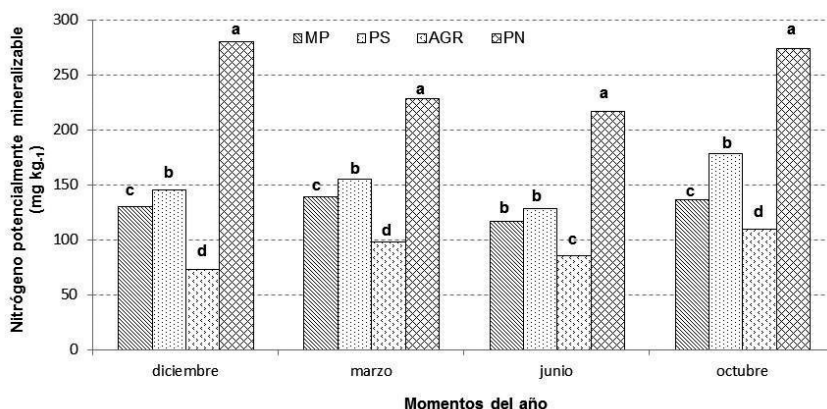
portamiento a 5-20 cm de suelo fue similar al hallado en los primeros 5 cm, pero con valores menores.

En AGR se hallaron los mayores valores de P extractable (46,7  $\text{mg kg}^{-1}$  en promedio), asociado a los altos niveles de fertilización fosfatada. Por otro lado, se observa que PS acumuló significativamente más P extractable en los primeros cm con respecto a PN (Figura 6). Estudios previos indican que existen importantes aportes de P provenientes de los horizontes orgánicos generados bajo *P. radiata* (Garay *et al.*, 2012). En las condiciones de acidez de MP, la presencia de Al y Fe en el complejo de intercambio generaría que el P se adsorbará en incluso se fije (Nair *et al.*, 2004). Así, el aumento de pH en PS, podría generar liberación de P desde sitios previamente ocluidos.



**Figura 6.** Fósforo extractable para diferentes situaciones de manejo (MP: monte de pinos, PS: pastizal secundario luego del desmonte, AGR: agricultura bajo rotaciones y siembra directa y PN: pastizal natural) comparando dos profundidades de suelo (0-5 cm y 5-20 cm). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas (LSD,  $\alpha = 0,05$ ).

La incorporación de mantillo aumentó significativamente la producción de  $\text{CO}_2$  por respiración (Tabla 1), probablemente en respuesta a una mayor disponibilidad de azúcares y compuestos carbonados simples incorporados (Wagner y Wolf, 1998). En cambio, en los tratamientos sin mantillo la mineralización ocurriría a partir de sustancias menos lábiles de la



**Figura 5:** Nitrogeno potencialmente mineralizable para diferentes situaciones de manejo (MP: monte de pinos, PS: pastizal secundario luego del desmonte, AGR: agricultura bajo rotaciones y siembra directa y PN: pastizal natural) en cuatro momentos del año, a 0-5 cm. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas (LSD,  $\alpha = 0,05$ ).



MO. También se observó que la mineralización de N, al igual que la de C, aumentó con el agregado de mantillo, mientras que el PS mineralizó significativamente más N que MP (Tabla 1). Esta situación se originaría por una mayor relación C/N y mayor proporción de fracciones recalcitrantes que limitan la mineralización en MP (Dick *et al.*, 2011). Además, como ya se mencionó, la mineralización de la MO y con ello del N se ve afectada por la disminución del pH del suelo (Amiotti *et al.*, 2000), ya que la acidez reduce la actividad de los microorganismos nitrificadores (Sims, 1990). Este efecto puede evidenciarse en la menor mineralización de N en MP, y es ratificado por la acidificación que este manejo produce en el suelo. Luego del raleo del monte, el terreno de las franjas quedó

con una gran cantidad de ramas y troncos que actuaron como impedimento mecánico para el crecimiento de las especies presentes en el banco de semillas. Además con la densidad actual (1000 pl ha<sup>-1</sup>) el pasaje de luz hacia el estrato herbáceo reducido, y no hubo diferencias entre MP y PS. A pesar de haberse encontrado especies de elevada calidad en PS (*Dactylis glomerata*, *Stipa neesiana*, *Briza spp.*, *Poa sp.* y *Medicago lupulina*), las mismas quedaron relegadas por la invasión de malezas como cardo negro (*Cirsium vulgare*) y cicuta (*Conium maculatum*). La producción de materia seca del PS no es comparable con el PN, ya que en las condiciones estudiadas, no se logró la implantación de un PS de buena calidad potencialmente utilizable para la alimentación animal.

**Tabla 1:** Producción potencial de CO<sub>2</sub> por respiración y mineralización neta de N en incubaciones bajo condiciones controladas para Monte de Pinos (MP) y Pastizal Secundario (PS), con y sin mantillo incorporado. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas (LSD,  $\alpha = 0,05$ ).

	Producción acumulada de CO <sub>2</sub> (mg CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> suelo)		N mineralizado (mg N kg <sup>-1</sup> suelo)	
	Suelo + mantillo	Suelo	Suelo + mantillo	Suelo
MP	4511,04 (a)	1883,86 (b)	221,43(b)	73,58 (c)
PS	4854,85 (a)	2451,86 (b)	324,6(a)	196,64 (b)

## Conclusiones

Bajo las condiciones analizadas en el presente estudio todas las propiedades de suelo se vieron modificadas en relación a la situación inalterada (PN). La acidificación originada por el MP trajo aparejadas reducciones en el Nan y el P extractable. Asociado a ello, luego del raleo de las franjas en el MP, el aumento de pH bajo PS originó un aumento en la disponibilidad de P y mayores valores de Nan en los primeros cm de suelo. El

manejo forestal originó aumentos del COT, y como resultado de ello mayores valores de CIC.

No fue posible la implantación de un PS de buena calidad, lo cuál plantea la necesidad de continuar estudiando los SSP templados, para encontrar las condiciones de manejo necesarias para su correcto establecimiento.

## Bibliografía

- Alvarez, R. 2005. Balance de carbono en suelos de la Pampa Ondulada: efecto de la rotación de cultivos y la fertilización nitrogenada. Actas Simposio Fertilidad. Nutrición, Producción y Ambiente. Rosario, Santa Fé, Argentina, pp. 61-70.
- Alvarez, R., De Paepe, J.L., Steinbach, H.S., Berhongaray, G., Mendoza, M.M., Bono, A.A., Romano, N.F., Cantet, R., Alvarez, C.R., 2014. Cambios de flujos y stocks de carbono y nitrógeno por el uso del suelo: impacto sobre la productividad pampeana. Actas XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina, en CD.
- Amiotti, N. M., Zalba P., Sanchez L., Peinemann, N., 2000. The impact of single trees on properties of loess-derived grassland soils in Argentina. Ecology 81(12), 3283-3290.
- Anderson, J.P.E. 1982. Soil Respiration. In Page, A.I.; Miller R.H.; Keeney, D.R. (eds). Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Methods. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. pp. 831-866.
- Aparicio, V., Costa, J.L. 2007. Soil quality indicators under continuous cropping systems in the Argentinean Pampas. Soil and Tillage Research 96(1), 155-165.
- Bray, R.H., Kurtz, L.T. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Science 59(1), 39 – 45.
- Bremner, J.M., Keeney, D.R. 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate, and nitrite. Analytical chemistry Acta 32, 485-495.
- Dewis, J., Freitas, F. 1970. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. FAO. Roma, Italia. Boletín sobre suelos N° 10. pp 36-57.
- Dick, P.D., Leite, S.B., Diniz Dalmolin, R.S., Almeida, H., Knicker, H. 2011. Pinus afforestation in South Brazilian highlands: soil chemical attributes and organic matter composition. Scientia Agricola 68(2), 175-18.

- Ferreras, L.A., Magra, G., Besson, P., Kovalevski, E., García, F. 2007. Indicadores de calidad física en suelos de la Región Pampeana Norte de Argentina bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo* 25(2), 159-172.
- Garay M., Amioti, N., Zalba, P. 2012. Dinámica de nutrientes en rodales de *Pinus radiata* D Don. Actas XXIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo – XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina, en CD.
- Jackson, R.B., Jobbagy, E.G., Avissar, R., Baidya Roy, S., Barrett, D.J., Cook, C.W., Farley, K.A., Le Maitre, D.C., McCarl, B.A., Murray, B.C. 2005. Trading Water for Carbon with Biological Carbon Sequestration. *Science* 310(5756), 1944-1947.
- Jobbagy, E.G., Jackson, R.B. 2003. Patterns and mechanisms of soil acidification in the conversion of grasslands to forests. *Biogeochemistry* 64(2), 205–229.
- Kemmitt, S.J., Wright, D., Goulding, K.W.T., Jones, D.L. 2006. pH regulation of carbon and nitrogen dynamics in two agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 38(5), 898-911.
- Nair, V., Portier, K., Graetz, D., Walker, M. 2004. An environmental threshold for degree of phosphorus saturation in sandy soils. *Journal of Environmental Quality* 33(1), 107-113.
- Nelson, D., Sommers, L. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter In Page, A.I., Miller R.H., Keeney, D.R. (eds). *Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Methods*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA pp. 539-577.
- Reussi Calvo, N., Sainz Rozas, H.R., Echeverría, H.E., Berardo, H. 2013. Contribution of anaerobically incubated nitrogen to the diagnosis of nitrogen status in spring wheat. *Agronomy Journal*. 105(2), 321-328.
- Sainz Rozas, H., Echeverría H.E., Angelini H. 2012. Fósforo disponible en suelos agrícolas de la región Pampeana y Extra Pampeana argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 38 (1): 33-39.
- Sainz Rozas, H.R., Echeverría, H.E., Angelini, H.P. 2011. Niveles de materia orgánica y pH en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana. *Ciencia del suelo*. 29(1), 29-37.
- SAS INSTITUTE INC. 2008. User Installation Guide for SAS® 9.1.3 Foundation for Microsoft® Windows®, Cary, NC.
- Sbaraglia, M., Galetto, M.L. De, Lisi, J.C. 1988. Métodos de Análisis de Suelos. Desarrollo de la Fertilización en Argentina. SAGPyA- Enichem Agricultura, Milán, 33 p.
- Schlatter, J.E., Otero, L. 1995. Efecto de *Pinus radiata* sobre las características químico- nutritivas del suelo mineral superficial. *Bosque* 16(1): 29-46.
- Shunbao, L., Chengrong, C., Xiaoqi, Z., Zhihong, X., Gary, B., Yichai, R., Xiaomin, G. 2012. Responses of soil dissolved organic matter to long-term plantations of three coniferous tree species. *Geoderma*. 170: 136–143.
- Sims, G.K. 1990. Biological alteration of soil. *Advances in Soil Science* 11, 289-330.
- Studdert, G.A., Domínguez, G.F., Fioriti, N., Cozzoli, M.V., Diovisalvi, N.V., Eiza, M.J. 2006. Relación entre nitrógeno anaeróbico y materia orgánica de molisoles de Balcarce. Actas 20º Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta-Jujuy, Septiembre 2006. En CD.
- Summer, M.E., Miller, W.P. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. In Page, A.I., Miller R.H., Keeney, D.R. (eds). *Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Methods*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. pp. 1201-1229.
- Vázquez, M. 2005. Calcio y Magnesio del suelo. Encalado y enyesado. En: Echeverría, H.E., García, F. (eds.): *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. INTA, Buenos Aires, Argentina. pp .161-185.
- Wagner, G.H., Wolf, D.C. 1998. Carbon transformations and soil organic matter formation. En: Sylvia, D.M., Fuhrmann, J.J., Hartel, P.G., Zuberer, D.A. (eds). *Principles and applications of soil microbiology*. Prentice Hall, New Jersey, USA, pp 218-258.
- Waring, S.A., Bremner, J.M. 1964. Ammonium production in soil under waterlogged condition as an index of nitrogen availability. *Nature* 201, 951-952.
- Wiesmeier, M., Dick, D.P., Rumpel, C., Dalmolin, R.S.D., Hilscher, A., Knicker, A. 2009. Depletion of soil organic carbon and nitrogen under *Pinus taeda* plantations in Brazilian grasslands (Campos). *European Journal of Soil Science*. 60(3): 347-359.
- Wyngaard, N. 2010. Efecto a largo plazo de la fertilización y los sistemas de labranza sobre las propiedades de un Argiudol y el rendimiento de maíz. Tesis Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 62 p.

# Relación de variables meteorológicas y cálculo de ITH, en un sistema intensivo de ganado de leche en el norte de Antioquia.

Diego Mauricio Echeverri Echeverri<sup>1</sup>. Sara María Márquez Giron<sup>2</sup>.

## Resumen

**Antecedentes:** la temperatura y la humedad relativa caracterizan el clima de una región e influyen en el confort de los animales afectando la producción de leche **Objetivo:** relacionar las variables meteorológica humedad relativa y la temperatura ambiental mediante el índice ITH en un sistema intensivo de ganado de leche en el norte de Antioquia. **Materiales y métodos:** la zona objeto de estudio fue la hacienda la Montaña ubicada en el municipio de San Pedro de los Milagros; los datos de humedad relativa, temperatura ambiente, rocío, pluviosidad, velocidad y dirección del viento, fueron tomados con una central meteorológica; las variables meteorológicas se relacionaron mediante un análisis de componentes principales y se calculó el índice de temperatura humedad (ITH) **Resultados:** en el análisis de componentes principales se observa que la temperatura, la humedad relativa y la radiación donde el componente principal 1 fue explicado por la temperatura, la humedad y la radiación solar; el componente principal 2 fue explicado por la lluvia y el 3 por el rocío; de lo anterior se puede deducir que las tres variables del componente 1 la temperatura, la humedad y la radiación solar tienen mayor variación que la lluvia y el rocío, pertenecientes al componente 2 y 3 respectivamente. A las 2 de la tarde se presentó un ITH = 32.07 para la menor temperatura de 17°C y humedad relativa de 80%; y un ITH=46.4, para la mayor temperatura 23.3°C con una humedad relativa 60%; y para las 5 de la tarde se presentó un ITH = 29.72 para la menor temperatura de 16°C y humedad relativa de 96%; y un ITH=43.59, para la mayor temperatura 21.9°C con una humedad relativa 64%. Se puede concluir que no se presenta estrés por calor en los dos horarios analizados, ya que el ITH siempre fue menor a 72.

