

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN, ESTACIONALIDAD Y
CALIDAD DE FORRAJE EN UNA COLECCIÓN DE PASTO MIEL (*Paspalum
dilatatum* Poir.)

por

Ignacio QUINTANS REZK

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO

URUGUAY

2013

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. (Ph.D.) Pablo Rafael Speranza Gastaldi

.....

Ing. Agr. (Ph.D.) Maria Laura Astigarraga Fernández

.....

Ing. Agr. (Ph.D.) Rafael Alejandro Reyno Podesta

Fecha: 15 de noviembre de 2013

Autor:

Ignacio Ramón Quintans Rezk

AGRADECIMIENTOS

A la vida por haberme dado la familia y los amigos que tengo. Esto es gracias a ustedes.

Y en especial a mi abuelo “Tata” por su enseñanza, incondicionalidad y confianza en mí. Esto es para vos.

Largo fue el camino, pero mayor la recompensa. Muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVOS	4
1.1.1 <u>Objetivos generales</u>	4
1.1.2 <u>Objetivos específicos</u>	4
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	6
2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES. SISTEMAS PASTORILES EN URUGUAY	6
2.1.1 <u>Clima y su influencia</u>	6
2.1.1.1 La oferta de forraje, y su distribución	7
2.1.1.2 Actualidad y el camino hacia el aumento de la producción ...	9
2.1.1.3 Consecuencias del uso de verdeos	11
2.1.1.4 Beneficios del uso de pasturas perennes	13
2.2 ALTERNATIVA. GRAMÍNEAS PERENNES CON APORTE ESTIVO-OTOÑAL	14
2.2.1 <u>Características generales</u>	15
2.2.2 <u>Género <i>Brachiaria</i></u>	19
2.2.3 <u>Género <i>Panicum</i></u>	20
2.2.4 <u><i>Chloris gayana</i> Kunth</u>	21
2.2.5 <u><i>Pennisetum purpureum</i> Schum</u>	22

2.2.6 <i>Setaria sphacelata</i> (Schum.) Moss = <i>Setaria anceps</i>	23
2.2.7 <u>Evaluaciones agronómicas en el Uruguay de especies estivales de otros centros de origen</u>	23
2.3 VARIABILIDAD GENÉTICA.....	25
2.3.1 <u>Conocimiento de la distribución de la variabilidad e importancia en la conservación de los recursos genéticos</u>	25
2.3.2 <u>Etapas del proceso de conservación y utilización del germoplasma</u>	26
2.3.2.1 Colecta y conservación del germoplasma.....	26
2.3.2.2 Caracterización del germoplasma.....	26
2.3.2.3 Evaluación agronómica primaria.....	27
2.3.3 <u>Especies con reproducción apomítica</u>	27
2.3.3.1 Características generales de la apomixis.. ..	28
2.3.3.2 Colecta: punto de partida hacia un plan de domesticación....	29
2.4 GÉNERO PASPALUM.	30
2.4.1 <u>Grupo Dilatata. <i>Paspalum dilatatum</i> Poir. Características generales</u>	30
2.4.2 <u>Distribución y origen de la variabilidad en la especie</u>	32
2.5 EVALUACIONES AGRONÓMICAS EN GRAMÍNEAS ESTIVALES Y EN PARTICULAR EN PASPALUM DILATATUM.	35
2.5.1 <u>Producción de materia seca e importancia del manejo</u>	35
2.5.2 <u>Estacionalidad de la producción en la especie <i>Paspalum dilatatum</i></u>	39
2.5.3 <u>Calidad. La anatomía, morfología y la influencia del ambiente</u>	40
2.5.4 <u>Efecto del manejo sobre la arquitectura de la planta y sobre la calidad</u>	45
2.5.5 <u>Consideraciones a tener en cuenta al momento de elegir una gramínea perenne estival y posibles objetivos en un plan de</u>	

<u>mejora genética</u>	47
2.5.6 <u><i>Paspalum dilatatum</i>. Colección de la Facultad de Agronomía</u>	49
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	51
3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ENSAYOS.....	51
3.1.1 <u>Ubicación</u>	51
3.1.2 <u>Estado del tiempo</u>	52
3.1.3 <u>Materiales evaluados</u>	53
3.1.4 <u>Manejo del ensayo</u>	54
3.2 DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	55
4. <u>RESULTADOS</u>	57
4.1 PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA	57
4.1.1 <u>Sayago</u>	57
4.1.2 <u>Centro Regional Sur (CRS)</u>	60
4.1.3 <u>Estacionalidad</u>	63
4.1.3.1 <u>Índice de estivalidad (IE). Sayago</u>	64
4.1.3.2 <u>Índice de estivalidad (IE). Centro Regional Sur (CRS)</u>	65
4.2 FRACCIONES. RELACIÓN LÁMINA/TALLO.	68
4.2.1 <u>Porcentaje de láminas (% L) en el total de los 4 cortes. Sayago</u> <u>+ CRS</u>	69
4.2.2 <u>Evolución del porcentaje de láminas</u>	72
4.2.3 <u>Cortes 2 y 3. Existencia de interacción genotipo por ambiente</u>	73
4.3 PARÁMETROS DE CALIDAD	75
4.3.1 <u>Porcentaje de materia seca (% MS)</u>	75
4.3.2 <u>Porcentaje de proteína cruda (% PC)</u>	76
4.3.3 <u>Porcentaje de fibra detergente neutro (% FDN)</u>	78
4.3.4 <u>Porcentaje de fibra detergente ácido (% FDA)</u>	80

5. <u>DISCUSIÓN</u>	82
5.1 PRODUCCIÓN DE FORRAJE.	82
5.1.1 <u>Producción total de materia seca</u>	82
5.1.2 <u>Estacionalidad</u>	84
5.1.2.1 <u>Curvas y tasas de crecimiento</u>	84
5.1.2.2 <u>Índice de estivalidad</u>	86
5.2 HOJOSIDAD DE LOS MATERIALES Y SU EVOLUCIÓN EN EL TIEMPO.	88
5.2.1 <u>Comportamiento a nivel de genotipo para la variable % de láminas</u>	90
5.2.2 <u>Evolución del porcentaje de láminas</u>	91
5.2.3 <u>Porcentajes de láminas a nivel de grupos genéticos</u>	91
5.3 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL FORRAJE	92
5.3.1 <u>Porcentaje de materia seca (% MS)</u>	92
5.3.2 <u>Porcentajes de proteína cruda (% PC) y su evolución en el tiempo</u> ..	94
5.3.3 <u>Porcentaje de fibra detergente neutro (% FDN)</u>	95
5.3.4 <u>Porcentaje de fibra detergente ácido (% FDA)</u>	97
5.3.5 <u>Efecto del manejo realizado sobre los parámetros de calidad evaluados</u>	98
6. <u>CONCLUSIONES</u>	100
7. <u>RESUMEN</u>	101
8. <u>SUMMARY</u>	103
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	105

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Clasificación de la Familia Poaceae, en subfamilias, tribus y géneros de especies estivales de interés forrajero.	15
2. Evaluaciones de especies forrajeras C ₄ en el Uruguay.	24
3. Origen de los grupos genéticos y los biotipos hexaploides	34
4. Evaluaciones agronómicas (Producción de MS) en la especie <i>Paspalum dilatatum</i>	38
5. Número de ecotipos según índice de estivalidad (IE) evaluados en La Estanzuela en 1964/65.....	39
6. Evaluaciones agronómicas (parámetros de calidad) en la especie <i>Paspalum dilatatum</i>	44
7. Materiales evaluados, sistema reproductivo y ploidía.	53
8. Fechas de cortes evaluadas según localidad.....	54
9. Análisis de varianza (ANAVA) para Producción Total de MS en ambas localidades.....	57
10. Análisis de varianza (ANAVA) para Producción Total de MS en la localidad de Sayago.	58
11. Producción de materia seca (kg MS. ha ⁻¹) por corte y total en la localidad de Sayago.....	59

12. Comparación de producción de MS (kg MS.ha ⁻¹) entre grupos genéticos y genotipos hexaploides y sexuales en la localidad de Sayago.	60
13. Análisis de varianza (ANAVA) para Producción Total de MS en la localidad del CRS.	60
14. Producción de materia seca (kg MS. ha ⁻¹) por corte y total en la localidad del CRS.	62
15. Comparación de producción de MS (kg MS.ha ⁻¹) entre grupos genéticos y genotipos hexaploides y sexuales en la localidad del CRS.	63
16. Análisis de varianza (ANAVA) para Índice de Estivalidad (IE) en ambas localidades.	63
17. Análisis de varianza (ANAVA) para Índice de Estivalidad (IE) de la localidad de Sayago.	64
18. Análisis de varianza (ANAVA) para Índice de Estivalidad (IE) de la localidad del CRS.	65
19. Índice de estivalidad (IE) para cada localidad.	67
20. Análisis de varianza (ANAVA) para % de láminas en los 4 cortes evaluados para ambas localidades.	68
21. Análisis de varianza (ANAVA) para % de láminas en el corte 2 evaluado para ambas localidades.	69
22. Análisis de varianza (ANAVA) para % de láminas en el corte 3 evaluado para ambas localidades.	69
23. Porcentaje de láminas en ambas localidades por corte y para el promedio total.	71

24. Comparación del % de Láminas entre grupos genéticos y genotipos hexaploides y sexuales para ambas localidades.	72
25. Porcentaje de láminas en ambas localidades para los cortes 2 y 3.	74
26. Análisis de varianza (ANAVA) para porcentaje de Materia Seca (% MS) en ambas localidades.	75
27. Porcentaje de Materia Seca (% MS) por corte y promedio de todos los cortes en ambas localidades.	76
28. Análisis de varianza (ANAVA) para porcentaje de Proteína Cruda (% PC) en ambas localidades.	77
29. Porcentaje de Proteína Cruda (% PC) promedio por corte en ambas localidades.	77
30. Análisis de varianza (ANAVA) para porcentaje de Fibra Detergente Neutro (% FDN) en ambas localidades.	78
31. Porcentaje de Fibra Detergente Neutro (% FDN) promedio para todos los cortes en ambas localidades.	79
32. Análisis de varianza (ANAVA) para porcentaje de Fibra Detergente Ácido (% FDA) en ambas localidades.	80
33. Porcentaje de Fibra Detergente Ácido (% FDA) promedio para todos los cortes en ambas localidades.	81

Figura No.