**Palabras claves** humedad relativa, temperatura, confort, psicrometría.

## Characterization of the behavior of meteorological variables through temperature-humidity index (THI), in a dairy cattle intensive system in northern Antioquia.

## Summary

**Background** Temperature and relative humidity characterize the climate of a region and also has an influence on the animal comfort affecting milk production. **Objective** Relate the meteorological variables relative humidity and environmental temperature by ITH index in a dairy cattle intensive system in northern Antioquia. **Materials and methods** The study area was the hacienda la Montaña located in the municipality of San Pedro de los Milagros; relative humidity data, temperature, dew, rainfall, speed and wind direction were taken with the meteorological central; climatological variables were related by a principal component analysis and the temperature humidity index (THI) was estimated. **Results** The principal components analysis shows that the temperature, relative humidity and radiation where the main component 1 explained by the temperature; humidity and sun radiation the principal component 2 explained by rain and 3 by the dew; of the above it can be deduced that the three variable component 1 the temperature, humidity and sun radiation influence the later presence of rain and dew, belonging to the component 2 and 3 respectively. At 2 in the afternoon a ITH = 32.07 for the lower temperature of 17 ° C and relative humidity of 80% and a THI = 46.4, the highest temperature to 23.3 ° C with a relative humidity of 60% was observed and for 5 PM there was an ITH = 29.72 for the lower temperature of 16 ° C and 96% of relative humidity, and a ITH = 43.59, the highest temperature 21.9 ° C with 64% relative humidity. It can be concluded that no heat stress occurs in the two hours analyzed because the ITH was always under 72 and the temperature rise can be mitigated since there are very short time frames for the high temperature condition.

**Key words:** relative humidity, temperature, comfort, psychrometric

<sup>1</sup> Zootecnista, Estudiante de la Maestría en Ciencias Animales y Docente de Cátedra, Universidad de Antioquia. <sup>2</sup> Ingeniera Agrícola, Magister en Ingeniería Ambiental, Doctora en Agroecología y Docente Titular, integrante grupo de investigación GISAS Universidad de Antioquia.

## Introducción

La energía solar es un recurso natural, por lo que el conocimiento de su disponibilidad diaria por distribución geográfica y a lo largo del año permite la adecuada planificación de actividades relacionadas con ella, así como su uso racional (Castro, 1986). La radiación solar se relaciona íntimamente con la nubosidad, pluviosidad y con la temperatura atmosférica; puede provenir del sol, el suelo y algunos elementos del medio, su efecto suele sumarse al de la temperatura (Shell et al., 1995). La condición medioambiental hace que el bovino recurra a una serie de procesos biológicos y necesite de un eficiente mecanismo para adecuar la pérdida de calor y no disminuir la persistencia y nivel productivo (Valle, 1985).

Al aumentar la temperatura, aumentan las necesidades de agua por parte de los bovinos, el animal suda, esto con el fin de termorregularse (Blackshaw, 1984). Para explicar los niveles de afectación que los factores medioambientales ejercen sobre los bovinos, existe un índice compuesto que relaciona la temperatura ambiental y la humedad relativa del aire, denominado ITH (Hahn, 1999).

Estudios de los puntos críticos en cuanto a temperatura ambiental y humedad relativa presentados por (Herman, 1983), describen que entre los 6 °C y los 21°C con cualquier humedad relativa denominado zona de confort.

Los factores medio ambientales que afectan la termorregulación de las vacas como la alta radiación solar, temperaturas extremas y la velocidad del viento, limitan la eficiencia de los medios no evaporativos (conducción, convección y radiación) mientras que los gradientes de humedad relativa limitan a los medios evaporativos (jadeo y sudoración) (Berman, 2006).

Las vacas de alto valor genético se ven afectadas por el ambiente térmico, estudios realizados por Nardone et al., (1992) llevados a cabo bajo condiciones de estrés por calor, en cámaras climáticas; describen una disminución de la producción de leche del 35% a mediados de lactancia y del 14% a lactancias tempranas (Lacetera et al., 1996). Según lo reporte por Johnson et al., (1986), en vacas con producciones superiores a 30 kg / día disminuyeron (0,059% /día) en comparación con las vacas que produjeron menos de 25 kg / día que disminuyeron (0,019% /día).

## Materiales y metodos

La zona objeto de estudio fue la hacienda la Montaña ubicada en el municipio de San Pedro de los Milagros; En una zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB), altitud 2.350 a 2500 msnm; coordenadas 6°27'094" N; 75°32'67.8" W. Los datos de humedad relativa (H), temperatura ambiente (T), punto de rocío (Pr), pluviosidad (Pl), velocidad y dirección del viento, fueron tomadas con una central meteorológica Vantage pro 2 cada hora, durante los meses de febrero, marzo y abril del año 2010. Con estas variables climáticas se construyó la carta psicométrica, sobre ésta se graficaron las zonas de confort y críticas para el ganado

bovino de leche; y se calculó del índice de temperatura-humedad (ITH), mediante la fórmula  $ITH = (1,8 Ta + 32) - (0,55 - 0,55 HR/100) (1,8 Ta - 26)$  planteada por (Thom, 1959). Donde;  $Ta$  = temperatura del aire (°C) y  $HR$  = Humedad relativa, a las 2 y a las 5 de la tarde, para la menor y la mayor temperatura. Las variables meteorológicas temperatura, humedad relativa, pluviosidad, rocío, viento, lluvia y radiación solar, se relacionaron mediante un análisis de componentes principales. Con este trabajo se pretendió evaluar el comportamiento de las variables meteorológicas y su influencia sobre ITH en un hato lechero del norte de Antioquia.

## Resultados y discusión

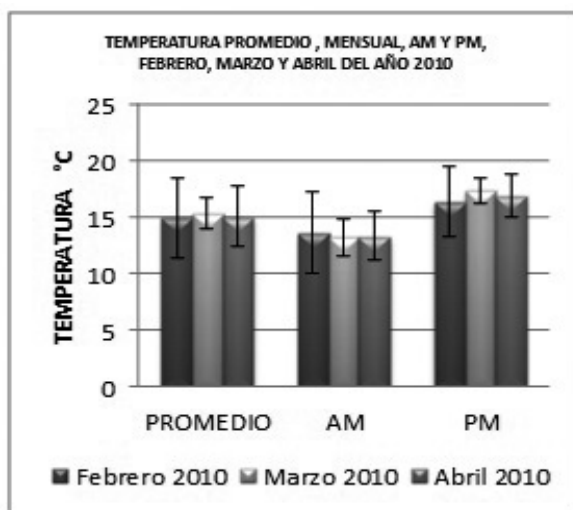
Con la temperatura obtenida (figura 1) y la humedad relativa (figura 2) se realizó el índice ITH, para la mayor temperatura 22°C con la mayor humedad relativa encontrada que fue del 100%, el ITH fue de 43.53; de acuerdo al rango obtenido de  $ITH < 72$  lo cual evidencia que por los datos obtenidos promedio no hubo estrés calórico de acuerdo a la escala propuesta por Ravagnolo et al, (2000).

La carta psicométrica (figura 3) resalta en su región de color verde la temperatura y humedad relativa a las 2 de la tarde; la menor temperatura a esta hora fue de 17°C con una humedad relativa de 80% presentando un  $ITH = 32.07$ ; la mayor temperatura fue 23.3°C con una humedad relativa del 60% generando un  $ITH = 46.4$ ; esta región verde invade la región B (estrés leve, de color naranja) y la C (estrés moderado, de color rojo), denotando posible estrés por calor en un pequeño margen entre A (de confort) y C, ya que se encuentran temperatura alta; pero el estrés por calor lo marca la combinación de temperatura humedad relativa (ITH). En lo que no presenta estrés por calor, ya

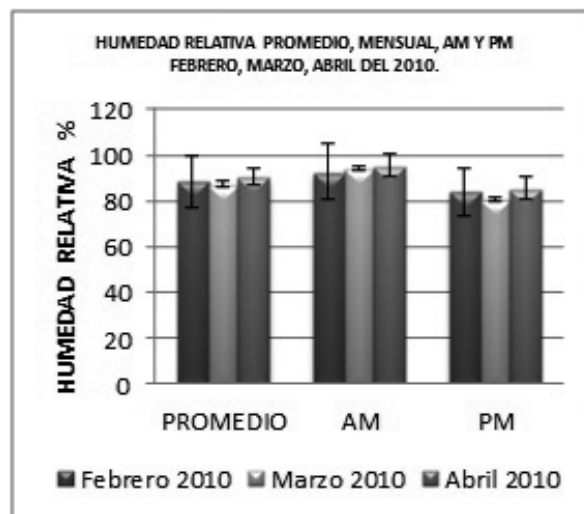
que el ITH siempre fue menor a 72 y el aumento de temperatura puede ser mitigado porque es un tiempo muy corto de exposición a la condición de alta temperatura.

La carta psicométrica (figura 4) resalta en su región de color verde, la temperatura y humedad relativa promedio a las 5 de la tarde; la menor temperatura a esta hora fue de 16°C con una humedad relativa de 96% presentando un  $ITH = 29.72$ , y la mayor temperatura fue de 21.9°C con una humedad relativa del 64% lo que equivale a un  $ITH = 43.59$ , esta región invade la región B en un pequeño margen; por lo tanto no se presentó estrés por calor ya que el ITH siempre fue menor a 72 y el aumento de temperatura por encima del de confort que es entre 6°C Y 21°C, zona A de color azul.

El análisis de los componentes principales pudo establecer que en cada uno de los tres meses en estudio siguieron el mismo comportamiento las variables meteorológicas, donde el componente principal 1 fue explicado por la temperatura, la humedad y la radiación solar, que son las variables meteorológicas



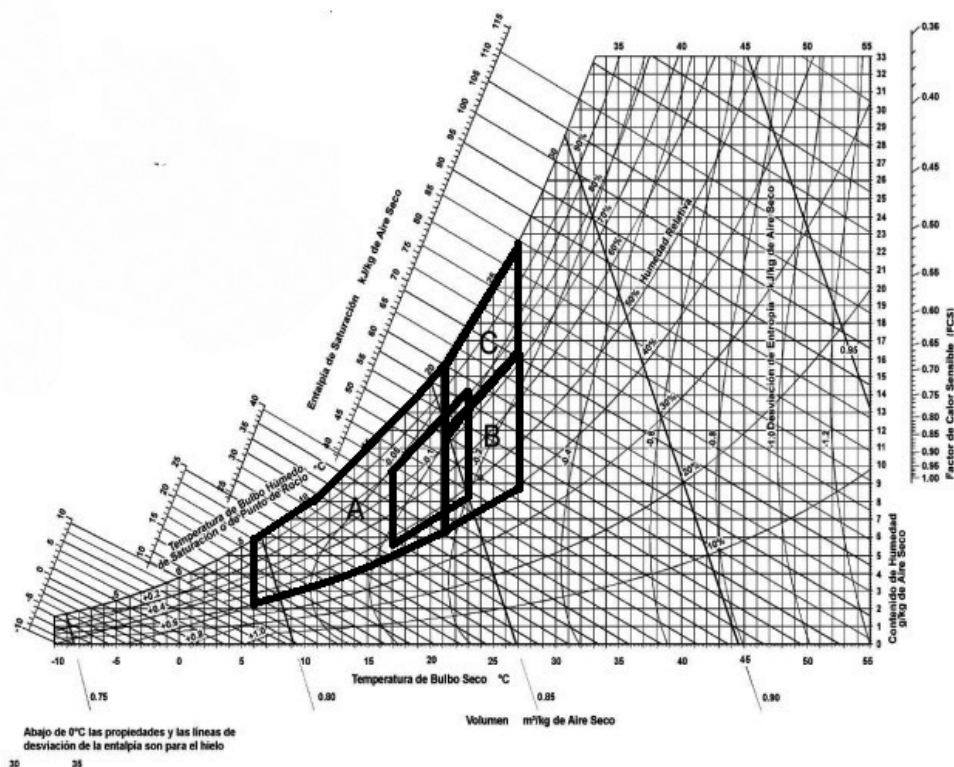
**Figura 1.** Temperatura promedio de la mañana y de la tarde, durante los meses de febrero, marzo y abril del año 2010; Con sus respectivas desviaciones estándar.



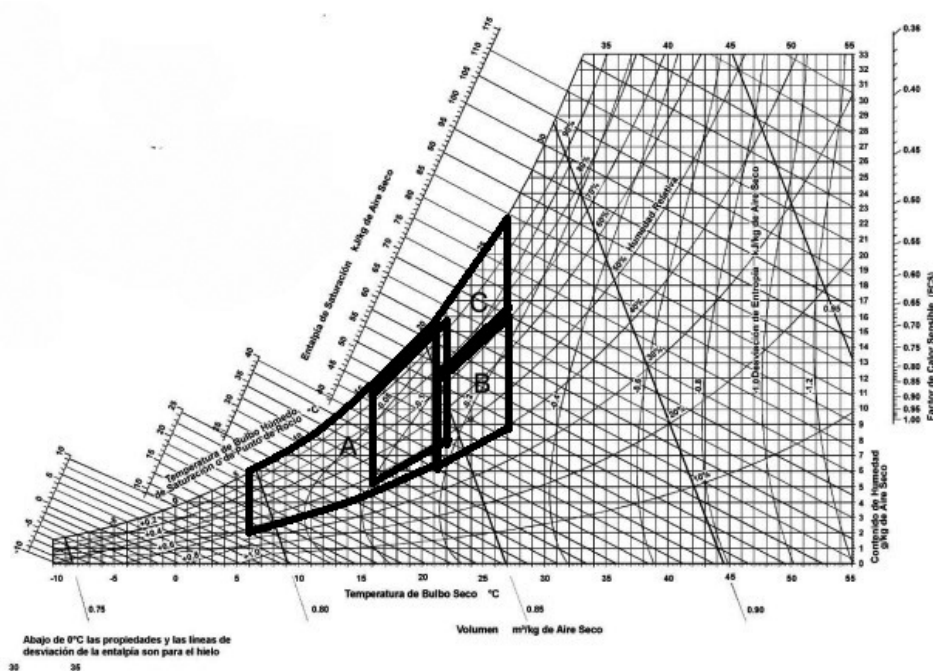
**Figura 2.** Humedad promedio de la mañana y de la tarde, durante los meses de febrero, marzo y abril del año 2010; Con sus respectivas desviaciones estándar.

más relacionada con las condiciones de estrés por calor; el componente principal 2 fue explicado por la lluvia y el 3 por el rocío; de lo anterior se puede deducir que las tres variables del componente 1 la temperatura, la humedad y la radiación solar se encuentran influenciadas por la presencia de lluvia y rocío;

también por esta razón se pudo explicar el mayor ITH a las 2 de la tarde, ya que el aire puede ser más seco; en cambio a las 5 de la tarde, por lo general hay mayor humedad relativa y posible presencia de lluvias, la temperatura y la radiación son menores por lo cual se mitiga el calor y el ITH es menor.



**Figura 3.** Área de temperatura y humedad a las 2 de la tarde encontrada en la Hacienda la Montaña durante los meses de febrero y abril de 2010 y áreas de confort (A), estrés leve (B) y estrés moderado (C) por calor y humedad relativa (adaptado de Valycontrol, s.f.).



**Figura 4.** Área de temperatura y humedad a las 5 de la tarde encontrada en la Hacienda la Montaña durante los meses de febrero y abril de 2010, tarde y áreas de confort (A), estrés leve (B) y estrés moderado (C) por calor y humedad relativa (adaptado de Valycontrol, s.f.)

**Tabla 1.** Análisis de componentes de las variables climatológicas de febrero del 2010.

	Componente 1	Componente 2	Componente 3
<b>Temperatura</b>	0.443534	-0.040534	0.299424
<b>Humedad</b>	-.430010	-.052172	0.152704
<b>Rocío</b>	0.311286	-.140348	0.759919
<b>Viento</b>	0.406378	0.001794	0.032505
<b>Lluvia</b>	-.043181	0.978537	0.201238
<b>R Solar</b>	0.420987	0.095914	-.366062

**Tabla 2.** Análisis de componentes de las variables climatológicas de marzo del 2010.

	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Temperatura	0.442768	0.101256	0.268225
Humedad	-.428993	0.072834	0.217886
Rocío	0.276212	0.281432	0.790418
Viento	0.414251	0.054755	-.062772
Lluvia	-.054225	0.944221	-.319862
R Solar	0.429584	-.073100	-.273469

**Tabla 3.** Análisis de componentes de las variables climatológicas de abril del 2010.

	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Temperatura	0.445113	0.081619	0.234825
Humedad	-.425746	0.078200	0.228892
Rocío	0.328707	0.258648	0.769707
Viento	0.363383	0.089495	0.009342
Lluvia	-.053646	0.948394	-.304332
R Solar	0.434536	-.080198	-.321954

## Conclusiones

Las vacas de la hacienda la Montaña no presentan estrés por calor para las temperaturas y humedades relativas promedias de la mañana y de la tarde; ya que el ITH no fue superior a 72%.

La temperatura, la humedad relativa y la radiación solar se caracterizaron como los principales variables meteorológicas del sistema, que podrían influenciar directamente en el estrés

por calor en las vacas de la hacienda la Montaña; la lluvia y el viento tienen un efecto sobre estas variables aumentándolas o disminuyéndolas.

Si se presentan aumentos significativos en las variables meteorológicas individuales, puede presentarse estrés que afecte la producción de leche de las vacas, lo cual puede contrarrestarse con programas de silvopastoreo.

## Recomendación

Para encontrar la relación ITH y estrés por calor en el hato de la Hacienda la Montaña, es necesario encontrar las horas ade-

cuadas para el análisis, ya que los datos promedio no permiten realizar mayores interrelaciones e interpretaciones.

## Bibliografía

- Berman, A. 2006. Extending the Potential of Evaporative Cooling for Heat-Stress Relief. *J.Dairy Sci.* 89:3817–3825.
- Blackshaw, J. K. 1984. Notes on some topics on applied animal behavior. Brisbane: University of Queensland. 131p
- Castro, V. 1986. Estudio climático de la radiación solar global en Costa Rica. *Revista Geofísica.* 25, 105 – 124
- Hahn, G.L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Dairy Sci.* 82:10-20.
- Johnson, R. T., and Johnson, D. W. 1986. Action research: Cooperative learning in the science classroom. *Science and Children*, 24, 31-32.
- Lacetera, N., Bernabucci, U., Ronchi, B., Nardone, A., 1996. Body condition score, metabolic status and milk production of early lactating dairy cows exposed to warm environment. *Riv. Agric. Subtrop. Trop.* 90, 43–55
- Nardone, A., Lacetera, N.G., Ronchi, B., Bernabucci, U., 1992. Effetti del caldo ambientale sulla produzione di latte e sui consumi alimentari di vacche Frisone. *Prod. Anim.* 5 (1), 1–15 (III Serie).
- Preez J. H., Giesecke W. H. and Hattingh P. J. 1990. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions: I. Temperature-humidity Index mean values during the four main seasons. *Onderstepoort J. Vet. Res.*; 57: 77-86.
- Ravagnolo, O and I. Miztal. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. *J Dairy Sci.* 83(9):2126-30
- Shell M.T., Early R.J., Carpenter J.R., Vicent D.I. and Buckley. 1995. Prepartum nutrition and solar radiation in beef cattle: I relationships of body fluid compartments, packed cell volume, plasma urea nitrogen and estrogens to prenatal development. *J. Anim. Sci.* 73: 1289-1302.
- Thom EC, The discomfort index. *Weatherwise* 12, 57-59.
- Valle, A. 1985. Comportamiento productivo de vacas mestizas en cinco fincas de la región de Carora. Estado Lara. Venezuela. *Zootecnia Tropical.* Vol. 1 (1 y 2). 3-22. FONAIAP – Centro Nacional de Investigación Agropecuaria.

# Tecnologías de manejo sustentable de chañar en el NO de Santa Fe

C.G. Castro <sup>1</sup>; F. Cardozo <sup>2</sup>; M.C. Capozzolo <sup>1</sup> y G.O. Oprandi <sup>1</sup>

## Resumen

El manejo del chañar (*Geoffrea decorticans*) en sistemas ganaderos del Domo Occidental Santafeño es una preocupación significativa expresada por los productores. En el presente trabajo se presentan resultados preliminares sobre el desarrollo de tecnología de manejo sustentable del chañar en un sistema silvopastoril. En un área de 5,7 ha con bosque secundario se caracterizó el sitio ecológico y el estado del mismo. Se utilizó imagen Google Earth 11/07/2013 para una clasificación supervisada, se georeferenció y en muestreos posteriores se completó la clasificación. Se analizaron parámetros físico-químicos de suelo, y realizó la planialtimetría con estación total láser. En el estrato arbóreo se muestreó cobertura, densidad, diámetro a altura del pecho -1,30 m- (DAP), altura de fuste (AF) y altura total (AT), y densidad y AT de renovales. El chañar se clasificó en 3 clases según DAP y AT: Renoval, Latizal y Adulto. En el estrato arbustivo se relevó cobertura, densidad y AT; y en herbáceas, cobertura, disponibilidad forrajera, y especies indicadoras de la condición del pastizal. Se identificó un sitio ecológico bajo, en un plano de relieve subnormal, con pendiente escasa; y suelos con alcalinidad y salinidad a menos de 50 cm y drenaje deficiente. Se determinaron 3 tipos de vegetación: 'Isleta': Grupos de chañares de 5 a 7 m. AT, con cobertura mayor al 50%, abundancia de arbustivas y cobertura herbácea nula; 'Chañaral': Abundantes renovales de chañar de 2-5 m. AT con baja cobertura, y pastizal de regular condición forrajera; y 'Abra': Renovales de chañar menos desarrollados y poco abundantes, pastizal con mala condición forrajera, y gran parte del suelo desnudo. Posteriormente se aplicaron 3 tratamientos sobre cada tipo: 1. Raleo del 50% de Renoval de chañar y arbustos, y poda de árboles, con herramientas manuales. 2. Raleo del 50% de todas las clases de chañar y arbustos con el uso de tractor y barra frontal. 3. Testigo, sin disturbar. Se aplicó arbusticida sobre tocón y se sembró *Chloris gayana* y *Panicum maximum* cv. Gatton Panic. Al finalizar, se clausuró el área. Se evaluará biomasa arbórea extraída y remanente, y el resultado económico de la extracción; como también rebrote de chañar y arbustivas, cobertura arbórea, arbustiva y herbácea, y logro y productividad de las pasturas introducidas.

**Palabras claves:** chañar, sistema silvopastoril, biomasa arbórea.

## Sustainable management technologies of chañar in NO Santa Fe

### Abstract

Chañar management (*Geoffrea decorticans*) in livestock systems of Domo Occidental Santafeño is a significant concern expressed by farmers. In this preliminary paper results on technology development sustainable management of chañar in a silvopastoral system are presented. In an area of 5,7 ha of secondary forest, the ecological site and its condition has been characterized. A Google Earth (11/07/2013) image has been used for a supervised classification, Geographical coordinates and subsequent sampling classification has been completed. Soil physicochemical parameters have been analyzed, and a plain-altimetry with full laser station has been performed. In the tree layer coverage, density, diameter at breast height sampled -1.30 m- (DAP), stem height (AF) and total height (AT) and density and AT have been sampled. The chañar has been classified into 3 classes according to DAP and AT: Renoval, Saplings and Adult. In the shrub layer cover, density and AT have been relieved; as well as herbaceous cover, forage availability, and indicator species range condition. A low ecological site has been identified in a plane subnormal relief, with gentle slope; and soil alkalinity and salinity less than 50 cm and poor drainage as well. Three vegetation types have been determined: 'Isleta', chañares groups of 5-7 m AT, with 50% more coverage, abundance of shrubs and herbaceous cover null; 'Chañaral', abundant seedlings of 2-5 m chañar AT with low coverage grassland and forage regular condition; and 'Abra', Renovales chañar less developed and less abundant, pasture with poor forage conditions, and much of the bare soil. Three treatments have been applied subsequently on each type: 1. Thinning 50% of Renoval chañar and shrubs and pruning trees, with hand tools; 2. Thinning 50% of all classes chañar and shrubs using tractor and front bar; 3. Witness, undisturbed. Arbusticida has been applied on stump and seeded *Chloris gayana* and *Panicum maximum* cv. Gatton Panic. When finished, the area has been closed. Tree biomass extracted and remnant, and economic extraction results will be evaluated; as well as chañar regrowth and shrub, tree cover, shrub and grass, and achievement and productivity of introduced pasture.

**Keywords:** chañar, silvopastoral system, tree biomass.

Autor de correspondencia castro.cesargerman@inta.gov.ar. <sup>1</sup> INTA EEA Reconquista, <sup>2</sup> INTA EEA Oliveros



# Biodiversidad en Sistemas Silvopastoriles Intensivos

Z Calle-Díaz\*; M Hernández; C Giraldo; J Chará; E Murgueitio

## Resumen

Buena parte de la demanda futura de productos de origen ganadero será suplida en regiones tropicales y subtropicales en donde existe un mayor potencial de producción de forrajes pero también una mayor vulnerabilidad frente al cambio climático y una enorme biodiversidad que debe protegerse. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) son un tipo de SSP que combinan el cultivo de arbustos forrajeros en alta densidad (4.000 a 40.000 plantas por hectárea) con: (i) pastos seleccionados para alta producción de biomasa; y (ii) árboles frutales o maderables y palmas en densidades de 100 a 200 individuos por hectárea. Estos sistemas son manejados bajo pastoreo rotacional con períodos de ocupación de 12 a 24 horas y períodos de descanso de 40 a 50 días, e incluyen la provisión *ad libitum* de agua en cada potrero. La intensificación natural de producción pecuaria en espacios menores con los SSPi asociados a la protección y restauración de corredores de conectividad como los bosques ribereños, y al modificar la matriz de pastos con las cercas vivas y el manejo de la regeneración de árboles, se garantizan beneficios para el ganado (sombra, forrajes, frutos) y las familias del campo (madera, fibras, leña, carbón y otros). Las investigaciones en regiones tropicales de América, en conjunto, evidencian una mayor diversidad biológica en los SSPi que en los pastos sin árboles tanto en la flora nativa (árboles, arbustos, palmas y otras plantas), como en aves, coleópteros estercoleros, lombrices de tierra y hormigas. Observaciones no cuantificadas sugieren también que hay mayores oportunidades para la diversidad de anfibios, reptiles y mamíferos pequeños.

**Palabras clave:** *Sspi, ganadería sostenible, coleópteros, flora nativa*

## Biodiversity in Intensive silvopastoral systems

### Abstract

Much of the future demand for livestock products will be supplied in tropical and subtropical regions where there is a greater potential for forage production but also increased vulnerability to climate change and an enormous biodiversity that must be safeguarded. Intensive silvopastoral systems (ISPS) combine fodder shrubs growing at high densities (4000-40000 plants per hectare) with: (i) grasses selected for high biomass production; and (ii) fruit or timber trees and palms at densities of 100-600 individuals per hectare. These systems are managed under rotational grazing with periods of occupation of 12-24 hours and rest periods of 40-50 days and include *ad libitum* water provision in each paddock. The natural intensification of livestock production in smaller areas with ISPS, together with the protection and restoration of connectivity corridors and riparian forests and the enhancement of pastures with live fences and native trees, will guarantee benefits for livestock (shade, fodder, fruits) and rural families (wood, fibers, wood, coal). Research in the Neotropics has consistently shown greater biodiversity in ISPS than in treeless pastures in the native flora (trees, shrubs, palms and other plants), birds, dung beetles, earthworms and ants. Unquantified observations also suggest that there are greater opportunities for amphibians, reptiles and small mammals.

**Keywords:** *SSPI, sustainable farming, beetles, native flora*

\*zoraida@fun.cipav.org.co Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, CIPAV. Carrera 25 # 6 – 62, Cali. Colombia

## Introducción

La deforestación, la reducción de la cobertura vegetal, los monocultivos agrícolas y de pastos con el uso indiscriminado de productos químicos, entre otros factores, ocasionan un descenso de las poblaciones de organismos benéficos tales como polinizadores, descomponedores, depredadores y parasitoides, y reducen los servicios ambientales que benefician al mismo productor y a la sociedad (Altieri y Nicholls 2012). Para el año 2050, se predice un incremento en la demanda mundial de carne bovina y productos lácteos en un 80 a 100% con respecto al volumen actual. Para suplir esta demanda, la producción ganadera debe crecer pero sin mayores efectos ambientales e términos del cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el deterioro del suelo y las fuentes de agua (Murgueitio et al. 2015). Buena parte de esa demanda será suplida en regiones tropicales y subtropicales, en donde existe un mayor potencial de producción de forrajes pero a su vez

mayor vulnerabilidad y enorme biodiversidad que debe protegerse (Harvey et al. 2013).