1. Evolución de cultivos forrajeros anuales (CFA) y praderas artificiales permanentes (PAP) expresado en hectáreas.	10
2. Distribución geográfica de los genotipos identificados de <i>P. dilatatum</i>	34
3. Precipitaciones en el período primavera-verano-otoño 2011/2012.	52
4. Curvas de producción (kg MS.ha ⁻¹) de cada genotipo en la localidad de Sayago.	64
5. Curvas de producción (kg MS.ha ⁻¹) de cada genotipo en la localidad del Centro Regional Sur (CRS).....	66
6. Evolución del promedio de % de Láminas para cada genotipo en ambas localidades.	73

1. INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista climático el Uruguay se encuentra en una región de transición entre las regiones templada y subtropical (Carámbula, 1977). El problema forrajero está relacionado con las condiciones climáticas erráticas principalmente la disponibilidad de agua y temperatura. Esta aperiocidad del clima determina que los estreses por sequía puedan ocurrir en cualquier época del año, determinando que la producción de pasturas no sea constante a lo largo del año, con períodos de escasez y excesos de forraje que conducen a continuos cambios en cantidad y calidad, con una gran variabilidad en el año y entre años, como respuesta al clima y al tipo y estado de las pasturas (Carámbula 1982b, García 1992). La producción de forraje de los mejoramientos con gramíneas invernales y leguminosas invernales y estivales en el período verano-otoño es altamente influenciada por el clima, esto determina que la producción de forraje con especies de origen templado muestre una extrema variabilidad entre años (Mas 2007, Pravia 2009). Esto puede repercutir en el sistema en la persistencia y producción de las pasturas (Formoso, 2010).

Una opción a la solución de la problemática de nuestras pasturas sembradas se puede lograr a través del uso de especies C_4 nativas u originarias de otros centros de origen. Estas especies se caracterizan por usar con mayor eficiencia el nitrógeno y el agua, y por tanto se adaptarían de mejor forma a los suelos de baja fertilidad y susceptibles a la sequía (Carámbula, 2008). Considerar las características agroclimáticas de las diferentes opciones forrajeras permitirán seleccionar aquellas especies mejor adaptadas, cuyas necesidades sean satisfechas de manera que aprovechen de mejor manera los recursos para su crecimiento y desarrollo y que puedan adaptarse a la variabilidad climática presente en nuestro país (Corsi, 1982). Por ello es indiscutible la importancia de las especies nativas adaptadas a las condiciones ambientales, y la contribución que estas podrían aportar a los sistemas pastoriles en la región (Millot, 1969). Dentro de las especies nativas de ciclo estival con potencialidad de contribuir al

aporte de forraje en momentos críticos en nuestros sistemas de producción encontramos el género *Paspalum*.

Paspalum dilatatum conocida como “pasto miel” es una especie apomíctica, C₄ nativa perenne de ciclo estival y tipo productivo fino (Rosengurtt, 1979). Es una planta cespitosa con rizomas cortos no invasores en la base de la corona, que otorga adaptación al pastoreo y gran capacidad de rebrote. Gracias a su alta eficiencia en el uso de la luz y el agua y a su tolerancia a crecer bien en suelos arcillosos bajos y húmedos, esta especie presenta alto crecimiento sobretodo en veranos lluviosos. Como características a remarcar se destacan su gran persistencia asociada a la resistencia al pastoreo, a las sequías, excesos de agua, su tolerancia al invierno y sumado a todo esto su alta producción. A esto hay que agregar que crece durante un largo período, comenzando tempranamente en la primavera y es de las últimas especies nativas estivales en entrar en reposo en otoño. En varios países se siembra en mezclas con especie invernales como raigrás perenne, festuca, trébol blanco entre otras (Carámbula 1982b, Orbea 1982, Baréa et al. 2007).

En plantas con reproducción apomíctica es esperable encontrar poblaciones multiclonales con el predominio de individuos idénticos, y por lo tanto una menor diversidad en relación a especies sexuales. En estas especies se encuentran individuos sexuales de la misma especie o especies relacionadas, que junto a los apomícticos son agrupados en los denominados “complejos agámicos”. La variabilidad posible de encontrar y el patrón de la misma está directamente relacionada a los individuos sexuales con los cuales pueden ocurrir eventos de hibridación (Gornall, 1999). Por lo tanto para estudiar y conocer la variabilidad genética en estas especies es importante discriminar entre variantes mutacionales (dentro de clones) y recombinantes producidas por hibridación (reproducción sexual). Entender la distribución geográfica de la variabilidad de la misma es imprescindible, ya que esto permite optimizar la colecta de germoplasma para una conservación y evaluación eficaz. En *Paspalum dilatatum* el citotipo pentaploide está constituido por un clon dominante, sus mutaciones y por varios

clones recombinantes. El clon dominante no presenta una estructura geográfica definida, en cambio los biotipos sexuales se encuentran geográficamente distribuidos. Junto a estos se ubican los clones recombinantes originados de la hibridación del clon dominante y estos diferentes biotipos sexuales (Speranza, 2005).

En forma independiente al comportamiento reproductivo de una especie, dentro y entre poblaciones puede no existir correspondencia entre la variación fenotípica observada y la variación genética (Camadro, 2012) e incluso dicha variabilidad puede o no expresarse en características visibles que permitan clasificarlos (Hidalgo, 2003). Cuando consideramos las evaluaciones hechas en la especie *Paspalum dilatatum* la dificultad de identificar principalmente los clones recombinantes (donde posiblemente se encuentre la mayor variabilidad) mediante morfología determina que sea altamente probable que las evaluaciones agronómicas realizadas hasta el momento hayan incluido muy poca variabilidad genética (Speranza, 2008). Para ello mediante el uso de marcadores moleculares de alto poder discriminante es posible analizar la variabilidad genética, e individualizar genéticamente los clones, de manera de poder realizar una evaluación y exploración más racional de germoplasma (Speranza, 2005).

Caracterizaciones morfológicas llevadas a cabo con la colección de la Facultad de Agronomía (Rodríguez, 2010) para el clon pentaploide dominante y sus recombinantes mostraron la existencia de niveles significativos de variabilidad morfológica en las características medidas, entre y dentro de los grupos genéticos. Michelini (2010) llevó a cabo una caracterización morfofisiológica de la misma colección encontrando que los niveles de variación para las características filocrón y tasa de elongación foliar tuvieron rangos amplios, demostrando alto grado de variabilidad. Ambos trabajos confirmaron la hipótesis planteada por Speranza (2005), que la variabilidad genética natural encontrada está principalmente distribuida entre grupos genéticos que dentro de estos.

Estos trabajos de caracterización han permitido relacionar el estudio a nivel molecular con las características estudiadas en ambos trabajos. A partir de estos se ha confirmado la clasificación realizada por Speranza (2005) y por ende ha permitido tener bases más sólidas para comprender como se distribuye dicha variabilidad. Por lo tanto en una colección caracterizada como esta donde se han encontrado niveles importantes de variabilidad, el siguiente objetivo corresponde a la etapa de evaluación agronómica primaria.

A través de una evaluación agronómica primaria se puede recabar información que se considera de importancia agronómica real o potencial. Estos caracteres en su mayoría son afectados altamente por el ambiente (por ejemplo el rendimiento) (Abadie y Berretta, 2001). Si bien han existido trabajos nacionales e internacionales sobre evaluación agronómica en la especie, a nivel nacional han sido interrumpidos en el tiempo (Formoso, 2003). Gracias a la metodología utilizada se cuenta con una colección que tiene más variabilidad que las anteriores. Esto demuestra el potencial de algunos materiales de la colección del banco de germoplasma para ser incorporados a un programa de evaluación y mejoramiento genético en la especie.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos generales

Realizar una evaluación agronómica primaria de individuos tetraploides sexuales de la subespecie *flavescens*, pentaploides pertenecientes a los cuatro grupos genéticos (A, B, C, y D) y de los hexaploides Chirú y Uruguiana.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar la variabilidad en la producción y estacionalidad (índice de estivalidad) de los diferentes biotipos mediante cortes.

- Determinar la variabilidad en la relación lámina/tallos a lo largo del ciclo de producción.
- Analizar la variabilidad en parámetros de calidad forrajera (% MS, Proteína cruda, FDN y FDA) estimados a través de la composición química de los genotipos evaluados de la colección.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES. SISTEMAS PASTORILES EN URUGUAY

2.1.1 Clima y su influencia

Desde el punto de vista climático el Uruguay se encuentra en una región de transición entre las regiones templada y subtropical. Esto posibilita que prosperan tanto especies de gramíneas invernales C₃ o templadas con producción otoño-inverno-primaveral, como especies estivales C₄ o subtropicales con producción primavera-estivo-otoñal (Carámbula, 1977). El problema forrajero está relacionado con las condiciones climáticas erráticas principalmente la disponibilidad de agua y temperatura. Esto determina que la producción de pasturas no sea constante a lo largo del año, con períodos de escasez y excesos de forraje que conducen a continuos cambios en cantidad y calidad, con una gran variabilidad en el año y entre años, como respuesta al clima y al tipo y estado de las pasturas (Carámbula, 1982a).

Esta aperiocidad del clima determina que los estreses por sequía puedan ocurrir en cualquier época del año determinando que la resiembra como mecanismo de persistencia tenga un alto grado de incertidumbre. No es casualidad que la flora pratense nativa este compuesta principalmente por especies perennes (García, 1992). El predominio de especies C₄ se debería a que estas plantas usan con mayor eficiencia el nitrógeno y el agua, y por tanto se adaptarían de mejor forma a los suelos de baja fertilidad y susceptibles a la sequía (Carámbula, 2008). Estas afirmaciones en cierta forma y desde el punto de vista climático respaldan el argumento sobre la seguridad y estabilidad que aporta al sistema la siembra de pasturas perennes adecuadamente implantadas.