La intensificación ganadera por la vía natural pueden jugar un papel estratégico en la provisión de alimentos de buena calidad, la mitigación del cambio climático, la rehabilitación de los ecosistemas degradados y la provisión de servicios ambientales como la biodiversidad (Calle et al., 2013).

Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) son un tipo de SSP que combinan el cultivo de alta densidad de arbustos forrajeros (4.000 a 40.000 plantas por hectárea) con: (i) pastos seleccionados para alta producción de biomasa; y (ii) árboles frutales o maderables y palmas en densidades de 100 a 600 por hectárea. Estos sistemas son manejados bajo pastoreo rotacional con períodos de ocupación de 12 a 24 horas y períodos de descanso de 40 a 50 días, e incluyen la provisión *ad libitum* de agua en cada potrero (Murgueitio et al., 2015).

## Contribución de los SSPi a la conservación y uso sostenible de la biodiversidad

Los sistemas silvopastoriles SSP y SSPi promueven la biodiversidad más alta en comparación con los sistemas sin árboles. La conservación y uso sostenible de la biodiversidad en ambientes de ganadería es posible con intervenciones en el manejo en todos los usos de la tierra en forma armónica. Al incrementar la producción pecuaria en espacios menores con los SSPi la protección e incremento de los fragmentos de bosques nativos a través de corredores de conectividad como bosques de galería a lo largo de los ríos. También la matriz de pastos se modifica con las cercas vivas, la vegetación arborea en los linderos y la arborización manejando la sucesión vegetal que permite beneficios al ganado (sombra, forrajes, frutos) y a las familias del campo (madera, fibras, leña, carbón y otros).

Recientes investigaciones han demostrado que los SSPi permiten una recuperación de la diversidad biológica y su funcionalidad ecológica en comparación con los sistemas convencionales debido a que éstos sistemas incluyen diferentes estratos y especies vegetales como varias gramíneas, arbustos forrajeros en alta densidad, árboles nativos e introducidos para sombrío y madera; árboles frutales y palmas, que ofrecen una elevada diversidad de micrositios (hábitats y zonas de refugio) apropiados para la colonización y el establecimiento de la fauna nativa como aves, mamíferos, reptiles, anfibios, invertebrados (insectos, anélidos, moluscos) y microorganismos (Giraldo et al. 2011).

El incremento de la diversidad vegetal nativa en los predios ganaderos es el proceso que dinamiza el aumento de otras comunidades biológicas. En las intervenciones hacia los SSPi se tienen en cuenta estudiar los fragmentos de bosques nativos, y su incremento a través de corredores de conectividad como (bosques de galería a lo largo de los ríos) estrategia de conservación porque es indudable que la máxima biodiversidad se localiza en estos ambientes principalmente en los más grandes y menos intervenidos. Por ejemplo en el bosque húmedo tropical de la región de la Orinoquia las plantas crecen

en todos los niveles: a ras del suelo, aferradas a los troncos de los árboles o elevadas sobre el techo del bosque a más de 25 metros sobre el suelo. Aquí se conservan aún especies raras de maderas finas como *Aspidosperma excelsum*, *Protium spp*, *Terminalia amazonia*, *Platypodium elegans*, *Apuleia leiocarpa*, *Ormosia amazónica* *Andira taurotesticulata*, *Aniba guianensis*, *A. panurensis*, *Ocotea cernua*, *O. longifolia*, *Cedrela odorata*, *Virola elongata*, *Brosimum lactescens*, *B. utile*, *Minquartia guianensis* o productoras de nueces y frutos de alto valor para la fauna silvestre como *Caryodendron orinocense*, *Copaifera pubiflora* y *Pouteria caimito* (Hernández et al. 2014a).

En cambio en los bosques intervenidos y las áreas de pastoreo estas maderas están prácticamente agotadas por la sobreexplotación. La intervención a favor de la diversidad de la flora incluye el cambio cultural en los productores para que permitan la sucesión vegetal en toda la matriz de pastos, los linderos de los potreros, las cercas divisorias que se transforman en cercas vivas. Se han investigado numerosas especies de árboles dispersos en potreros tanto de árboles sucesionales de rápido crecimiento como *Schefflera morototoni*, *Cecropia engleriana*, *C. sciadophylla*, *Rollinia edulis*, *Jacarandas (J. copaia, J. obtusifolia)*; *Miconias (M. centrodesma, M. dolychorrhyncha, M. elata)*; *Vismias (V. guianensis, V. macrophylla)*; *Myrsine sp.* *Ochroma pyramidale*, *Trema micrantha*, *Mimosa trianae*, *Psidium guajava*, *Triplaris americana*, *Myrcia spp*, *Cupania americana* y *Vochysia lehmannii*; como otras especies de crecimiento más lento pero con diferentes usos locales como *Sapium glandulosum*, *Xylopia aromatica*, *Piptocomma discolor*, *Cordia alliodora*, *Inga spp*, *Sapindus saponaria*, *Guarea guidonia*, *Ficus spp.*, *Hieronyma alchorneoides* y *Genipa americana* (Hernández et al. 2014a).

El grupo de las palmas nativas es importante de destacar para todos los usos de la tierra en predios ganaderos como bosques maduros, bosques secundarios, áreas de restauración ecológica, potreros, silvopastoriles intensivos, linderos, cercas vivas,

huertos habitacionales, agricultura. Muchas de ellas producen frutos comestibles para la gente, la fauna y los animales domésticos, en especial los cerdos y las aves de corral. Las palmas también producen hojas, fibras y madera para usos variados. Las palmas no afectan la producción de los pastos y regeneran rápidamente en las áreas destinadas a la recuperación de los bosques. En la región de la Orinoquia de Colombia y Venezuela y de la cuenca amazónica (Brasil, Bolivia, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú y Venezuela) se destacan palmas de los géneros *Bactris*, *Oenocarpus*, *Astrocaryum*, *Socratea*, *Iriarte*, *Attalea*, *Syagrus*, *Aiphanes*, *Chamaedorea*, *Hyospathe* y *Geonoma*. (Hernández et al. 2014a)

Por otra parte en el bosque seco tropical, en las fincas ganaderas de Mesoamérica y norte de Suramérica, en SSPi y SSP crecen varios árboles nativos que han sido conservados como sombrío y fuente de frutos comestibles para el ganado, con especies *Samanea* (*Albizia*) *saman*, *Crescentia* *cujete*, *C. alata*, *Enterolobium* *cyclocarpum*, *Tabebuia* *chrysantha*, *T. billbergii*, *T. rosea*, *Sterculia* *apetala*, *Aspidosperma* *polyneuronum*, *Maclura* *tinctorea*, *Prosopis* *juliflora*, *Cordia* *dentata*, *Guazuma* *ulmifolia*, *Attalea* *butyracea*, *Bactris* *guineensis*, *Sabal* *mauritiiformis*, *Bombacopsis* *quinata*, *Bulnesia* *arbores* y *Ceiba* *pentandra*, entre otros (Hernández et al. 2014b).

En los SSPi es común encontrar elevada diversidad de insectos benéficos que participan en la regulación de organismos indeseados que pueden llegar a convertirse en plaga para los pastos, el forraje o el ganado (Girado et al. 2011). La disponibilidad de alimento, sitios de refugio y apareamiento, hacen posible el establecimiento de insectos de diferentes hábitos que en conjunto contribuyen a la recuperación de procesos ecológicos importantes en los sistemas ganaderos (Chará y Giraldo 2011).

Los escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) son reconocidos a escala global por las funciones que cumplen en sistemas naturales y productivos debido a que durante el proceso de alimentación y apareamiento, mezclan partículas de sedimento de animales y plantas, lo cual incrementa la aireación y porosidad del suelo (Nicholls et al. 2008). Además, incorporan nutrientes y aumentan la fertilidad y productividad de las pasturas (Giraldo et al. 2011).

Estudios realizados en predios ganaderos en trópico bajo en Colombia registraron que en los SSPi se favorece el establecimiento de los escarabajos estercoleros en comparación con las pasturas convencionales (Giraldo et al. 2011). La mayor cantidad de árboles y arbustos en los potreros y la disponibilidad de hojarasca, ofrecen sitios especiales de refugio para los escarabajos, quienes descomponen el estiércol bovino y lo entierran rápidamente al suelo durante el proceso de construcción de las galerías que ellos utilizan para anidar. El aumento de los escarabajos estercoleros (la abundancia y diversidad fue más del doble en relación con los monocultivos de pastizales) permite recuperar las funciones ecológicas relacionadas con el reciclaje de nutrientes, la degradación de estiércol y el control biológico de moscas y parásitos gastrointestinales (Murgueitio et al. 2011).

Las hormigas tienen diversos hábitos alimenticios y estrategias de forrajeo, por lo cual son importantes para el funcionamiento de los ecosistemas ganaderos, principalmente porque

se relacionan con el reciclaje de nutrientes, la descomposición de hojarasca, la dispersión de semillas y la regulación natural de insectos indeseados (Giraldo et al. 2011). Los resultados demostraron que los potreros con árboles y los silvopastoriles intensivos tenían un mayor número de especies exclusivas de hormigas que las pasturas sin árboles (Chará y Giraldo 2011). Además, se encontró que los SSPi ofrecen sitios adecuados de refugio para las hormigas y que su capacidad de albergar dichos organismos, aumentó paulatinamente con el tiempo.

En los sistemas de ganadería convencional es común encontrar hormigas generalistas que se adaptan a las condiciones homogéneas de los monocultivos de pasto. Por el contrario, en los SSPi se encuentran especies exclusivas de hormigas que no están presentes en los pastos sin árboles, debido a que la cobertura vegetal ofrece sitios adecuados de refugio para las hormigas y una mayor complejidad en la red trófica, lo cual favorece las hormigas cazadoras y especialistas (Giraldo et al. 2011). En resumen en los SSPi la diversidad de hormigas es 30% más alta (Rivera et al., 2013).

Las lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) son organismos descomponedores de materia orgánica y son fundamentales para el funcionamiento de los sistemas ganadero debido a que contribuyen a la degradación de estiércol y la hojarasca y por lo tanto, mejoran la calidad del suelo. Algunas habitan las capas superiores y participan en la circulación de nutrientes al descomponer la materia orgánica. Otras que habitan en sustratos más profundos modifican la estructura del suelo con su actividad cavadora y producción de heces (Giraldo et al., 2011). En investigaciones realizadas en el trópico de Colombia (Caribe seco) se encontró que en los pastos sin árboles hay poca abundancia de lombrices mientras que en los SSPi se registraron mayor número de especies de lombrices en los diferentes estratos del suelo (Giraldo et al., 2011). Al ser un SSPi un arreglo con múltiples estratos se presenta una menor temperatura en el suelo, más disponibilidad permanente de agua y alimento por lo tanto las lombrices pueden mantener poblaciones mayores (Chará y Giraldo 2011).

Los reptiles y anfibios son depredadores que se alimentan de una amplia variedad de organismos vertebrados e invertebrados. La complejidad estructural de los SSPi arbórea y arbustiva, permite el establecimiento de lagartijas, lagartos, ranas, sapos y serpientes propios de los ecosistemas naturales que utilizan los silvopastoriles como sitios de refugio y alimentación por la oferta de recursos. En algunas regiones el sistema ganadero coexiste con zonas de bosques nativos o áreas de humedales donde la diversidad de estos grupos es mayor. La presencia de SSPi y un manejo amigable sin uso de fuego ni plaguicidas permiten oportunidades de migración de especies nativas a la matriz ganadera (Chará y Giraldo 2011).

En cuanto a la diversidad de aves silvestres los trabajos de investigación en Colombia (Fajardo et al., 2009) registraron la presencia de 193 especies, 19 órdenes y 49 familias de aves lo que suma hasta cinco veces más especies de aves que los monocultivos de pasto. Los resultados demostraron que en los SSPi se logró un incremento del 32,2% en el número total de especies de aves que recolonizaron los sistemas ganaderos después del aumento de la cobertura vegetal (Fajardo et al., 2010). Se identificaron 61 aves de interés para la conserva-

ción que habían sido desplazadas por la simplificación de los sistemas ganaderos en la región, incluyendo especies claves que están amenazadas y en peligro de extinción (Fajardo et al., 2009).

También algunos mamíferos silvestres pueden readaptarse rápidamente a nuevas áreas y consiguen recuperar sus hábitos dentro de los SSPi, pues estos constituyen lugares que se asemejan a relictos de bosques, donde encuentran protección, refugio, hábitat, alimento y lugares para su movilidad que conectan los sistemas productivos con los escasos y frágiles fragmentos boscosos que aún permanecen en las zonas ganaderas. Algunos mamíferos son dispersores de semillas, lo que los hace organismos importantes en la regeneración natural de árboles nativos en los SSPi, otros son depredadores y controlan organismos plaga, por lo cual su presencia en los sistemas ganaderos, es indicadora de que se ha recuperado procesos ecológicos importantes y eslabones de la cadena alimenticia que se pierden en los sistemas simplificados (Giraldo et al., 2011).

Si bien en el momento no se han llevado a cabo investigaciones científicas para caracterizar la fauna de mamíferos silves-

tres presentes en los SSPi, ha sido posible documentar a partir de observaciones puntuales en varias regiones de Colombia, Panamá y México la presencia en los SSPi primates como los monos aulladores (*Alouatta seniculus*) y los monos nocturnos (*Aotus lemurinus zonalis*). También venados (*Mazama guazoubira*, *Odocoileus virginianus*); conejos silvestres (*Silvilagus brasiliensis*), ardillas (*Sciurus granatensis*); roedores terrestres (*Dasyprocta fuliginosa*, *D. punctata*), marsupiales (*Didelphis marsupialis*), armadillos (*Dasyus novemcinctus*) y felinos pequeños (*Puma yagouaroundi*, *Leopardus tigrinus*). En la actualidad, los nuevos trabajos de investigación se relacionan con aportar pruebas de los principales servicios ambientales de la biodiversidad en los SSPi como por ejemplo el mejoramiento del suelo (gremios de escarabajos y lombrices de tierra); el control biológico de enemigos del ganado como las moscas hematófagas y las garrapatas (gremios de escarabajos estercoleros; depredadores de huevos y larvas; parasitoides de estados inmaduros) y la belleza escénica con aplicaciones de turismo rural, identidad cultural y productos de origen local (Chará et al 2015).