2.1.1.1 La oferta de forraje, y su distribución

Mediante los mejoramientos forrajeros se pueden lograr grandes cambios alcanzando altos rendimientos de forraje de calidad en los momentos más críticos de producción de nuestras pasturas (Carámbula, 1982a). La siembra en combinación de especies invernales y estivales constituyen las llamadas mezclas forrajeras complementarias. Si bien con estas mezclas no se obtienen los rendimientos máximos, se registran muy buenas producciones. El uso de esta alternativa tiene como meta mejorar la distribución del aporte de forraje durante el año (distribución estacional), en cantidad y calidad, mejorar la persistencia, competir con las malezas por nichos, y por lo tanto permiten explotar de forma más eficiente el medio ambiente (Carámbula, 2002a). A medida que aumenta el número de especies en la mezcla el aumento de diversidad fisiológica y fenológica potencian la complementariedad y actúan como tampón ante extremos ambientales (Formoso, 2010).

Una mezcla tradicional es la formada por una gramínea invernal (*Festuca arundinacea*) y leguminosas de ciclo invernal y estival (*Trifolium repens*, *Lotus corniculatus*, respectivamente). Los objetivos que persigue el uso de una mezcla complementaria se logran solo parcialmente encontrando en el verano la estación de mayor carencia de forraje (Carámbula, 2002a), repercutiendo según las condiciones del ambiente sobre el otoño. A lo largo de su ciclo de vida esta mezcla de pasturas perennes alcanza su máxima producción en el segundo año de vida y a partir del tercero los rendimientos son decrecientes con una mayor variabilidad. Esto se debe a que comienzan a desaparecer las especies sembradas principalmente las leguminosas, y aparecen espacios libres en el tapiz que colonizan las malezas principalmente la gramilla (García et al., 1981).

Considerando la producción anual esta presenta dos períodos altamente productivos el otoño y principalmente la primavera, época en que la mayoría de las especies de la mezcla se encuentran en etapa reproductiva. La entrega de forraje en el

invierno es mayor a la del verano, incluso según la fertilidad del suelo puede acercarse a la producción de otoño (Carámbula, 2002a). Las gramíneas de ciclo invernal sembradas en nuestras praderas cultivadas se caracterizan por iniciar su desarrollo vegetativo en el otoño, florecer en la primavera y reposar de forma variable según especie en el verano luego de la maduración de sus semillas. En el invierno hay un descenso de la producción y un reposo total o casi total durante el verano (Millot, 1969).

Durante años el énfasis en la búsqueda de soluciones forrajeras para la estación invernal llevó a que la investigación se centrara en especies de origen templado o C₃. Esto se debía a que la prevalencia de especies estivales en nuestras pasturas naturales marcaba la estacionalidad del campo natural. La obtención de cultivares de nuevas especies permitió mejorar la producción en esta estación y el aumento de los mejoramientos llevó a que el verano-otoño pasaran a ser las estaciones más críticas en cuanto disponibilidad de forraje en sistemas más intensivos. La producción en este período altamente influenciada por el clima determina que la producción de forraje con especies de origen templado muestre una extrema variabilidad entre años (Mas 2007, Pravia 2009).

La producción de forraje de los mejoramientos en el verano está muy condicionada por la disponibilidad de agua en el suelo. En años en que la producción en esta estación es baja las pasturas tienden a ser sobre-pastoreadas y esto lleva a agravar la crisis estival y a repercutir en el sistema en el corto plazo en las estaciones de otoño e invierno y en el largo plazo sobre la persistencia y producción de las mezclas. El producto animal por hectárea está muy relacionado a la producción otoño-invernal que a su vez están muy influenciadas por la producción y manejo estival. Por lo tanto la producción estivo-otoñal se considera de alto impacto económico condicionando fuertemente el resultado productivo anual (Formoso, 2010).

2.1.1.2 Actualidad y el camino hacia el aumento de la producción

En la década de 1990 en Uruguay el modelo mixto agrícola ganadero en el cual los cultivos rotaban con praderas era una realidad. Este permitió revertir el deterioro productivo en el que se encontraban los sistemas agrícolas mejorando la productividad y conservación de los suelos. Sin embargo la intensificación agrícola que tuvo lugar a partir del año 2000 llevó a los sistemas agrícolas a especializarse como agrícolas continuos y a relegar a la ganadería a zonas de suelos con diferentes limitantes (Días 2006, Chouy 2012). Según los datos de URUGUAY. MGAP. DICOSE (2012) en el período 2003-2011 se han perdido unas 500 mil hectáreas de campo natural. Esto ha tenido lugar a pesar que los precios del ganado y la leche han sido los mejores de la historia (Blasina y Asociados, 2012).

Analizando la evolución de los sistemas forrajeros considerando los datos recabados por URUGUAY. MGAP. DICOSE (2012, Figura No. 1), en el período 2006-2011 observamos el aumento en superficie que han tenido los cultivos forrajeros anuales (CFA, constituido principalmente verdeos de invierno como avena y raigrás, pero incluye también verdeos de verano principalmente sorgo) en detrimento de las praderas artificiales permanentes (PAP). Esto queda de manifiesto cuando analizamos los datos del año 2011 donde los CFA superaron las 500 mil hectáreas, récord histórico para el país (Blasina y Asociados, 2012). Por lo contrario las PAP han disminuido más de 400 mil hectáreas.

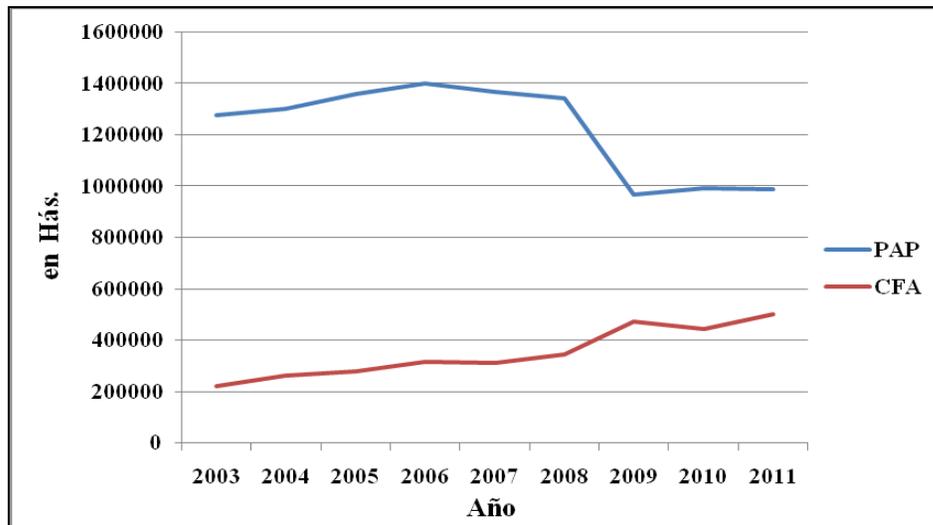


Figura No.1: Evolución de cultivos forrajeros anuales (CFA) y praderas artificiales permanentes (PAP) expresado en hectáreas.

Fuente: URUGUAY. MGAP. DICOSE (2012).

Este comportamiento según analistas tiene al riesgo climático como factor determinante de las decisiones que han tomado los productores. El clima afectando la persistencia de las pasturas perennes (sumado a esto un mal manejo empeoraría la situación), y su influencia sobre los semilleros que han elevado el costo de algunos insumos como semillas de leguminosas estivales por ejemplo de lotus (Blasina y Asociados, 2012). Los productores han dejado de lado inversiones mayores y que consideran más riesgosas y por lo tanto se han volcado hacia sistemas de menor costo, respuesta rápida y más segura como son los verdes (Chouy, 2012).

Considerando solo el esquema forrajero su evolución es contradictoria a las prácticas que permiten un mejor uso de los recursos. Como menciona Carámbula (2002b) la planificación forrajera acertada debe tener como objetivo dejar el suelo cubierto el mayor tiempo posible, a través áreas foliares bien distribuidas para reducir las pérdidas de agua y hacer un uso eficiente de la radiación y de los nutrientes, algunos de estos aportados por componentes de la mezcla. Debe evitarse la presencia de

barbechos improductivos con ausencia de vegetación de manera de mejorar el uso del suelo, reducir el riesgo de erosión y disminuir la invasión de especies improductivas o malezas. La persistencia y perennidad no solo economiza la producción de MS sino que da al sistema una estabilidad en el largo plazo. En Uruguay la persistencia de pasturas perennes sembradas de 3 años las hace caras e ineficientes. Una multiplicidad de factores influyen en dicha reducida perennidad tanto de índole climático como un manejo inadecuado (Chouy, 2012).

2.1.1.3 Consecuencias del uso de verdeos

Como ha sido comentado la intensificación de la producción en los sistemas de producción de leche en nuestro país han implementado de forma estructural y estratégica la siembra de pasturas de ciclo corto con el objetivo de obtener altas producciones de forraje en el corto plazo (Mattiauda et al., 2009). Esto lleva a que en los períodos de siembra a finales de verano y otoño el área efectiva de pastoreo disminuye tanto porque recién se están estableciendo las nuevas pasturas, o porque las anuales estivales están finalizando su ciclo (Formoso, 2010). Esta reducción importante del área efectiva de pastoreo lleva a que la rotación se exponga entre un 40-70% de su área como barbecho, con los efectos negativos que trae al sistema no solo afectando la producción de las pasturas sembradas, sino también su persistencia e incrementado los costos por unidad de producto (Soca et al., 2008) con la reducción en la eficiencia del sistema debido a que no se aprovecha la radiación incidente.

Las ventajas de producir forraje en otoño en base a pasturas perennes no solo radican en un menor costo por kg de materia seca debido a un mayor aporte en dicha estación, sino a que también estas pueden ser pastoreadas en cualquier mes del otoño (marzo, abril o mayo) en cambio la anuales más precoces como la avena son muy dependientes a la fecha de siembra. Sin considerar la variabilidad interanual de producción de avenas y raigrases con valores entre 50-60% hecho que no determina seguridad de que dichas pasturas aporten forraje en la estación (Formoso, 2006). A su

vez la siembra en febrero de avena para pastorear temprano lleva a que las chacras estén en barbecho en pleno verano momentos de alta radiación incidente y por lo tanto el sistema pierde eficiencia al no aprovechar dicho recurso.