## Conclusiones

La conservación y uso sostenible de la biodiversidad en ambientes de ganadería es posible con intervenciones en el manejo en todos los usos de la tierra en forma armónica. Al incrementar la producción pecuaria en espacios menores con los SSPi la protección e incremento de los fragmentos de bosques nativos a través de corredores de conectividad como bosques de galería a lo largo de los ríos. También la matriz de pastos se modifica con las cercas vivas, la vegetación arbórea en los linderos y la arborización manejando la sucesión vegetal que

permite beneficios al ganado (sombra, forrajes, frutos) y a las familias del campo (madera, fibras, leña, carbón y otros).

Las investigaciones en regiones tropicales de América, en conjunto evidencian mayor diversidad en los SSPi que en los pastos sin árboles tanto en la flora nativa (árboles, arbustos, palmas y otras plantas), como en aves, coleópteros estercoleros, lombrices de tierra y hormigas. Observaciones no cuantificadas sugieren también que hay mayores oportunidades para la diversidad de anfibios, reptiles y mamíferos pequeños.

## Bibliografía

- Altieri, MA, Nicholls CI., 2012. Agro-ecological approaches to enhance resilience, *Farming Matters*, 28, pp. 14-17.
- Calle, Z., Murgueitio, E., Chará J., Molina C. H., Zuluaga A. F., & A. Calle 2013. A Strategy for Scaling-Up Intensive Silvopastoral Systems in Colombia, *Journal of Sustainable Forestry*, 32:7, 677-693, DOI: 10.1080/10549811.2013.817338
- Chará, J., Camargo, JC., Calle, Z., Bueno, L., Murgueitio, E., Arias, L., Dossman, M., y Molina, EJ. 2015. Servicios ambientales de sistemas silvopastoriles intensivos: mejoramiento del suelo y restauración ecológica. Pp. 331-347 En: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., Eibl, B. (Eds.). *Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica Informe Técnico 402*, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Fundación CIPAV. Cali, Colombia. 454pp.
- Chará, J., Giraldo, C. 2011. Servicios Ambientales de la Biodiversidad en Paisajes Agropecuarios. Fundación CIPAV, Cali. 76 p.
- Fajardo, D; Johnston, R; Neira, L; Chará, J; Murgueitio E. 2010. Influencia de los sistemas silvopastoriles en la diversidad de aves en la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente* 58:9-16.
- Fajardo D., Johnston-González R., Neira L., Chará J., Murgueitio R. 2009. Influencia de los sistemas silvopastoriles en la diversidad de aves en la Cuenca del río La Vieja, Colombia. *Revista Recursos Naturales y Ambiente*, No 58: 9-16.
- Giraldo, C; Escobar, F; Chará, J; Calle, Z. 2011. The adoption of silvopastoral systems promotes recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. *Insect Conservation and Diversity* 4(2):115-122.
- Harvey, C; Chacón, M; Donatti, C; Garen, E; Hannah, L; Andrade, A; Bede, L; Brown, D; Calle, A; Chará, J; Clement, C; Gray, E; Hoang, M; Minang, P; Rodríguez, A; Seeberg-Elverfeldt, C; Semroc, B; Shames, S; Smukler, S; Somarriba, E; Torquebiau, E; van Etten, J; Wollenberg, E. 2013. Climate-smart Landscapes: Opportunities and Challenges for Integrating Adaptation and Mitigation in Tropical Agriculture. *Conservation Letters* 7(2):77-90.

- Hernández M., Calle Z., Murgueitio E. 2014a. Con sus sistemas silvopastoriles, los ganaderos ayudan a conservar la biodiversidad. Primera parte: el Piedemonte Llanero sur. Carta Fedegán 140.
- Hernández M., Calle Z., Murgueitio E. Giraldo A., Solarte L. 2014b. Sistemas silvopastoriles y biodiversidad en el valle del río Cesar. Carta Fedegán 142: 70-74.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management* 261: 1654-1663.
- Murgueitio, E., Flores, M., Calle, Z., Chará, J., Barahona, R., Molina, C., y Uribe, F. 2015. Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. Pp. 59-101 En: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., Eibl, B. (Eds.). *Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica Informe Técnico 402*, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Fundación CIPAV. Cali, Colombia. 454pp.
- Rivera, L; Armbrrecht, I; Calle, Z. 2013. Silvopastoral systems and ant diversity conservation in a cattle-dominated landscape of the Colombian Andes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 181:188-194.

# Transformación de un bosque secundario degradado en sistema silvopastoril. Efectos en la calidad biológica de suelos

A. Anriquez<sup>1</sup>; S. Arias<sup>1</sup>; J. Silberman<sup>1</sup>; J. Dominguez Nuñez<sup>2</sup>; A. Albanesi<sup>1</sup>

## Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos en indicadores de calidad biológica del suelo en un sistema silvopastoril (SSP) habilitado a partir de un bosque secundario mediante rolado de baja intensidad (RBI) con siembra de *Panicum maximum* (RBIs) y sometido a pastoreo controlado en Santiago del Estero, bajo coberturas arbóreas de *Ziziphus mistol* (M); *Aspidosperma quebracho blanco* (Qb) y *Schinopsis lorentzii* (Qc) y suelo sin cobertura vegetal (D). Las variables evaluadas fueron carbono orgánico total (COT), carbono orgánico particulado (COP), carbono de la biomasa microbiana (Cbm), las relaciones COP: COT y Cbm: COT, glomalinas totales (GT) y glomalinas fácilmente extraíbles (GFE). Se realizó ANOVA y test de Duncan para la comparación de medias ( $\alpha = 0,05$ ). Además se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para estudiar la relación entre los tratamientos, las coberturas y las variables de suelo evaluadas. El SSP implementado mediante RBIs, mantuvo estables las propiedades químicas y microbiológicas en el suelo, siendo las mismas afectadas por el tipo de cobertura arbórea considerada. Los niveles de COT, COP, Cbm, GT y GFE fueron mayores bajo cobertura arbórea, especialmente en M. La biota del suelo del sistema evaluado, presentó una baja eficiencia metabólica, propia de los ambientes semiáridos. Se debe seguir monitoreando el SSP en el tiempo ya que podría haber indicios que el pastoreo afecta las variables microbiológicas.

**Palabras clave:** glomalinas, carbono, rolados, región Chaqueña, cobertura arbórea

## Conversion of a degraded secondary forest to a silvopastoral system. Effects on biological soil quality

## Abstract

The objective of this research was to assess the effects the implementation of a silvopastoral system (SSP) on biological indicators of soil quality in Santiago del Estero. The SSP was generated from a secondary forest by applying roller-chopper using the RBI concept with seeding of *Panicum maximum* (RBIs) and subjected to controlled grazing. We assessed total organic carbon (COT), particulate organic carbon (COP), microbial biomass carbon (Cbm), ratio COP: COT and Cbm: COT, total glomalin (GT) and easily extractable glomalin (GFE) in bare soil, without any vegetation cover (D) and the soil under the canopies of *Ziziphus mistol* (M); *Aspidosperma quebracho blanco* (Qb) and *Schinopsis lorentzii* (Qc). To study the relationship between treatments, coverage and soil variables was performed ANOVA and principal component analysis (ACP). The RBIs maintained the chemical and microbiological properties in the soil, and but they were affected by the type of tree cover. The levels of COT, COP, Cbm, GT and GFE were higher under tree cover, especially in M. Soil microorganisms, recorded a low metabolic efficiency, typical of semiarid environments. There is evidence that grazing affects the microbiological variables and should be further evaluated.

**Key words:** glomalin, soil carbon, roller-chopper, Chaco region, tree cover

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía y Agroind – Univ. Nac. de Sgo. del Estero.; <sup>2</sup>ETSI Montes Univ. Politécnica de Madrid. Autor de contacto: albanesi@unse.edu.ar; Belgrano (S) 1912 (4200) Santiago del Estero, Argentina

## Introducción

Una de las prácticas sustentables propuestas para la habilitación de los bosques secundarios degradados es el rolado de baja intensidad (RBI) a fin de implementar sistemas silvopastoriles (SSP) (Peri, 2012) que integran árboles y pasturas y generan ambientes más estables y diversos que los cultivos monofíticos (Kunst, 2012). En regiones semiáridas los árboles reducen la pérdida de agua y nutrientes (Abule et al., 2005) y presentan un mayor potencial para secuestrar carbono orgánico ya que pueden estar asociados con una mayor proporción de C estabilizado.

La fracción particulada de la materia orgánica del suelo, constituida por material orgánico joven junto con la biomasa microbiana juegan un papel muy importante en el ciclo de los nutrientes y en el mantenimiento de la calidad del suelo (Galantini y Suñer, 2008).

Constituyendo la biomasa microbiana se encuentran los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA), cuya importan-

cia en el mantenimiento de la calidad es el aporte de carbono orgánico de su masa miceliar extrarradical y de la producción de las glomalinas, las cuales se asocian directamente con la estabilidad de los agregados del suelo (Rillig et al. 2003).

El rolado selectivo de baja intensidad con siembra de pasturas (RBIs) modifica la estructura de la comunidad vegetal y por ende la producción primaria (Kunst et al., 2012) y esto puede modificar la dinámica de los ciclos biogeoquímicos ya que las especies vegetales y los factores abióticos ejercen influencia en las propiedades del suelo determinando la calidad del mismo, especialmente en regiones áridas y semiáridas (Carranza et al., 2012).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto a los cinco años de la transformación de un bosque secundario en sistema silvopastoril mediante la utilización de RBIs y sometido a pastoreo controlado en Santiago del Estero sobre algunos indicadores de calidad de la materia orgánica del suelo.

## Materiales y métodos

Área Experimental: los ensayos se establecieron en “La María” EEA-INTA Santiago del Estero, Argentina (28° 3' S. y 64° 15' O). El clima es semiárido subtropical, con una precipitación anual promedio 574 mm, régimen monzónico. El suelo fue clasificado como Haplustol éntico. La vegetación del bosque secundario se caracteriza por presentar dominancia de especies arbustivas espinosas tales como *Prosopis*, *Acacia*, *Celtis*, *Schinus*, *Larrea*. Entre las especies arbóreas se encuentran *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco), *Schinopsis lorentzii* (quebracho colorado), *Prosopis spp.*, *Zizyphus mistol* (mistol), *Cercidium praecox* (Kunst et al., 2012).

Diseño Experimental: los tratamientos fueron:

**T. Testigo:** bosque secundario. Densidad de leñosas mayor a 2000 tallos ha<sup>-1</sup>.

**SSP. Sistema silvopastoril implementado con RBI:** Dos pasadas de rolo de 3000 kg a 45° con siembra simultánea de 5 kg ha<sup>-1</sup> de *Panicum maximum* var Gattón panic en 2006, más un pastoreo controlado por año (E.V. 1,1 ha<sup>-1</sup>) en agosto de 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011.

Los tratamientos se establecieron en el año 2006 en parcelas de 2,5 ha cada una, completamente aleatorizados con dos repeticiones.

Como factor de clasificación se estudió el efecto de la cobertura arbórea en suelo bajo cobertura de: *Zizyphus mistol* (**M**); *Aspidosperma quebracho blanco* (**Qb**) y *Schinopsis lorentzii* (**Qc**) y en suelo sin cobertura vegetal (**D**).

Para evaluar el efecto a los cinco años de aplicado el RBIs se muestreó en agosto de 2011. Se tomaron 3 muestras compuestas de suelo (n=3) a 0,15 cm de profundidad para cada cobertura (n=4) y en cada tratamiento (n=2). Las

muestras fueron secadas al aire y tamizadas por tamiz de 2 mm.

Las variables de suelo evaluadas fueron:

Carbono orgánico total (COT) (Nelson y Sommers, 1982) por espectrofotometría a 590 nm.

Carbono orgánico particulado (COP) (Nelson y Sommers, 1982) por espectrofotometría a 590 nm. de la fracción de partículas entre 53 y 2000µm separadas mediante tamizado en húmedo (Cambardella y Elliott, 1992). Se calculó la relación COP: COT (Galantini y Suñer, 2008).

Carbono de la biomasa microbiana (Cbm) (Vance et al., 1987) por el método de fumigación extracción determinando el carbono orgánico por espectrofotometría a 590 nm. Se utilizó un kc de 0,35. Se calculó relación Cbm:COT.

Glomalinas totales, fracción más recalcitrante (GT) y Glomalinas fácilmente extraíbles, fracción más lábil débilmente unida a las partículas del suelo (GFE). Se cuantificó por el método de Bradford y se usó espectrofotómetro a 595 nm (Wright, Upadhyaya, 1996).

Para determinar el efecto del SSP sobre las variables evaluadas se utilizaron los valores de las mismas obtenidas en el Testigo como nivel de referencia.

Las variables se analizaron mediante ANOVA cuyas fuentes de variación fueron tratamiento y cobertura, previa verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Se utilizó test de Duncan para la comparación de medias ( $\alpha = 0,05$ ), mediante el paquete estadístico InfoStat versión 2008p (Di Rienzo et al., 2008). Se realizó además un análisis de componentes principales (ACP) para estudiar la relación entre los tratamientos, las coberturas y las variables de suelo evaluadas.