Otra consecuencia de la disminución del área efectiva de pastoreo y en el caso de no reducir la carga animal, los excesos de carga temporarios en relación a la oferta de forraje llevan al sobrepastoreo de las praderas especialmente las más productivas (de segundo año) afectando negativamente el potencial de producción en dicha época y posteriormente agudizando la crisis otoño-invernal, e incluso repercute en la vida útil de la pastura. Este problema puede ser aún mayor si las condiciones del ambiente como sequías o altas temperaturas se presentan en el período (Formoso, 2006).

En la ganadería intensiva de carne a pasto el resultado económico está fuertemente determinado por la producción de carne, y esta está particularmente limitada por la productividad lograda en el otoño que en general es baja incluso con cargas bajas de animales. Desde el punto de vista nutricional esta baja performance está afectada por la alta importancia de la alimentación con verdeos en esta estación, que al igual que las pasturas mezclas de leguminosas y gramíneas C₃ muestra bajos niveles de materia seca (baja nivel de fibra efectiva = elevado porcentaje de agua puede limitar el consumo) y altos contenidos de nitrógeno en rumen (desbalance relación energía/proteína) que lleva a aumentar los costos energéticos de mantenimiento de los animales (Jornada UPIC, 2008). Trabajos que han evaluado el porcentaje de materia seca de forrajes en otoño han encontrado valores para verdeos como avena en el rango entre 14% y 23%, y para praderas permanentes de 18% a 27% (Moliterno, 1997), donde los valores menores del rango son más característicos hacia inicios a mediados de la estación. El uso de gramíneas que aporten un forraje con mayor porcentaje de materia seca y energía podrían ayudar a mejorar el uso de los nutrientes y por lo tanto a aumentar la ganancia diaria de los animales.

La apuesta en el corto plazo es clara. Las desventajas que esto trae en el sistema también lo son. La persistencia de las pasturas es clave en determinar las ventajas desde el punto de vista productivo y económico que tienen las forrajeras perennes. La elección de la especie adecuada, y un manejo cuidadoso de las mismas son puntos claves que permitirán ser más eficiente en el uso de los recursos apuntando a la intensificación de la producción animal.

2.1.1.4 Beneficios del uso de pasturas perennes

Las pasturas y especialmente las perennes benefician al sistema mediante la conservación y mejora de la fertilidad del suelo. Reducen la erosión por el impacto directo de las gotas de lluvia y de la escorrentía superficial. Reducen el lavado de nutrientes. Ayudan a restaurar suelos degradados al incorporar grandes cantidades de materia orgánica mejorando las propiedades químicas, biológicas y regenerando la estructura del suelo mediante la disminución de los agregados en los suelos compactados y mejorando la infiltración de agua y difusión de aire (Sierra, 2005).

La capacidad que tienen las gramíneas templadas y subtropicales de crecer en las condiciones climáticas del país hace que estas se presenten como un factor importante de competencia a las leguminosas debido a que están más adaptadas a situaciones de estrés. Sumado a esto el componente gramínea de las praderas sembradas está constituido por especies C_3 las cuales en condiciones de altas temperaturas y deficiencias hídricas disminuyen sus tasas de crecimiento. Motivos por el cual se le asigna a las gramíneas como una de las causas de pérdida de leguminosas en el verano y por lo tanto una de las vías finales de la degradación de las praderas y pasturas sembradas (García 1992, Ríos 2001).

Cynodon dactylon conocida como “gramilla” es una gramínea africana perteneciente a la subfamilia Chloridoideae. Su carácter agresivo, y excluyente, alta capacidad de disseminación, baja calidad y reposo invernal la hace indeseable como componente de las pasturas (García, 1995). El metabolismo fotosintético C_4 de alta

eficiencia la hace adaptada a condiciones de altas temperaturas, intensidades de luz, incluso en condiciones de humedad limitante. Esta especie reúne casi todos los aspectos morfológicos, biológicos y ecofisiológicos que caracterizan a una especie invasora (Ríos, 2001).

Las mezclas forrajeras sin gramíneas perennes compuestas por raigrases anuales y leguminosas son en general las que presentan en el 3er año los mayores contenidos de *Cynodon dactylon*, existiendo una relación inversa entre los contenidos de gramíneas perennes invernales (con capacidad de producción en verano) o estivales principalmente y la gramilla. Esto repercute negativamente en la persistencia de los mejoramientos y enfatiza la importancia de que una mezcla esté constituida por lo menos con una gramínea perenne que junto a un buen manejo permiten reducir el nivel de infestación (García 1995, Formoso 2006, 2010). La presencia de una gramínea estival en las mezclas forrajeras traería beneficios al sistema al competir por los recursos con gramíneas de igual ciclo de crecimiento como la gramilla.

2.2 ALTERNATIVA. GRAMINEAS PERENNES CON APORTE ESTIVO-OTOÑAL

La gran mayoría de las gramíneas forrajeras perennes estivales (C₄) sembradas tienen su centro de origen en los pastizales de las zonas húmedas y sub-húmedas en África subsahariana. Han evolucionado en ambientes donde han desarrollado adaptaciones morfológicas y fisiológicas que las hacen más eficientes en el uso de los recursos luz, temperatura y agua. Entre muchos géneros y especies encontramos *Andropogon gayanus* Kunth, especies del género *Brachiaria* sp., *Cenchrus ciliaris* L., *Chloris gayana* Kunth, *Cynodon dactylon* L. *Digitaria eriantha* Steud, *Panicum maximum* L., *Panicum coloratum* L., *Pennisetum clandestinum* Chiov., *Pennisetum purpureum* Schum., y *Setaria sphacelata* (Schum.) Moss (Hanson y Maass 1997, Pérez 2005). Sin embargo existen géneros como *Paspalum*, *Axonopus* entre otros que son originarios de América (Cuadro No.1).

Cuadro No.1: Clasificación de la Familia Poaceae, en subfamilias, tribus y géneros de especies estivales de interés forrajero.

Familia	Subfamilia	Tribu	Género
Poaceae	Panicoideae	Andropogoneae	<i>Andropogon</i>
			<i>Axonopus</i>
			<i>Brachiaria</i>
			<i>Cenchrus</i>
			<i>Digitaria</i>
			<i>Panicum</i>
			<i>Paspalum</i>
			<i>Pennisetum</i>
			<i>Setaria</i>
			Chloridoideae o Eragrostoideae
			<i>Cynodon</i>

Fuente: adaptado de Sierra (2005)

2.2.1 Características generales

Las forrajeras C₄ comienzan a crecer activamente entre finales del invierno y mediados de la primavera dependiendo de las temperaturas. Para casi todas las especies hay un marcado descenso en el crecimiento con temperaturas menores a los 20°C con crecimiento mínimo por debajo de los 15°C. Especies con mejor crecimiento con temperaturas entre 15-18°C incluyen *Setaria*, *Chloris* y *Pennisetum clandestinum* (Moore, 2006). Para la primer especie el óptimo de crecimiento entre 18 y 22°C determina que la temperatura media del Uruguay (17.5°C) se encuentre en el límite de aptitud y que principalmente en el sur el régimen térmico puede hacer variar la extensión de la estación productiva en sus dos extremos primavera y otoño, con incidencia en la distribución estacional de forraje y en la cantidad total producida (Mas 2007, Giorello et al. 2012a). Bajas temperaturas en la noche tienen un marcado efecto en el crecimiento incluso cuando las temperaturas diurnas sean elevadas. Por ejemplo con temperaturas diarias de 20°C el crecimiento de *Chloris gayana* se reduce un 60% cuando las temperaturas nocturnas se reducen de 8 a 4°C (Moore, 2006).

Si bien en general las heladas no impiden que las especies subtropicales crezcan, son una de las principales limitantes donde la tolerancia es variable dentro y entre las especies. Estas provocan daños de “quemado” afectando principalmente las láminas expuestas. Aquellas especies más sensibles pueden morir, otras son sensibles pero persisten gracias a la presencia de rizomas en el suelo y si bien las partes aéreas mueren, estas rebrotan cuando las temperaturas se incrementan desde finales del invierno hasta mediados de la primavera. Otras toleran heladas y son capaces de retener láminas verdes, estando dicha tolerancia altamente asociada al crecimiento rápido y temprano en la primavera. La menor persistencia de estas especies ocurre en forma combinada sobre suelos húmedos, fríos, y en presencia de heladas, y en forma general en zonas con temperaturas medias mínimas en los meses más fríos menores a los 10°C. Resumiendo varios trabajos llevados a cabo en diferentes países y regiones climáticas especies como *P. coloratum*, *P. clandestinum*, *C. gayana*, *S. sphacelata*, *P. notatum* y *dilatatum* se han destacado por su tolerancia a las primeras heladas luego de haber sido implantadas (siembras de otoño y primavera), a diferencia de la gran mayoría de las especies C₄ donde gran parte de la población implantada murió durante el invierno, afectando la producción y persistencia en el tiempo. Dentro de estas últimas especies encontramos especies del género *Brachiaria*, *P. maximum*, *Digitaria* sp., *Cenchrus*, *Sorghum* y especies del género *Paspalum* de zonas más tropicales. Si bien esos géneros fueron los que tuvieron un mejor comportamiento no es generalizable para todos sus cultivares evaluados (Shaw et al. 1965, Jones 1969, Altuve et al. 2000, Bemhaja 2000, Cian et al. 2003, Correa y Santos 2003, Karia et al. 2006, Moore et al. 2006, Mas 2007, Borrajo 2008, Giorello et al. 2012a).

En general las semillas de estas especies parcialmente domesticadas se caracterizan por su calidad variable (en general bajo porcentaje germinativo), dormición y pérdida rápida de la capacidad de germinar. Requieren suelos con temperaturas entre 15 y 18°C para germinar. En siembra de otoño y primavera temprana hay que considerar las heladas que pueden afectar a las plántulas y la elección de la especie es muy

importante, en cambio en siembras de primavera o verano las plántulas recién emergidas pueden someterse al estrés por temperatura o sequía. Debido al reducido tamaño de las semillas de la gran mayoría de las especies C₄ el vigor inicial en general es bajo hecho que determina la dificultad en establecer estas especies y de asociarlas con otras como leguminosas. El control de la profundidad de siembra es muy importante donde semillas pequeñas como las de *Setaria sphacelata* muy enterradas seguramente agoten sus reservas antes de emerger del suelo, siembras superficiales a 0.5 cm son adecuadas, en cambio en especies del género *Brachiaria* se recomiendan profundidades de siembra de 2 cm ya que necesita más agua para geminar al ser de mayor tamaño la semilla y en siembras muy superficiales son más susceptibles al ambiente (falta de agua, temperatura). El buen control de las malezas es otro punto a tener en cuenta ya que estas especies perennes compiten pobremente. El riesgo de las siembras en otoño radica en que el crecimiento de malezas anuales que crecen con altas tasas y durante un largo tiempo compiten fuertemente, y que a su vez las perennes estivales deben pasar el invierno como pequeñas plantas (Altuve et al. 2000, Petruzzi et al. 2003, Borrajo y Pizzio 2006, Moore et al. 2006, Borrajo 2007, Mas 2007, Borrajo 2011).

En cuanto a la producción de semillas la floración despereja es un carácter a resaltar. Esta dificulta el momento de cosecha debido a un patrón de floración indeterminado que lleva a que florezcan durante todo el verano y muchas lo hagan desde temprano (Correa y Santos 2003, Borrajo y Pizzio 2006, Moore et al. 2006). Si bien potencialmente son buenas productoras de semillas su cosecha es dificultosa debido a la rápida dehiscencia y la pobre sincronización en maduración sumado a que en algunas especies estas son de baja calidad principalmente debido a un alto número de espiguillas vacías hecho que determina una baja producción en general, variable según especie y cultivar (Altuve et al. 2000, Borrajo y Pizzio 2006). Por ejemplo en el género *Brachiaria* muchas veces se cosecha el 10% del potencial (Lascano et al., 2002). Sin embargo a pesar de los problemas mencionados para las especies C₄ hay cultivares que poseen mejores producciones de semillas (Correa y Santos 2003, Karia et al. 2006) debido por

ejemplo a que retienen más semillas hecho que determina una producción superior (Altuve et al., 2000). Por lo tanto el objetivo debería apuntar a la búsqueda de plantas con elevada producción de semillas viables, que maduren de forma uniforme, sin desgranarse, de fácil recolección con medios mecánicos y producción tardía previa al período de heladas de manera que las gramíneas ofrezcan un largo período de pastoreo (Skerman y Riveros, 1992).

Las especies C_4 en general presentan altas tasas de crecimiento que repercuten positivamente en la capacidad de producir materia seca y en el crecimiento vigoroso luego del pastoreo. Sin embargo este crecimiento va acompañado de un rápido desarrollo (tienden a encañar rápidamente) y producción de semillas desde temprano con alta frecuencia en el tiempo que lleva a reducir su valor nutritivo, lo que determina la importancia un manejo cuidadoso debido a que la calidad decae rápidamente con la madurez. La mayor concentración de MS en la parte reproductiva es relevante para resiembra natural de la planta, y es algo muy marcado en especies domesticadas parcialmente (Wilson y Minson 1980, Skerman y Riveros 1992, Correa y Santos 2003, Petruzzi et al. 2003, Karia et al. 2006, Baréa et al. 2007, Carámbula 2007). En las zonas subtropicales las heladas inducen la madurez y desecación de las gramíneas sembradas provocando una reducción de nutrientes y por ende en su valor nutritivo (Skerman y Riveros, 1992). La calidad del forraje depende del manejo del pastoreo y de la fertilización nitrogenada. Estas especies se caracterizan por su alta respuestas al ambiente principalmente a las lluvias con temperaturas altas (Bemhaja 2000, Moore 2006), respuesta elevada a la fertilización y gran eficiencia de uso del nitrógeno (Loch 1977, Correa y Santos 2003, Karia et al. 2006).

Los bajos porcentajes de proteína cruda que caracterizan a las forrajeras C_4 en estados más avanzados de madurez muestra la importancia del componente leguminosa que no solo aporta nitrógeno a las gramíneas aumentando el porcentaje de proteína si no que mejora la calidad de la dieta. El problema es la dificultad de consociación con leguminosas y otras especies de menor porte cuya persistencia es dificultosa y el manejo

debe ser cuidadoso. En general en zonas con sequías frecuentes y prolongadas la persistencia de las leguminosas es menor cuanto más vigoroso y denso es el crecimiento de la gramínea acompañante, debido a que compite por el limitado suministro de agua. Es muy importante considerar la competencia física tanto aérea como radicular así como por agua, luz y nutrientes a la hora de sembrar estas especies con mezclas de leguminosas y gramíneas principalmente de origen templado. Lo adecuado sería una gramínea corta, con muchas hojas, muy macolladora y menos competitiva, que soporte las condiciones de sequía y se recupere rápidamente luego de las primeras precipitaciones. En el momento de la siembra también se debe tener en cuenta el tipo de suelo en el que se llevará a cabo, ya que aquellos con más limitaciones requerirán de la siembra de gramíneas menos competitivas para mantener un equilibrio adecuado con las leguminosas (Skerman y Riveros 1992, García 1992, Bemhaja 2000).

Estos géneros están compuestos por una gran variedad de especies de muy diferentes tipos morfológicos y características de adaptación incluso dentro de una misma especie y entre cultivares. Esto determina que las características dentro de los géneros no sean del todo generalizables sin embargo a continuación se presentarán aquellas que mejor describen a las diferentes especies.

2.2.2 Género *Brachiaria*

En América tropical y subtropical las especies perennes más utilizadas como forrajeras son todas de origen africano, *B. arrecta*, *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. humidicola*, *B. mutica* y *B. ruziziensis* (Keller-Grein et al., 1998). El género está representado por especies apomícticas y sexuales de diferentes niveles de ploidía (do Valle y Savidan, 1998). Los hábitos de crecimiento y la adaptación a diferentes ambientes son variables según especie y cultivar. En general las especies y cultivares más sembrados del género presentan un rápido establecimiento por semillas con plántulas muy vigorosas que le permiten competir con las malezas (Lascano et al. 2002, Correa y Santos 2003, Karia et al. 2006). El éxito de este género puede atribuirse a su

amplia adaptación que le permite persistir aun en condiciones no muy favorables cuyas especies son muy tolerantes al mal manejo (Stur et al., 1998), y a su agresividad por los recursos que lleva a suprimir el crecimiento de malezas, de otras gramíneas y desafortunadamente de la gran mayoría de las leguminosas deseadas que ha llevado a que por lo general se siembren en monocultivo (Loch 1977, Stur et al. 1998, Karia et al. 2006). *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (tetraploide) y el cultivar Victoria (pentaploide) (Lascano et al., 2002) son los cultivares que se han evaluado en el Uruguay por Mazzilli et al. (2010) así como en el INIA (Gutiérrez, 2013) y han mostrado una gran susceptibilidad a las condiciones de bajas temperaturas de nuestro país.

2.2.3 Género *Panicum*

Uno de los exponentes del género más importante en las zonas ganaderas es la especie *Panicum maximum* actualmente *Megathyrsus maximus* (Moore et al., 2006). Forma parte de un complejo agámico (León, 2000) y está comercialmente dividida en dos grandes tipos. Los de bajo porte (0.8-1.8 metros) originarios de zonas subtropicales y clasificados como variedad *trichoglume* representados por los cultivares “Green Panic” y “Gatton Panic”. Estos son utilizados principalmente bajo pastoreo, en general su producción y capacidad de competencia con malezas decrece luego del primer año. Debido a su porte y origen posiblemente serían los de mayor interés para nuestras condiciones. Los de alto porte (mayor a 4 metros) también conocidos como los de tipo Guinea originarios de zonas tropicales están representados por cultivares como “Tobiata”, “Makueni”, “Tanzania”, “Centenario” y “Colonial” entre otros. En general para el género situaciones con niveles insuficientes de nutrientes y en especial nitrógeno su producción y principalmente su persistencia es baja, no tolerando suelos anegados o inundados. A pesar del tamaño de sus semillas se establecen bien sin embargo presentan una baja resiembra natural (Altuve et al. 2000, Correa y Santos 2003, Moore et al. 2006).

La otra especie de importancia es *Panicum coloratum*. Es una especie alógama con cultivares que presentan una gran diversidad de hábitos y compuesta por plantas de altura variable entre 0.8-1.0 m. Su origen de zonas con veranos lluviosos y suelos de texturas finas arcillosas y muy arcillosas determina por un lado su gran tolerancia a los excesos hídricos, pero por otro la especie no se adapta, persiste y produce adecuadamente en suelos de texturas arenosas. En términos comerciales se clasifica en 2 tipos. El “azulado” corresponde a la variedad *makarikariensi*, llamados “tipo makarikari” donde encontramos los cultivares más destacados: Makarikariensi, Brasil, Pollock, Burnett y Bambatsi. Todos agrónomicamente y productivamente similares con la única diferencia del último cultivar que presenta una mejor producción de semilla. Algunos cultivares principalmente “Bambatsi” muy usado en zonas arroceras en la Argentina para rotaciones con pasturas. Los tipo verde corresponden a la variedad *coloratum*, denominados “tipo coloratum” alguno de los cultivares son “Klein”, “Klein Verde” y Klein 75. Evaluaciones en condiciones de suelos pesados arroceros resultaron que su establecimiento y persistencia es baja. Sin embargo los cultivares pertenecientes a este grupo principalmente el “Klein Verde” es usado debido a que presenta semillas de mayor tamaño y con baja dormancia, es más tolerante a sequías y sobre todo a las heladas. En este cultivar no se han registrado mortandad de plantas con heladas hasta -18°C. En Uruguay ha mostrado buena tolerancia, si bien las hojas se queman las plantas no mueren y rebrotan tempranamente en la primavera. En general la especie presenta semillas de buena calidad con germinación mayor al 50% con buena capacidad de establecerse y que sumado a su alta capacidad de resiembra permite “corregir” fallas en la implantación. Su buena asociación con leguminosas forrajeras como alfalfa es una característica remarcada (Altuve et al. 2000, Petruzzi et al. 2003, Pérez 2005, Moore et al. 2006, Gutiérrez 2013).