## Resultados y discusión

Tabla 1. Carbono orgánico total (COT), carbono orgánico particulado (COP), carbono de la biomasa microbiana (Cbm), glomalin fácilmente extraíbles (EEG), glomalin totales (GT) y relaciones COP:COT y Cbm:COT en suelos sin cobertura vegetal (D) y bajo cobertura de quebracho colorado (Qc), quebracho blanco (Qb) y mistol (M). Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $< 0,05$ ). Ver referencias en texto

Cobertura	COT (g C*kg <sup>-1</sup> )	COP (g C*kg <sup>-1</sup> )	CBM (ug C g suelo <sup>-1</sup> )	COP:COT %	Cbm:COT (%)	EEG mg g <sup>-1</sup>	GT mg g <sup>-1</sup>
D	10,18 a	7,73 a	237,19 a	76 a	2,35 a	0,35 a	1,48 a
Qc	23,78 b	20,65 b	461,78 a	87 a	2,00 a	0,65 b	2,05 ab
Qb	23,83 b	20,55 b	445,46 a	87 a	1,83 a	0,77 b	2,65 bc
M	31,18 b	26,65 b	379,16 a	83 a	1,09 a	1,09 c	3,19 c

El COT entre tratamientos no presentó diferencias estadísticas significativas, solo registró diferencias significativas entre coberturas ( $p=0,016$ ). Los menores valores de COT se registraron en D y los mayores valores en suelo bajo cobertura arbórea especialmente de M (Tabla 1).

Estos resultados coinciden con Hudak *et al.* (2003), quienes encontraron en otras regiones semiáridas, mayor COT bajo cobertura de leñosas demostrando que la vegetación contribuye en gran medida a la formación de materia orgánica del suelo ya que constituye el principal material originario de la misma por la acumulación de C orgánico en forma de mantillo.

Considerando que en los bosques del Chaco, la caída de hojarasca ocurre a lo largo de todo el año, y que la cantidad caída es baja y varía según las características estructurales del bosque (Montero *et al.*, 2011) siendo superior en las áreas de dosel cerrado e inferior en las áreas de dosel semi cerrado o abierto es muy importante dejar una buena cobertura en la implementación de un SSP.

El COP registró también diferencias significativas entre coberturas ( $p=0,022$ ) y varió entre 7,73 a 26,65 g C kg<sup>-1</sup> siguiendo la misma tendencia que COT, con menores valores en D y mayores valores en M (Tabla 1). Ello sugiere que existe más cantidad de C asociado a macroagregados grandes y medianos, más desprotegidos de la acción microbiana (Cambarrella, Elliot 1992). Este resultado resalta la importancia de los aportes anuales y consecutivos de materia seca aérea y radicular que, según Galantini (2008), implicarían una mayor contribución al reciclado de nutrientes de las fracciones lábiles que constituyen una fuente de energía y nutrientes de fácil acceso para los microorganismos saprófitos responsables de dicha transformación.

La relación COP:COT no registró diferencias significativas entre tratamiento, cobertura ni en la interacción Tratamiento\*cobertura y varió entre 76 a 87 %, evidenciando que la mayor cantidad de C está fácilmente disponible para la degradación microbiana, coincidiendo con García Oliva *et al.* (1999) quienes indicaron que en suelos forestales el 80% del C está asociado al COP. La materia orgánica humificada o que forme un complejo organomineral es escasa, por lo que se debe evitar la rápida pérdida del COP para el mantenimiento del sistema (Videla *et al.*, 2008).

El Cbm y la relación Cbm:COT no registraron diferencias significativas en ninguna fuente de variación considerada. Ello indica que los tratamientos y la cobertura arbórea no modifican la eficiencia metabólica de la biota del suelo, es decir,

la eficiencia de los microorganismos para formar biomasa a expensas del COT. Los valores de Cbm:COT (Tabla 1) se encuentran dentro de los valores informados en bibliografía (Moore *et al.*, 2000), que señala que alrededor del 1 al 3% del carbono total del suelo es biomasa microbiana. La biota de estos suelos presenta una baja eficiencia metabólica, por lo que refleja también una baja contribución de la biomasa microbiana al C orgánico del suelo, propio de los ambientes semiáridos.

Las GFE y GT no registraron diferencias significativas entre tratamientos, lo que evidencia que el SSP obtenido con RBIs no afectó a las mismas por lo que se considera una práctica sustentable por el bajo impacto sobre el componente arbóreo. Este resultado concuerda con Driver *et al.*, (2005) quienes informan que los niveles de glomalina en ecosistemas forestales son superiores al de los agroecosistemas, debido al incremento en la velocidad de descomposición de los propágulos de los HMA, proceso responsable de la llegada de la glomalina al suelo.

Las GFE y GT sólo registraron diferencias significativas entre coberturas ( $p=0,0028$  y  $0,0016$ , respectivamente) presentando menores valores en D y mayores en M (Tabla. 1) ya que éste aporta residuos orgánicos que quedan en el suelo con abundante cantidad de mucílagos, taninos, almidón y azúcares (Colares y Arambarri, 2008) de fácil aprovechamiento para los HMA. Los resultados observados coinciden con Rillig *et al.* (2003), quienes indicaron que los suelos cubiertos con especies arbóreas o pastos presentan mayor concentración de glomalin que los suelos libres de vegetación. Alguacil *et al.* (2011) encontraron que la diversidad de HMA varía con la especie vegetal por lo que cada especie podría contribuir de manera diferente al aporte de glomalin al suelo.

En el análisis de Componentes principales los dos primeros componentes explicaron el 94% de la variabilidad. Las variables más contributivas en el primer eje fueron COP (0,45), COT (0,44), GT (0,43) y GFE (0,43). GFE y GT estuvieron correlacionadas positivamente con COT y COP concordando con Seguel *et al.* (2008) quienes encontraron una estrecha relación entre glomalin y materia orgánica. Esto resalta la importancia de los HMA en la calidad del suelo

En el plano bidimensional se distinguieron claramente cuatro grupos: el primero constituido por tratamientos sin cobertura (T:D, SSP:D) caracterizado por menores contenidos de COT, COP, GT y GFE, el segundo por tratamientos bajo cobertura de quebrachos (T:Qc, T:Qb, SSP:Qc y SSP:Qb) con valores



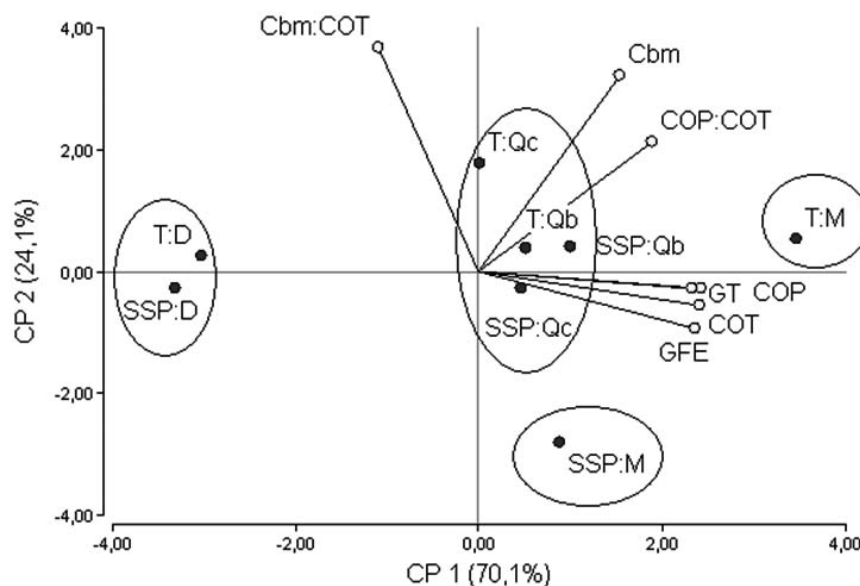


Figura 1. Análisis biplot de tratamientos, coberturas y variables de suelo. Referencias: Testigo (T), sistema silvopastoril implementado con RBI (SSP), carbono orgánico total (COT), carbono orgánico particulado (COP), carbono de la biomasa microbiana (Cbm), glomalinas fácilmente extraíbles (EEG), glomalinas totales (GT) y relaciones COP:COT y Cbm:COT. Suelos sin cobertura vegetal (D) y suelos bajo cobertura de quebracho colorado (Qc), quebracho blanco (Qb) y mistol (M).

intermedios de las variables mencionadas, el tercero y cuarto por tratamientos bajo cobertura mistol (T:M y SSP:M) con magnitudes mayores de dichas variables (Fig. 1), posiblemente por la elevada cantidad de proteínas y carbohidratos solubles en hojas de mistol (Nogués *et al.* 2013), por lo que la incorporación de las mismas como residuos al suelo aportarán al COT del suelo, especialmente a las fracciones más lábiles. Las variables más contributivas en el segundo eje fueron Cbm:COT (0,67) y Cbm (0,59), siendo T:Qc el de mayor inercia sobre esta componente y correspondió a suelos donde la relación Cbm:COT fue mayor, mientras que en SSP:M la relación presentó el menor valor, indicando una disminución en la disponibilidad de materia orgánica para los microorganismos, posiblemente debido al efecto del pastoreo en los SSP. Esto concuerda con lo informado por Barger et

al. (2004) quienes sugieren que a mayor intensidad de pastoreo los microorganismos del suelo tienden a estar más limitados de C resultando en una disminución del crecimiento microbiano. Estos resultados indican que se debe seguir monitoreando los cambios en el tiempo ya que estas variables biológicas responden más rápidamente a los cambios en el manejo del suelo que los índices químicos de fertilidad y podrían estar evidenciando que el SSP afecta las mismas. En este sentido Wick et al., (2000) encontraron que en la conversión de bosques nativos en sistemas silvopastoriles semiáridos de Brasil, la presencia de los árboles nativos mantienen el contenido de nutrientes y materia orgánica mientras que el reemplazo completo del bosque a pastura implantada disminuye el contenido de Cbm pero no afecta las reservas de nutrientes y materia orgánica

## Conclusiones

La transformación de un bosque secundario en un sistema silvopastoril implementado mediante RBIs no afecta la calidad biológica de los suelos a los cinco años de implementado ya que mantiene estables las propiedades químicas y microbiológicas evaluadas en este trabajo. El principal factor que tiene efectos sobre la calidad del suelo es el tipo de cobertura arbórea.

COT, COP, Cbm y glomalinas son mayores bajo cobertura arbórea, especialmente en M. La biota del suelo del sistema evaluado, presentó una baja eficiencia metabólica, propia de los ambientes semiáridos. Se debe seguir monitoreando los cambios en el tiempo ya que podría haber indicios que el pastoreo en el SSP afecta las variables microbiológicas.

## Bibliografía

- Abule, E., Smith, G.N., Snyman, H.A., 2005. The influence of woody plants and livestock grazing on grass species composition, yield and soil nutrients in the Middle Awash Valley of Ethiopia. *Journal of Arid Environments*. 60: 343–358.
- Alguacil, M.M., Torres, M.P., Torrecillas, E., Díaz, G., Roldán, A., 2011. Plant type differently promote the arbuscular mycorrhizal fungi biodiversity in the rhizosphere after revegetation of a degraded, semiarid land. *Soil Biology & Biochemistry* 43: 167-173
- Barger, N.N., Ojima, D.S., Belnap, J., Shiping, W., Yanfen, W., Chen, Z., 2004. Changes in Plant Functional Groups, Litter Quality, and Soil Carbon and Nitrogen Mineralization With Sheep Grazing in an Inner Mongolian Grassland. *Rangeland Ecology & Management* 57(6):613-619.
- Cambardella, C., Elliott, E., 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 777-783.
- Carranza, C., Noe, L., Merlo, C., Ledesma, M., Abril, A., 2012. Efecto del tipo de desmonte sobre la descomposición de pastos nativos e introducidos en el Chaco Árido de la Argentina. *RIA Vol. 38 N° 1*, 97-107.
- Colares, M.N., Arambarri, A.M., 2008. *Zizipus mistol* (Rhamnaceae): Morfo-anatomía y arquitectura foliar. *Latin American Journal of Pharmacy (formerly Acta Farmacéutica Bonaerense)* Lat. Am. J. Pharm. 27 (4): 568-77.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C.W., 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Driver, J., Holben, W., Rillig, M., 2005. Characterization of glomalin as a hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biol. Biochem.* 37: 101-106.
- Galantini, J.A., Suñer, L., 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. *Agricentia*, Vol XXV (1): 41-55
- García-Oliva, F., Sanford, Jr.R., Kelly, E., 1999. Effects of slash and burn management on soil Aggregate Organic C and N in a Tropical Deciduous Forest. *Geoderma* 88:1-12.
- Hudak, A.T., Wessman, C.A., Seastedt, T.R., 2003. Woody overstorey effects on soil carbon and nitrogen pools in South African savanna. *Austral Ecology* 28: 173–181
- Kunst, C., Ledesma, R., Bravo, S., Albanesi, A., Anriquez, A., Van Meer, H., Godoy, J., 2012. Disrupting woody steady states in the Chaco region (Argentina): Responses to combined disturbance treatments *Ecological Engineering*. 42: 42-53
- Montero, G.A., Carnevale, N.J., Magra, G., 2011 Ensamblajes estacionales de artrópodos epigeos en un bosque de quebracho (*Schinopsis balansae*) en el Chaco Húmedo. *Revista Colombiana de Entomología* 37 (2): 294-304.
- Moore J.M., S. Klose, M.A. Tabatabai. 2000. Soil microbial biomass carbon and nitrógeno as affected by cropping Systems. *Biol Fertil Soils* (2000) 31:200–210.
- Nelson, D., Sommers, L., 1982. Methods of soil analysis. En: Page, A. (ed). *Agronomy 9, ASA, SSSA*. 539-579.
- Nogués, E.M., Castro, O.E., Correa, R.J., Puricelli, M., Gómez Pérez, H., López, R., 2013. *Ziziphus mistol* Griseb. (mistol) su rol en la religión, la cultura popular, la alimentación humana y animal y su uso medicinal en el árido y semiárido del NOA. Información general sobre la importancia de este género en distintas regiones del mundo. *Revista de Divulgación Técnica Agrícola y Agroindustrial Facultad de Ciencias Agrarias – UNCa*. Revista N° 52 ISSN: 1852 – 7086. pag :1:16.
- Peri, P., 2012. Implementación, manejo y producción en Sistemas Silvopastoriles: enfoque de escalas en la aplicación del conocimiento aplicado. *Actas del 2º Congreso de Sistemas Silvopastoriles*. INTA. 8-21.
- Rillig, M., Ramsey, P., Morris, S., Paul, E., 2003. Glomalin, an arbuscular-mycorrhizal fungal soil protein, responds to soil-use change. *Plant Soil* 253(2): 293-299.
- Seguel, A., Rubio, R., Carrillo, R., Espinosa, A., Borie, F., 2008. Niveles de glomalina y su relación con características químicas y biológicas del suelo (andisol) en un relicto de bosque nativo del sur de Chile. *Bosque* 29(1): 11-22.
- Vance, E.D., Brookes, P.C., Jenkinson, D.S., 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19: 703-707.
- Videla, L.S., Rostagno, C.M., Toyos, M.A., 2008. La materia orgánica particulada: comparación de métodos para su determinación y su valor como indicador de calidad de suelos del Chubut. *Revista Ciencia del Suelo (Argentina)* 26(2): 219-227.
- Wick, B., Tiessen, H., Menezes, R.S.C., 2000. Land quality changes following the conversion of the natural vegetation into silvo-pastoral systems in semi-arid NE Brazil. *Plant and Soil* 222:59-70
- Wright, S.F., Upadhyaya, A., 1996. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Sci.* 161:575–586.