2.2.4 *Chloris gayana* Kunth

Conocida como “Gramma Rhodes” es una especie alógama (León, 2000) de porte erecto con tallos que alcanzan alturas de 1.5 metros y que presenta buena capacidad de

producir estolones que cubren rápidamente el suelo. Su cultivares se clasifican según su ploidía en diploides ($2n=2x=20$) por ejemplo cultivares Pioneer, Katambora, Topcut y Finecut; y tetraploides ($2n=4x=40$) cultivares Callide y Sanford. Los primeros originarios de zonas subtropicales son más robustos en general y sobre todo más tolerantes al frío, mientras los segundos son de mayor tamaño, mayor producción, mejor calidad y floración más tardía debido a que son sensibles al fotoperíodo y por lo tanto mantienen la calidad por más tiempo. La especie se adapta a diferentes tipos de suelos donde resalta la resistencia moderada a alta a las condiciones de sequía (sin embargo no tolera el encharcamiento) y salinidad. Las plántulas a pesar del tamaño de las semillas presentan un buen vigor (Pérez 2005, Moore et al. 2006). Los cultivares diploide probablemente y debido a su origen serían los más indicados para las condiciones de nuestro país.

2.2.5 *Pennisetum purpureum* Schum

Denominado pasto “Elefante”, “de Napier”, etc., es una gramínea cespitosa, alógama (FAO, 2005) que en las condiciones de Uruguay las semillas producidas no son viables. Principalmente afectada por ser una planta protogénica es decir el estigma se desarrolla, marchita y muere antes de la maduración de las anteras. Por lo tanto la propagación se realiza en forma vegetativa (Bemhaja, 2000). En la naturaleza se encuentran individuos tanto diploides ($2n=28$) como tetraploides, y plantas de hasta 7 metros de altura. Los cultivares se clasifican en bajos y compactos por ejemplo el cv. “Napier” usados principalmente para pastoreo y aquellos como el cv. ”Merkeron” de tallos altos (> 4 metros) usados para corte. También encontramos híbridos de diferentes tamaños y caracteres morfológicos entre esta especie con especies emparentadas por ejemplo *P. americanum* (León, 2000) y cultivares enanos (cv. “Mott”) que llegan alturas cercanas al metro y medio. Estos con entrenudos muy cortos cercanos a 3 cm afectan la altura de la planta determinando relación hojas: tallos altas y por ende de mejor calidad pero menores rendimientos de materia seca (Roig, 2004). Se caracteriza a nivel mundial

por ser una especie de alta producción de materia seca, usada principalmente para realizar reservas (FAO, 2005).

2.2.6 Setaria sphacelata (Schum.) Moss = Setaria anceps

Conocida como “Mijo dorado” o “Pasto Rhodesia” es una especie alógama originaria de las zonas sub húmedas de África. La mayor parte de los cultivares han sido colectados en su centro de origen donde encontramos como principales exponentes al cv. Nandi ($2n=2x=18$), cv. Kazungulu, cv. Narok, y los originados por hibridación cv. Splenda y cv. Solander ($2n=4x=36$). Las heladas detienen el crecimiento y dañan parcialmente a la planta, principalmente “quemando” las láminas expuestas. Si bien se la considera tolerante al frío comparado con otras forrajeras subtropicales y tropicales debido a su rebrote rápido a inicios de la primavera, incluso en cultivares como Narok (considerado tolerante a las heladas) se han registrado problemas en el norte de nuestro país con heladas en primavera avanzada. Los cultivares Narok y Solander se consideran con mayor resistencia al frío y mejor relación hoja/tallo, con producciones de semillas bajas e intermedias respectivamente en relación a Kazungulu. Bajo un cuidadoso manejo se puede asociar con leguminosas de clima templado. Durante períodos altamente secos mantiene follaje verde. Su forraje es rico en ácido oxálico, variable dentro de cultivares y edad de las plantas donde cuanto más jóvenes mayores concentraciones (Hacker y Cuany 1997, FAO 2005, Borrajo y Pizzio 2006, Mas 2007, Giorello et al. 2012a).

2.2.7 Evaluaciones agronómicas en el Uruguay de especies estivales de otros centros de origen

En Uruguay durante la década de 1960 y 1970 en el CIAAB (INIA) se llevó a cabo la introducción y evaluación de germoplasma de gramíneas tropicales y subtropicales con énfasis a ser evaluado en sistemas con riego por inundación en rotaciones arroz-pasturas (Mas, 2007). Las evaluaciones en los últimos años se han desarrollado con cultivares de unas pocas especies tanto en condiciones de secano como riego, y se ha evaluado principalmente la producción de materia seca (Cuadro No.2).

Cuadro No.2: Evaluaciones de especies forrajeras C₄ en el Uruguay.

SIN RIEGO			
Especie. Cultivar	Año	Producción t MS ha⁻¹	Autor
<i>C.c.</i> Molopo		2,6-6,2	
<i>C.g.</i> Callide		4,7-9,5	
<i>E.c.</i> Comercial		4,2-13,2	
<i>P.c.</i> Bambatsi	2	3,4-8,7	Formoso y Allegri (1983)
<i>P.m.</i> Gatton		7,1-12,8	
<i>P.n.</i> Pensacola		2,0-9,6	
<i>S.s.</i> Kazungula		10,6-16,3	
<i>S.s.</i> Nandi		12,4-18,4	
<i>P.p.</i> Lambare	2/3/4	26,5-45,3	Bemhaja (2000)
<i>C.g.</i> Pioneer		5,2/12,9 = 18,1	
<i>P.c.</i> Bambatsi		3,4/18,3 = 21,7	
<i>C.g.</i> Katambora		5,1/17,2 = 22,3	
<i>P.c.</i> Klein verde	1/2	3,0/20,9 = 23,9	Mazzilli et al. (2010)
<i>B.b.</i> Victoria		15,7/15,2 = 30,9	
<i>S.s.</i> Kazungula		4,4/27,3 = 31,7	
<i>B.b.</i> Marandu		17,5/17,0 = 34,5	
<i>P.p.</i> Lambare	1	9,4-9,9	Bartaburu (2012)
<i>S.s.</i> Narok	1/2	8,5/11,3 = 19,8	Giorello (2012b)
<i>S.s.</i> Narok	2	5,5	Giorello et al. (2012a)
<i>C.g.</i> Katambora	1/2	9/10 = 19,0	Gutiérrez (2013)
<i>S.s.</i> Narok		8/9 = 17,0	
CON RIEGO			
Especie. Cultivar	Año	Producción t MS ha⁻¹	Autor
<i>P.d.</i> Com. Australia		21,4	
<i>P.c.</i> Bambatsi		32,9	
<i>S.s.</i> Nandi		33,4	
<i>P.c.</i> Pollock	1/2/3	34,6	Mas (2004)
<i>S.s.</i> Kazungula		39,0	
<i>C.g.</i> Com. Brasil		40,8	
<i>C.g.</i> Katambora		47,0	
<i>S.s.</i> Narok	2	14,4	Pravia (2009)
<i>P.p.</i> Lambare	1	23,9	Bartaburu (2012)
<i>S.s.</i> Narok	1/2	15,7-17,1	Giorello et al. (2012a)

Adaptado a partir de los trabajos de los autores mencionados. Signo / separa año de edad de la pastura evaluada, signo – rango. *B.b.* = *Brachiaria brizantha*, *C.c.* = *Cenchrus ciliaris*, *C.g.* = *Chloris gayana*, *E.c.* = *Eragrostis curvula*, *P.c.* = *Panicum coloratum*, *P.m.* = *Panicum maximum*, *P.n.* = *Paspalum notatum*, *P.p.* = *Pennisetum purpureum*, *S.s.* = *Setaria sphacelata*.

Estos autores ven como potencial uso de estas especies estivales como “verdeos perennes” es decir monocultivos en pequeñas áreas especializadas en aportar forraje en los meses críticos del verano y principalmente en forma temprana en la estación cuando los verdeos estivales anuales recién se están implantando. Los resultados muestran la gran capacidad de producción de materia seca, y su alta respuesta ante mejoras en el ambiente por fertilización como por riego tanto en implantación como en producción y sobre todo pensando en sistemas asociados al cultivo de arroz. Se observan especies con diferentes grados de tolerancia a las heladas que no solo afectan el número de plantas que sobreviven sino que también el momento de inicio y duración de la estación de crecimiento.

2.3 VARIABILIDAD GENÉTICA

2.3.1 Conocimiento de la distribución de la variabilidad e importancia en la conservación de los recursos genéticos

En programas de mejoramiento genético y domesticación de nuevas especies es muy importante disponer de colecciones con bases genéticas amplias y cuyas muestras sean representativas de la variabilidad de las poblaciones originales (Ferrer y Clausen, 2001). Para generar estimadores y estudiar dicha variabilidad se debe conocer el origen geográfico de una colección y las fuentes de diversidad (Chávez, 2003). Mediante la caracterización y evaluación agronómica de una especie es posible estudiar la variabilidad existente en una colección. Los caracteres considerados prioritarios y útiles para describir las accesiones de una especie y diferenciarlas se denominan descriptores

(Abadie y Berretta, 2001). Conocer va a determinar poder seleccionar germoplasma de manera eficiente. En los informes de la FAO (2010) sobre los recursos fitogenéticos de los países a nivel mundial se concluyó que uno de los obstáculos más importantes para el uso extendido de los recursos genéticos es la falta de datos adecuados de caracterización y evaluación y la capacidad de generar y gestionar dichos datos.

2.3.2 Etapas del proceso de conservación y utilización del germoplasma

2.3.2.1 Colecta y conservación del germoplasma

Es importante identificar los factores (ambientales y específicos de la población) que puedan afectar la estructura genética de las poblaciones y determinar su efecto sobre el grado de variación de la misma y la distribución de los alelos en ella. La descripción del grado y distribución de la diversidad genética de las especies y la manera en que están estructurada, es un prerequisite esencial que determina que, donde y como coleccionar y conservar (Ramanatha Rao y Hodgkin, 2002). Las colectas de germoplasma tienen como uno de los principales objetivos disponer de materiales para los programas de mejoramiento representativos de la diversidad genética. Luego del ingreso de una colección al banco de germoplasma es fundamental una adecuada conservación través de actividades de mantenimiento, conocimiento y utilización de esos recursos (Ferrer y Clausen, 2001).

2.3.2.2 Caracterización del germoplasma

La caracterización tiene como objetivo medir la variabilidad genética a diferentes niveles tanto moleculares como fenotípicos mediante caracteres (descriptores) cualitativos y cuantitativos de alta heredabilidad, es decir de baja influencia ambiental que se expresan de forma similar en diferentes ambientes. El objetivo de estas mediciones es determinar el grado de similitud de las accesiones por ende el nivel de variabilidad de la colección y de acuerdo a sus variantes realizar posibles agrupaciones (Hidalgo 2003, Ligarreto 2003). Contar con datos suficientes de las características del

germoplasma conservado, permite conocer la disponibilidad de variantes genéticas, genes o genotipos con lo que un mejorador posee para cumplir con un determinado objetivo (Abadie y Berretta, 2001).

2.3.2.3 Evaluación agronómica primaria

A través de una evaluación agronómica primaria se puede recabar información que se considera de importancia agronómica real o potencial. Estos caracteres en su mayoría son afectados altamente por el ambiente (por ejemplo el rendimiento). La interacción genotipo por ambiente determina la adaptación de ciertos genotipos a sitios específicos, por lo tanto es de gran importancia que los materiales sean evaluados en varios ambientes para sacar conclusiones válidas (Abadie y Berretta 2001, FAO 2010). Conocer el valor agronómico de las diferentes accesiones tiene como objetivo final que los materiales destacados estén disponibles en el futuro en el mercado para los productores.

2.3.3 Especies con reproducción apomíctica

El sistema reproductivo afecta considerablemente la distribución de los alelos y por lo tanto puede proveer información de la distribución de los genotipos en poblaciones naturales (Ramanatha Rao y Hodgkin, 2002). La apomixis (apo = sin; mixis = mezcla) también llamada agamosperma es un modo de reproducción asexual relativamente común en gramíneas C₄ de la subfamilia Panicoideae (Miles, 2008). Se caracteriza por la formación de semillas cuyos embriones son genéticamente idénticos a la planta madre. La podemos clasificar en obligatoria y facultativa, con diferentes grados de apomixis dentro y entre especies y genotipos (Hanna y Bashaw, 1987). En la primera todas las semillas formadas son genéticamente idénticas a la planta madre, en cambio en las segundas en una misma planta pueden haber semillas de origen asexual y de origen sexual dando lugar a una progenie variable (Kultunow, 1995).

2.3.3.1 Características generales de la apomixis

En estas especies en general la formación del microgametófito no se ve afectada, y la meiosis ocurre en las anteras dando a lugar a la formación de polen reducido, si bien en muchas situaciones presentan menores tasas de viabilidad (Pessino y Ortiz, 2010). Esto posibilita que dichos individuos se crucen o hibriden con individuos sexuales como progenitores femeninos receptores de polen originado nuevos en individuos apomícticos (Hanna y Bashaw, 1987).

Alrededor del 60% de las especies de gramíneas tropicales se reproducen por apomixis. Pocos cultivares están comercialmente disponibles, la mayoría son apomícticos por lo tanto genéticamente homogéneos. Esto es una amenaza para los sistemas productivos, debido a su homogeneidad genética donde se corre el riesgo de la aparición de nuevas plagas y enfermedades, o el quiebre de resistencia a enfermedades que actualmente no son un problema (Jank et al., 2011). Considerando las pocas especies usadas, el bajo número de cultivares disponibles, su modo de reproducción y uniformidad genética entre los mismos, es clara la necesidad de mayor diversificación de genotipos (Karia et al., 2006). Estas forrajeras aún no han sido domesticadas y por lo tanto aún existen problemas relacionados a la producción de semillas y calidad forrajera entre otros.

Si bien han tenido lugar colectas de diferentes géneros y especies en todo el mundo por diferentes instituciones, la gran mayoría de los géneros y/o especies de forrajeras tropicales y subtropicales aún no han sido colectadas o se necesitan mejores colecciones para que sean representativas de su distribución y variabilidad natural (Jank et al., 2005). La gran mayoría de estas consideradas completas no han sido bien caracterizadas, por lo tanto por más que una colección esté representada por un gran número de accesiones esto no asegura que la misma sea representativa de la diversidad natural (Jank et al., 2011).

2.3.3.2 Colecta: punto de partida hacia un plan de domesticación

El sistema binomial para la clasificación de plantas basado en el concepto o definición taxonómica de especie se basa en la morfología de las plantas (fenotipo) donde son clasificadas de acuerdo a su semejanza con el holotipo para la especie. El problema radica que en forma independiente al comportamiento reproductivo de una especie dentro y entre poblaciones puede no existir correspondencia entre la variación fenotípica observada y la variación genética. Incluso plantas genéticamente iguales creciendo en un mismo lugar (macroambiente) pero bajo diferentes condiciones ecológicas (microambientes) pueden presentar variabilidad morfológica y más aún si la especie a considerar presenta una gran plasticidad fenotípica. Esta es una de las causas que se le cuestiona a la clasificación taxonómica a partir de diferencias morfológicas sobre todo cuando los materiales de las colecciones provienen de diferentes ambientes. Es imprescindible conocer la biología reproductiva de las poblaciones para comprender la variabilidad morfológica así como molecular, y que permitan desarrollar metodologías adecuadas de muestreo, clasificación y conservación de germoplasma representativo de la variabilidad natural (Camadro, 2012). En muchas especies apomícticas la taxonomía clásica ha clasificado a cada variante morfológica dentro de un nuevo binomio (como una especie o subespecie diferente) e incluso individuos que se reproducen en forma sexual y asexual, que difieren en el nivel de ploidía, así como aquellos clones que son recombinantes los incluye o no en la misma subespecie del clon común dependiendo si las diferencias morfológicas son fácilmente distinguibles, esto evidentemente es un error (Gornall, 1999).

En estas especies es esperable encontrar individuos sexuales de la misma especie o especies relacionadas, que junto a los apomícticos son agrupados en los denominados “complejos agámicos”. La variabilidad posible de encontrar en estas especies y el patrón de la misma está directamente relacionada a los individuos sexuales con los cuales pueden ocurrir eventos de hibridación. El grado de divergencia y heterocigosis de los mismos, y la frecuencia de los eventos de hibridación con

individuos apomíticos determinarán el nivel de variabilidad (Gornall, 1999). Sumado a esto la heterocigosis de los individuos apomíticos determina que como resultado de eventos de hibridación con individuos sexuales se genere una descendencia de individuos muy diversos (Hanna y Bashaw, 1987).

En especies apomíticas se debe comprender la estructura espacial de la variabilidad (patrón de distribución geográfica) con el fin de evitar la recolección redundante de un mismo genotipo (Reyno et al., 2012). Es de gran importancia en estas especies aumentar la eficiencia de la evaluación y conservación de germoplasma. Para cumplir con dicho objetivo se debe realizar una exploración más racional de la variabilidad genética a través del uso de marcadores moleculares de alto poder discriminante, la identificación y localización de las fuentes de sexualidad compatibles y la distinción entre la variabilidad generada por mutación y recombinación. Como resultado las colecciones deberían conservarse como clones individuales como forma de lograr una colección con un nivel de variabilidad representativo (Speranza, 2005).

2.4 GÉNERO PASPALUM

2.4.1 Grupo Dilatata. *Paspalum dilatatum* Poir características generales

El grupo Dilatata está constituido por varios citotipos sexuales y apomíticos, que se clasifican taxonómicamente en varias especies y subespecies con diferentes niveles de ploidía que van desde tetraploides, pentaploides, hexaploides e incluso heptaploides. Incluye cinco tetraploides sexuales (*P. dilatatum* ssp. *flavescens* Rosengurt Arr. et Izag., los biotipos Virasoro y Vacaría, *P. urvillei* Steud., *P. dasypleurum* Kunze), un pentaploide apomítico (*P. dilatatum* ssp. *dilatatum*) y varios biotipos apomíticos monoclonales de diferentes niveles de ploidía (Speranza, 2009).

Paspalum dilatatum subespecie *dilatatum* Poir es el más extendido del grupo. Conocido como “pasto miel” es una especie apomítica, C_4 , nativa perenne de ciclo estival y tipo productivo fino (Rosengurt, 1979). Es una planta cespitosa con rizomas

cortos no invasores en la base de la corona, que otorga adaptación al pastoreo y gran capacidad de rebrote. Gracias a su alta eficiencia en el uso de la luz y el agua y a su tolerancia a crecer bien en suelos arcillosos bajos y húmedos, esta especie presenta alto crecimiento sobretodo en veranos lluviosos. Como características a remarcar se destacan su gran persistencia asociada a la resistencia al pastoreo, a las sequías, excesos de agua, su tolerancia al invierno y sumado a todo esto su alta producción. A esto hay que agregar que crece durante un largo período, comenzando tempranamente en la primavera y es de las últimas especies nativas estivales en entrar en reposo en otoño. En varios países se siembra en mezclas con especie invernales como raigrás perenne, festuca, trébol blanco entre otras (Carámbula 1982b, Orbea 1982, Baréa et al. 2007).

Los problemas mencionados por diferentes autores relacionados a la producción de semillas, bajo vigor inicial, pérdida rápida de calidad nutricional entre otras, no son características exclusivas de esta especie sino que caracterizan a los diferentes géneros y especies de gramíneas estivales perennes (C_4) (ver punto 2.2.1). En general todas estas características están muy influenciadas por las condiciones del tiempo. Sin embargo es importante resaltar que la subespecie *dilatatum* es muy tolerante a las heladas hecho que la diferencia de la gran mayoría de las especies C_4 (Shaw et al. 1965, Jones 1969, Formoso y Allegri 1983). Este hecho que determina una ventaja competitiva muy relevante desde el punto de vista agronómico, permite realizar siembras en otoño sin que las plántulas sean afectadas por las heladas así como mantener áreas foliares durante el invierno que permiten retomar la fotosíntesis tempranamente en la primavera.

La baja producción de semillas, la susceptibilidad al hongo *Claviceps* y la ausencia de variabilidad para dicho carácter han sido probablemente las principales limitantes que han influenciado en no domesticar la especie (Carámbula 1982a, Speranza 2008). Al igual que lo que ocurre en el pasto miel, Scheffer-Basso et al. (2007) trabajando con el biotipo Virasoro encontró como principal dificultad o limitaciones a la hora de producir semillas el florecimiento continuo, el corto intervalo entre la floración completa y el inicio de abscisión de las espiguillas hecho que determina que a la hora de

cosechar lo lotes estén compuestos por semillas de diferentes grados de maduración. Si bien dicha dificultad de obtener semillas es común para todas las especies nativas en vías de domesticación (Baréa et al., 2007) (ver punto 2.2.1). Sin embargo en nuestro país se han obtenido producciones mayores a 500 kg de semilla por hectárea (Álvarez 1985, Coll 1991, Rossi¹) incluso superando los 1000 kg.ha⁻¹ (Hofstadter, 1982). Para que se efectivice la incorporación de esta especie en las pasturas de nuestro país es necesario que la producción de semilla sea rentable y a precios accesibles para los productores, de forma que sea atractiva su introducción. Para ello es fundamental contar con tecnología que permita lograr dichos objetivos (Coll, 1991).

2.4.2 Distribución y origen de la variabilidad en la especie

El trabajo pionero en nuestro país que demostró la variabilidad presente en la especie *Paspalum dilatatum* Poir fue realizado por Millot (1969). Este basó su argumento en la variación encontrada en las curvas de producción de forraje y en las relaciones de producción determinadas por el cociente entre la producción durante el verano y la primavera. Estas evaluaciones se llevaron a cabo con poblaciones con niveles de variabilidad desconocidos o “ecotipos” y el autor sugiere que las diferentes frecuencias de los genotipos que las integraban podían afectar las diferencias observadas. A pesar de esto, el autor pudo efectivamente seleccionar con énfasis en mayores producciones estivales.

Entre los años 1974-77 en Argentina el INTA muestreo un total de 120 poblaciones donde se recolectaron 7679 panojas que las evaluó en el período 1975-81. Los ensayos en que se evaluaron largos y anchos de hojas, racimos por panoja, largo de los racimos y diámetro de la caña, pilosidad en vainas, hojas y semillas, presencia de antocianina, color de anteras, hábito de las plantas, entre otros; dio como resultado la existencia de variabilidad entre y dentro de poblaciones para todos los caracteres

¹ Rossi, C. 2013. Com. personal.

evaluados. Se concluyó que la selección tenía la posibilidad de aportar resultados positivos en el mejoramiento de la especie (Villar, 1984).

Machado (2005) mediante estudios morfológicos y citológicos sugirió que el grupo *Dilatata* estaba compuesto por más de un biotipo pentaploide, con la misma fórmula genómica, y que habían surgido de la hibridación entre tetraploides sexuales y hexaploides apomícticos pertenecientes al mismo grupo. Speranza (2009) en su trabajo encontró que dentro de los individuos apomícticos la subespecie *dilatatum* fue la única que mostró evidencias de estar constituida por más de un clon. A diferencia del *Paspalum pauciciliatum* y los biotipos Chirú y Uruguaiana que posiblemente estén constituidos por un único clon.

Los resultados obtenidos por Speranza (2005) sugieren una nueva interpretación sobre el origen de los genotipos pertenecientes a la subespecie *dilatatum*. El citotipo pentaploide está constituido por un clon dominante y sus variantes mutacionales, sin estructura geográfica definida y distribuido en toda su área nativa. Las poblaciones para estos genotipos pueden ser muy heterogéneas. También encontramos clones recombinantes fijados por apomixis que en su mayoría derivan del clon dominante y constituyen híbridos F1 de éste con los biotipos tetraploides locales (Cuadro No.3). A diferencia de los primeros estos están presentes en áreas geográficas definidas por la distribución de los biotipos sexuales (Figura No.2). Estos clones recombinantes se han agrupado en tres grupos, dos de estos relacionados a la fuente sexual de la cual ascienden y un tercer grupo que se distribuye en un área donde no se han identificado individuos sexuales del grupo *Dilatata* por lo que aún es desconocida o posiblemente dicha fuente de sexualidad puede estar extinta o presente en forma relictual. Es esperable que la mayor variabilidad se encuentre entre individuos recombinantes, debido a que estos se originan de hibridaciones inter-biotípicas.

Cuadro No.3: Origen de los grupos genéticos y los biotipos hexaploides.

PROGENITOR		BIOTIPO	
Masculino	Femenino	Grupo genético	Clon
D 5x (IIJX)	<i>P. dilatatum</i> "Virasoro" 4x (IIJ)	A 5x (IIJX)	-
D 5x (IIJX)	<i>P. dilatatum</i> ssp. <i>flavescens</i> 4x (IIJ)	B 5x (IIJX)	-
D 5x (IIJX)	Biotipo desconocido 4x (IIJ)	C 5x (IIJX)	-
Clon pentaploide dominante		D 5x (IIJX)	-
Grupo Quadrifaria 2x (X2X2)	D 5x (IIJX)	-	Uruguiana 6x (IIJXX ₂)
Grupo Quadrifaria 2x (XX)	A 5x (IIJX)	-	Chirú 6x (IIJXX)

Fuente: adaptado de Speranza (2009).

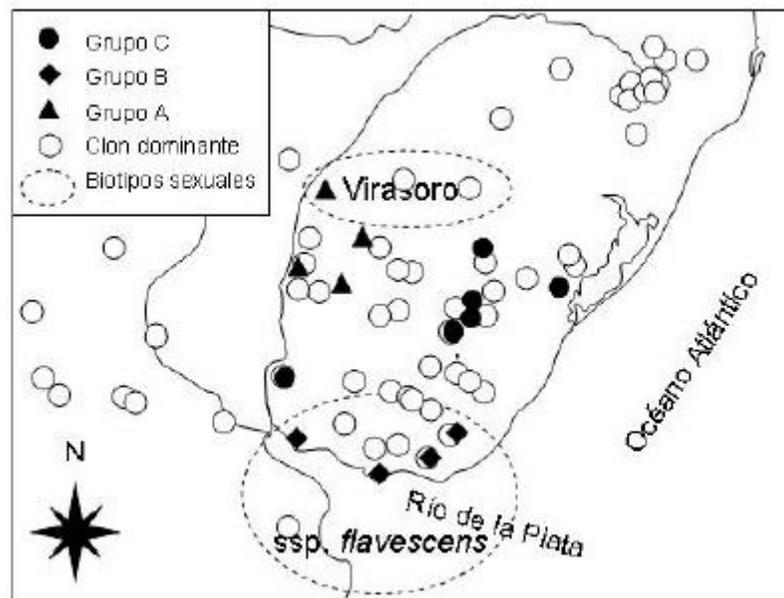


Figura No.2: Distribución geográfica de los genotipos identificados de *P. dilatatum* (Speranza et al., 2008).

2.5 EVALUACIONES AGRONÓMICAS EN GRAMÍNEAS ESTIVALES Y EN PARTICULAR EN PASPALUM DILATATUM

2.5.1 Producción de materia seca e importancia del manejo

Las especies C₄ tienen la capacidad de producir grandes volúmenes de materia seca incluso en ambientes pobres en nutrientes como nitrógeno. Esto en parte explica el bajo valor nutricional y más aun considerando la pérdida de calidad que presentan en períodos cortos de tiempo así como el efecto negativo causado por altas temperaturas. Esto lleva a que las altas producciones de MS no siempre se traduzcan en incrementos de la producción animal. Los problemas de calidad pueden ser reducidos con un manejo adecuado de la pastura evitando la madurez por crecimiento y el excesivo número de tallos. Mantener un forraje en estado vegetativo o joven no es sencillo más aún si las condiciones climáticas son favorables, ya que las elevadas tasas de crecimiento dificultan mantener una carga suficiente de animales para mantener la pastura en dicho estado (Wilson y Minson 1980, Pérez 2005, Scheffer-Basso et al. 2007). Para la mayoría de las especies del género *Paspalum* no se conocen las respuestas de las plantas al manejo, hecho de fundamental trascendencia en garantizar la persistencia y su mejor utilización (Baréa et al., 2007). Trabajos en los últimos años con especies C₄ de diferentes géneros han centrado sus estudios en la ecofisiología y podrán ser tomados como referencia a la hora de estudiar otros géneros.

Brougham (1955, 1956, 1958) demostró la importancia del IAF para comprender la relaciones entre la intercepción de luz del dosel de una pastura y la producción y acumulación de forraje. Una pastura luego de un pastoreo sigue un patrón sigmoide en el tiempo con tres fases claramente diferenciadas. Es de gran valor considerar la curva de rebrote para comprender los efectos de las frecuencias e intensidades de defoliación, y cómo influyen en la misma factores como el IAF (índice de área foliar) y las reservas de la planta constituidas por carbohidratos no estructurales (CNE). Este autor sugirió que para optimizar la producción de forraje la intensidad de

pastoreo debe ser tal que el área foliar remanente sea lo suficientemente grande que permita interceptar toda la luz incidente para que el crecimiento se mantenga a las máximas tasas de producción de forraje. Pastoreos realizados al final de la fase lineal de crecimiento permiten obtener la máxima tasa media de acumulación de forraje, sin embargo el forraje cosechado en ese momento es en general de bajo valor nutritivo.

Korte et al. (1982) trabajando con gramíneas C₃ concluyeron que el uso del IAF crítico (95% de la luz incidente es interceptada) como criterio para pastorear (determinando las frecuencias) es posible ya que permite manejar las pasturas de forma correcta, obtener una buena producción en cantidad y calidad (mayor cantidad de láminas y menor de material muerto) mejorando su valor como alimento. Da Silva y Nascimento (2007) resumiendo varios trabajos con diferentes cultivares de los géneros *Brachiaria* y *Panicum* concluyeron que este criterio puede también ser aplicado a especies C₄. Las relaciones entre intercepción de luz por el dosel, y otras variables como acumulación de forraje, láminas y valor nutritivo fueron similares a las encontradas en especies templadas. Al principio el proceso de rebrote se caracteriza por la producción de hojas y la acumulación de tallos y material muerto se incrementa de manera significativa luego del IAF crítico, estando este altamente correlacionado a la altura luego del rebrote de forma independiente a la época del año. El uso de iaf 95% para pastorear es adecuado ya permite cosechar un forraje con mejor balance entre cantidad y calidad, y cuya