# Carbono retenido por la hojarasca y la biomasa radicular en diferentes usos del suelo del oeste de la provincia del Chaco, Argentina

F.E. Céspedes Flores<sup>1,3\*</sup>; J.A. Fernández<sup>1</sup>; A.C. Bernardis<sup>1</sup>; J.A. Gobbi<sup>2</sup>.

## Resumen

Con el objeto de evaluar la acumulación de carbono en biomasa de raíces y hojarasca con diferentes usos del suelo, se realizó un ensayo en el oeste de la provincia del Chaco, Argentina. Los usos de la tierra (tratamientos) evaluados fueron: pastizal natural, pastura implantada, sistema silvopastoril, bosque nativo semiárido y campo agrícola. Se realizaron calicatas a lo largo de una transecta y se muestrearon los estratos: 0-0,05; 0,05-0,15; 0,15-0,3; 0,3-0,6 m. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con 3 repeticiones. Los resultados fueron analizados con ANOVA y Test de Tuckey ( $p \leq 0,05$ ). El aporte de carbono en hojarasca en la pastura ( $670,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y en el sistema silvopastoril ( $944,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ) fue mayor que en el pastizal ( $300,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y bosque nativo ( $200,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ) bajo estudio. El aporte de carbono de las raíces fue mayor en los primeros 0,20 m de profundidad en todos los tratamientos. El uso de Bosque nativo registró valores de 3156,9 y 2779,2  $\text{kg ha}^{-1}$ , y el Sistema Silvopastoril con 2448,4 y 1228,9  $\text{kg ha}^{-1}$  a los 0,05m y 0,15m de profundidad respectivamente. Estos usos son los que más aporte de carbono por raíces registraron.

**Palabras clave:** raíces, pastizal, sistema silvopastoril, bosque nativo, stock de carbono, Chaco semiárido.

## Carbon stored in radical biomass and litter in different land uses in western Chaco, Argentina

## Abstract

In order to evaluate the accumulation of carbon in root biomass and litter in different land uses, a test was carried out in the west of the province of Chaco, Argentina. The land uses (treatments) were evaluated: natural grassland, pasture, silvopastoral system, agricultural field under conservation tillage and semiarid native forest. There were pits along transect diagonal and sampled strata: 0 to 0.05, from 0.05 to 0.15, 0.15 to 0.3, 0.3 to 0.6 m. The design was a randomized complete block with three replicates were performed ANOVA ( $p \leq 0.05$ ). These uses are most carbon contribution estate recorded. The contribution of carbon in litter pasture ( $670.7 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and the silvopastoral system ( $944.1 \text{ kg ha}^{-1}$ ) was higher than in the pasture ( $300.3 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and native forest ( $200.3 \text{ kg ha}^{-1}$ ) under study. The contribution of carbon from roots was higher in the first 0.20 m depth in all treatments. The use of native forest values recorded 3156.9 and 2779.2  $\text{kg ha}^{-1}$  and Silvopastoral System with 2448.4 and 1228.9  $\text{kg ha}^{-1}$  at 0.05m and 0.15m respectively depth.

**Keywords:** roots, grassland, silvopastoral system, native forest, carbon stock, semiarid Chaco.

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrarias-UNNE; <sup>2</sup>Centro Regional La Pampa-San Luis-INTA; <sup>3</sup>E.E.A. Colonia Benítez-INTA. \*cespedes.flora@inta.gob.ar

## Introducción

En los últimos dos siglos, el hombre modificó los ecosistemas a tasas desconocidas, afectando la biodiversidad, los flujos de energía, la producción y distribución de bienes y servicios, en algunos de manera positiva y en otros negativamente (Foley *et al.*, 2005). Todas estas alteraciones forman parte del fenómeno denominado Cambio Climático Global y representan un desafío para la comunidad científica, debido a la necesidad de brindar soluciones prácticas a estos problemas. Las actividades industriales y agropecuarias afectaron la concentración de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en la atmósfera, a través de la quema de combustibles fósiles y la deforestación (Martino, 2007).

Diversos estudios científicos proponen y analizan metodologías para reducir las emisiones de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera y/o captar o secuestrar carbono en los ecosistemas (Lal, 2004). Fijar carbono en los ecosistemas terrestres no solo contribuye a disminuir la concentración de  $\text{CO}_2$  atmosférico, sino que incrementa las reservas de carbono y otros nutrientes del suelo, mejorando la fertilidad y la capacidad de producción de bienes y servicios (IPCC, 2003).

En la Provincia del Chaco (Argentina), la mayoría del territorio es de propiedad privada, las estrategias de manejo para aumentar el secuestro de carbono y la provisión de servicios

ecosistémicos deben necesariamente ir acompañadas de planteos productivos atractivos (rentables) para los productores agropecuarios. Es importante conocer el historial de uso de la tierra, debido a que el uso inicial condiciona significativamente los cambios en las existencias de carbono en el suelo. No se producirá la misma fijación de carbono en un lugar si el uso inicial fue un cultivo, un pastizal o un bosque (Salinas y Hernández, 2008).

El almacenamiento de carbono en los suelos es el balance entre la incorporación de material vegetal muerto (hojarasca y raíces) y las pérdidas de los procesos de descomposición y mineralización (respiración heterotrófica) (Hernández y Sánchez, 2005).

En pastizales tropicales, pocos trabajos estiman el carbono subterráneo almacenado, a pesar de ser un aporte de consideración. En el oeste chaqueño de la Argentina existe poca información sobre el aporte de carbono subterráneo que realizan la hojarasca y las raíces, por lo que el presente estudio aportaría una línea base de información sobre la temática. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el aporte de carbono de la biomasa de hojarasca y raíces en diferentes usos del suelo.

## Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en un área triangular de aproximadamente 250.000 hectáreas ubicadas en la porción oeste de la provincia del Chaco, Argentina, en la zona comprendida por las localidades de: J. J. Castelli (25°56'S y 60°37'O), Concepción del Bermejo (26°36'S y 60°56'O) y Río Muerto (26°18'S y 61°39'O). Los establecimientos rurales de la zona se caracterizan por tener un 50 % de cobertura forestal, con diferentes usos del suelo (agrícolas y ganaderos). La ganadería (bovinos cruzas de razas Brahman, Braford y Brangus) se realiza sobre pastizales nativos manejando el rodeo con periodo de descanso del pastizal.

Esta región del Chaco tiene un relieve llano con suave pendiente hacia el sureste. El clima es subtropical continental, cálido, con estación seca marcada en invierno. La temperatura media anual es de 21,5 °C (46 °C en verano y 6 °C en invierno), las precipitaciones medias anuales varían entre 700-800 mm con un régimen estival. El material originario de suelo es de tipo sedimentario, resultante de un transporte mixto eólico-hídrico denominados limo-loésicos (Zurita, 2007). Las especies más representativas del bosque nativo son: *Schinopsis lorentzii* (quebracho colorado santiagueño), *Aspidosperma quebracho blanco* (quebracho blanco), *Ziziphus mistol* (mistol), *Prosopis ruscifolia* (itín), *Schinus molle* (molle), *Celtis tala* (Tala). Se utiliza en el sistema de manejo silvopastoril de un bosque nativo, una densidad aproximada de 140 árboles.ha<sup>-1</sup>, que tienen un arreglo natural (dado por la competencia inter específica en el bosque nativo sin intervención del hombre) considerando que los bosques de la zona evaluada provienen del raleo de especies por el aprovechamiento de la madera en el bosque nativo.

La sucesión de los ambientes más comunes en el oeste del Chaco, se inició particularmente del Bosque nativo o de pastizal natural, y estos fueron cambiando de las siguientes maneras: a) a partir del bosque nativo que pasó a un manejo silvopastoril con pastura implantada de *Panicum maximum* cv Gatton panic, b) bosque nativo que pasó a uso agrícola, principalmente cultivos de soja en siembra directa con diferentes rotaciones de gramíneas, c) ambientes de pastizal natural que cambió mediante la introducción de gramíneas subtropicales como *Panicum maximum* cv Gatton panic implantadas mediante rolo y quema (Kunst *et al.*, 2003; Camardelli *et al.*, 2005). Utilizando la variabilidad de los ambientes mencionado anteriormente, en el presente estudio se inició una evaluación de los mismos para observar lo que ocurre con la acumulación de carbono en hojarasca y raíces.

Los tratamientos propuestos fueron los diferentes usos del suelo:

Bosque nativo (BN)

Pastizal natural de *Elyonurus muticus* (PN)

Sistema Silvopastoril con pastura de *P. maximum* cv. Gatton panic (SSP)

Campo agrícola: cultivo de soja con siembra directa (CA)

Pastura implantada de *Panicum maximum* cv. Gatton panic (PI)

En cada uso del suelo se realizó una transecta diagonal (parcela de muestreo), donde se cavaron 3 calicatas de muestreo hasta los 0,6 m. Esta profundidad fue definida en base a resultados obtenidos por Céspedes Flores *et al.* (2012) y además según las referencias bibliográficas a partir de esa profundidad del perfil de suelo, el carbono almacenado es menos

susceptible a cambios y su modificación es a largo plazo, tal como lo fundamentan diversos autores (Piñeiro *et al.*, 2006; FAO, 2001; IPCC, 2001).

En cada calicata se muestrearon los estratos: 0 - 0,05 m; 0,05 - 0,15 m; 0,15 - 0,3 m; 0,3 - 0,6 m. En cada uso se estudió el contenido de carbono en raíces y hojarasca.

La hojarasca (hojas senescentes depositadas sobre el suelo) fue muestreada por medio de la recolección en cada uso del suelo usando cuadros estandarizados de 1 m<sup>2</sup>, luego se determinó la MS a 65°C. Las raíces fueron separadas de la muestra de suelo por lavados, utilizando un tamiz con malla de 2 mm (Acosta *et al.*, 2001), y las raíces menores se excluyeron por no diferenciarse del material orgánico en descomposición (IPCC, 2001; Trumper *et al.*, 2009). Luego se llevaron a estufa a 65 °C hasta peso constante para determinar materia seca (MS).

El cálculo de contenido de carbono en la biomasa de hojarasca y raíces se realizó considerando que es el 45 % de la MS, entonces según Etchevers *et al.* (2005):

$$C = B * 0,45$$

Donde:

C = Contenido de carbono (Kg ha<sup>-1</sup>);

B = Biomasa radical (Kg MS ha<sup>-1</sup>);

0,45 = constante, proporción de carbono en la biomasa vegetal, asumido por convención del IPCC.

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con 4 bloques representados por cada uno de los campos donde se encontraban todos los tratamientos (usos del suelo) y 3 repeticiones en cada uno. Con los datos se realizó un análisis de la varianza y comparación de medias con un test de Tukey al 5 %, utilizando el software estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2012).

## Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos del contenido de carbono en hojarasca, los tratamientos PI y SSP, fueron los de mayor retención de carbono (670,7 y 944,1 kg.ha<sup>-1</sup> respectivamente), diferenciándose significativamente ( $p \leq 0,05$ ) con respecto a PN y BN (300,3 y 200,3 kg.ha<sup>-1</sup> de carbono respectivamente). Entre los tratamientos de BN, PN y CA no se registraron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) en la retención de carbono por hojarasca (Figura 1). Cabe destacar, que los valores tan bajos obtenidos en el tratamiento de BN se deben a que es un bosque nativo xerófilo, es decir son especies representativas de zona semiárida que no generan demasiada biomasa de hojarasca, a su vez que al ser una zona de altas temperaturas la tasa de descomposición del material orgánico es mayor.

El SSP no se diferenció significativamente del tratamiento PI, debido a que para la biomasa de hojarasca en el muestreo en el SSP el mayor aporte lo realiza la pastura de *Panicum maximum*, ya que las especies de árboles no realizan un aporte significativo de hojarasca debido a que son árboles en general xerófilos, y a su vez el animal no sólo pastorea la pastura sino que ramonea los árboles en épocas invernales de baja

producción de biomasa forrajera por parte de la gramínea de ciclo estival.

Los valores de hojarasca obtenidos fueron similares a los observados en trabajos por Céspedes Flores *et al.* (2010) quienes estudiaron en el parque chaqueño húmedo un pastizal de *Sorghatrum* y una pastura de *Cynodon*. Concuerdan con los valores de Etchevers *et al.* (2005) y Schöning *et al.* (2006). D'acunto *et al.*, (2012) obtuvieron en la zona de La Pampa (Argentina) valores similares de carbono en usos agrícolas con cultivos de sorgo, maíz y soja. El aporte de carbono en la hojarasca en el CA, con el sistema de labranza conservacionista realizó un aporte importante al stock de carbono. Los muestreos se realizaron en el momento de mayor aporte del cultivo, luego de la cosecha.

La distribución de la PI genera mayor cobertura y atenúa el efecto del clima sobre la hojarasca al ser una pastura monofítica de desarrollo más homogéneo, esto no se observó para el caso de PN en donde, debido a condiciones naturales del ambiente y del pastizal de *Eleonurus muticus* evaluado, habían amplios sectores con baja densidad de pastizal ya que esta

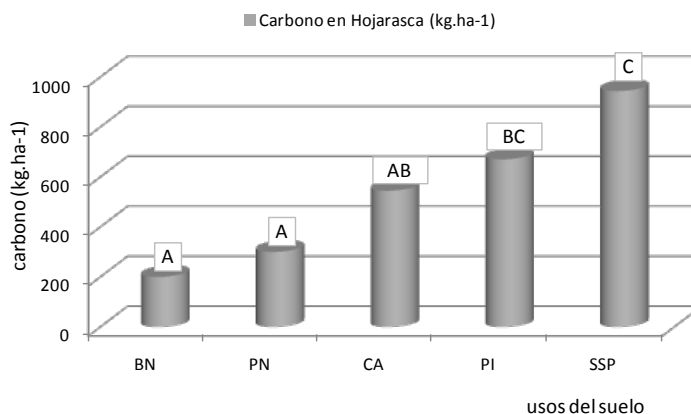


Figura 1: Carbono retenido por la hojarasca en Bosque Nativo (BN), Campo Agrícola (CA), Pastizal Natural (PN), Pastura Implantada (PI) y Silvopastoril (SSP) en el oeste del Chaco. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

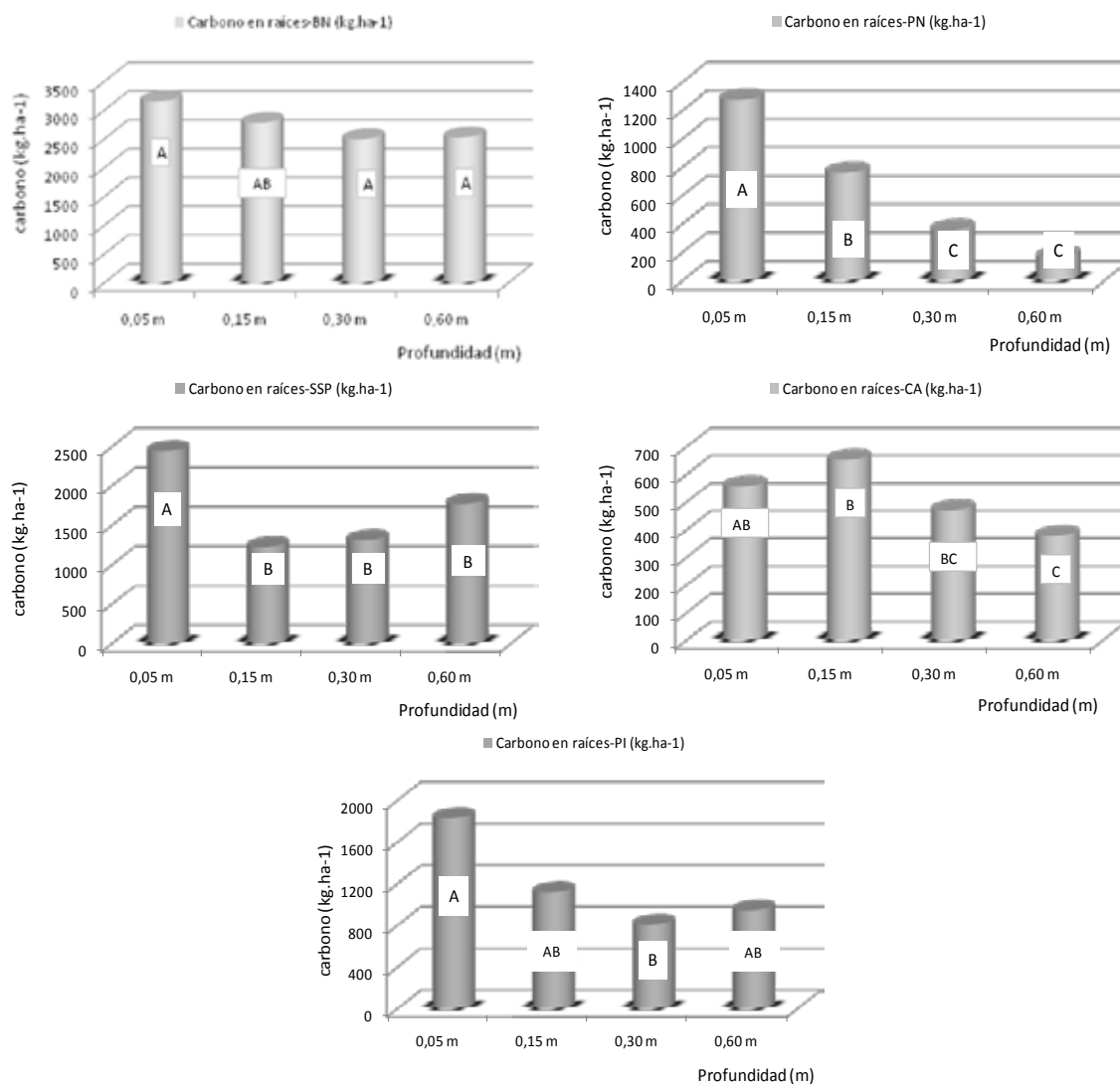


Figura 2: Carbono en raíces de Bosque Nativo (BN), Campo Agrícola (CA), Pastizal Natural (PN), Pastura Implantada (PI) y Silvopastoril (SSP). Letras diferentes indican diferencias significativas entre profundidades ( $p \leq 0,05$ ).

especie predominante forma matas, y el espacio intermata está formado por otras especies de menor volumen de biomasa tanto aérea como de hojarasca, pero de mayor calidad forrajera que el pastizal mencionado (Banegas *et al.*, 2007).

En cuanto a los resultados del contenido de carbono de la biomasa radicular subterránea, (Figura 2) en BN el estrato de 0,05 m ( $3156,9 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) se diferenció significativamente ( $p \leq 0,05$ ) de los estratos de 0,30 y 0,60 m ( $2495$  y  $2526 \text{ kg.ha}^{-1}$ ). En el SSP el estrato de 0,05 m se diferenció estadísticamente ( $2448,4 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) del resto de los estratos muestreados.

El CA fue el tratamiento que menos carbono retuvo en raíces. Presentó en comparación con los demás usos, para los estratos 0,05 m y 0,15 m ( $558$  y  $654 \text{ kg.ha}^{-1}$  respectivamente) que se diferenciaron significativamente ( $p \leq 0,05$ ) de los 0,60 m ( $379 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) de profundidad (Figura 2). Debería considerarse que se trata de cultivo de soja, familia de las Fabaceae, tiene raíz

pivotante a diferencia de las gramíneas o poáceas que presentan raíz en cabellera, por lo cual el aporte de carbono de las raíces es diferente, a su vez se debe tener en cuenta que se trata del oeste chaqueño, que es una región semiárida con suelos con bajo contenido de materia orgánica (1,08-1,06 %) y que por las altas temperaturas y condiciones climáticas presenta una alta descomposición (Gasparri y Manghi, 2004).

En el tratamiento de PN se presentaron diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ) de los 0,05 m y 0,15 m de profundidad respecto al resto de los estratos. En PI el estrato de 0,05 m ( $1834 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) fue significativamente superior al de los 0,30 m ( $1316 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) de profundidad (Figura 2).

En todos los usos del suelo en los primeros 0,20 m de profundidad se retiene aproximadamente el 80 % de carbono. Los resultados obtenidos en el aporte de carbono de la biomasa radicular subterránea (Figura 2), coincidieron con lo observado

por Ansín *et al.* (1999), Pucheta *et al.* (2004) y Etchevers *et al.* (2005) con diferentes usos del suelo tanto ganaderos como agrícolas, quienes encontraron una variación en la distribución superficial de las raíces en el perfil de suelo, destacando que el mayor aporte de carbono hecho por las raíces fue en

los primeros 0,15 m. Según Fisher *et al.* (1994), las especies con sistema radicular profundo constituyen una opción para incrementar en buena medida la acumulación de carbono, ya que pueden redistribuir el carbono en las capas más profundas del suelo.

## Conclusiones

El carbono retenido por la hojarasca en los tratamientos de pastura y sistema silvopastoril fue mayor que en el pastizal y bosque nativo bajo estudio.

El carbono retenido en raíces en los usos de suelo con bosque nativo y silvopastoril fueron los que más carbono presentaron

en el perfil muestreado, y el menor fue en el uso agrícola.

Se encontró que el carbono retenido por las raíces fue mayor en los 0,20 m de profundidad, correspondiendo a un 80% aproximadamente del total de carbono de raíces en el perfil estudiado.

## Bibliografía

- Acosta M, Etchevers JD, Monreal C, Quednow K, Hidalgo C. Un método para la medición del Carbono en los compartimentos subterráneos (raíces y suelo) de Sistemas Forestales y Agrícolas en terrenos de Ladera en México. Simposio Internacional de Medición y Monitoreo de la captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia, Chile. 2001; Trabajo N° 1.
- Ansín OE, Oyhamburu EM, Hoffmann EA, Vecchio MC, Ferragine MC. Distribución de raíces en pastizales naturales y pasturas cultivadas de La Pampa Deprimida Bonaerense y su relación con la biomasa forrajera. Rev Fac Agron. La plata. 1999; 103:141-148.
- Banegas NR, Albanesi AS, Pedraza R, Nasca JA, Toranzos MR. Determinación de fracciones de carbono edáfico en un sistema pastoril bovino de la llanura deprimida salina de Tucumán, Argentina. Sitio argentino de Producción Animal. APPA – ALPA – Cusco, Perú. 2007; 6p. (sep 2012). URL://www.producción-animal.com.ar/suelos\_ganaderos/66-Banegas\_carbono.pdf
- Camardelli MC, Caruso H, Pérez de Bianchi S, Pérez D, Miranda S. Evaluación de cambios tempranos en la calidad de los suelos relacionados con el carbono en tierras ganaderas del chaco semiárido salteño. Rca. Rev Cient Agropecu. 2005; 9(2): 173-179.
- Céspedes Flores FE, Fernández JA, Gobbi JA, Roig C, Bernardis AC. Carbono retenido en la biomasa de hojarasca de pastizal de *Sorghastrum setosum* y pastura de *Cynodon nlenfuensis*. XXI° Reunión de comunicaciones científicas, técnicas y de extensión. Fac Cs Agrarias-UNNE. 2010; Trabajo N° 45.
- Céspedes Flores FE, Fernández JA, Gobbi JA, Bernardis AC. Reservorio de carbono en suelo y raíces de un pastizal y una pradera bajo pastoreo. Rev Fitotec Mex. 2012; 35: 79-86.
- D'acunto L, Semmartin M, Ghersa C. Dinámica del carbono en cultivos de soja. ¿Influyen los vecinos? Cong Reun Arg de Ecol. 2012. Trabajo N° 10.
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, et al. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 2012. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Etchevers BJD, Monreal CM, Hidalgo C, Acosta M, Padilla J, et al. Manual para la Determinación de Carbono en la Parte Aérea y Subterránea de Sistemas de Producción en Laderas. Colegio de Postgraduados, México. 1ra ed. 2005; 29 p.
- FAO. Soil Carbon sequestration for improved land management. World soil resources reports. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 2001; (96): 98p. ISSN: 0632-0488.
- Fisher MJ, Rao IM, Ayarza MA, Lascano CE, Sanz IJ, et al. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in South American savannas. Nature. 1994; 371: 236-237.
- Foley JA DeFries R, Asner GP, Barford C, Bonan G, et al. Land Use Global Consequences of Science. 2005; 309:570-574.
- Gasparri M y Manghi E. Estimación de volumen, biomasa y Contenido de carbono de las regiones Forestales argentinas. Informe final. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal. Dirección de Bosques. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 26 p.
- Hernández ER, Sánchez JLM. Cuantificación del carbono total por dos pastizales en el municipio del Centro, Tabasco. 2005. (20/08/11) URL://books.google.com.ar/books.
- IPCC. Glossary of Terms. Synthesis Annex B. Third Assessment Report: Climate Change 2001. The Scientific Basis Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press. Cambridge, U.K. 2001; 365 – 388 pp.
- IPCC. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Kanagawa, Japan: Institute for Global Environment

- Strategies. 2003; 632p.
- Kunst C, Ledesma R, Basan Nickish M, Angella G, Prieto D, et al. Rolado de Fachinales e Infiltración de Agua en Suelo en el Chaco Occidental (Argentina). RIA. 2003; 32: 105-126. ISSN: 0325-8718.
- Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science. 2004; 304:1623-1627.
- Martino D. El cambio climático y los costos de su mitigación. Material de divulgación, Informe mundial sobre Desarrollo Humano 2007. Uruguay: El cambio climático aquí y ahora. 39p. Resumen. 2007; Trabajo N° 4.
- Piñeiro G, Paruelo JM, Oesterheld M. Potential long-term impacts of livestock introduction on carbon and nitrogen cycling in grasslands of Southern South America. Global Change Biology. 2006; 12: 1267–1284.
- Pucheta E, Bonamici I, Cabido M, Díaz S. Below-ground biomass and productivity of a grazed site and a neighboring ungrazed enclosure in a grassland in central Argentina. Austral Ecol. 2004; 29: 201-208
- Salinas Z, Hernández P. Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía. Centro Agronómico Tropical y de Enseñanza. CATIE. Turrialba CR. 2008; 234p.
- Schöning I, Totsche KU, Kögel-Knabner I. Small scale spatial variability of organic carbon stocks in litter and solum of a forested Luvisol. Geoderma – 02636. 2006; 12 p.
- Trumper K, Bertzky M, Dickson B, Van der Heijden G, Jenkins M, et al. ¿La Solución Natural? El papel de los ecosistemas en la mitigación del cambio climático. Informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2009; 76 p.
- Zurita JJ. Los suelos del Departamento General Güemes, Provincia del Chaco. Etapa 1. Carta de suelos de la República Argentina. 2007; 361 p.







Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria



Ministerio de  
Agricultura, Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación



Jefatura de  
Gabinete de Ministros  
Presidencia de la Nación



Secretaría de Ambiente  
y Desarrollo Sustentable  
de la Nación



Dirección  
de Bosques



MIISIONES  
crecer más, crecer en paz



Gobierno Provincial  
Ministerio de Producción

MIISIONES  
crecer más, crecer en paz

AGRO  
Y PRODUCCION



Yale University  
School of Forestry  
& Environmental Studies



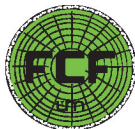
Dirección de  
Recursos Forestales  
Ministerio de la Producción de Corrientes



INFOR



CONSEJO FEDERAL  
DE INVERSIONES



Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria  
URUGUAY



UCAR  
Unidad para el Cambio Rural



### Auspiciantes



ARAUCO  
ARGENTINA



ISBN 978-987-521-611-2

ISBN 978-987-521-611-2



9 789875 216112



Ministerio de  
Agricultura, Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación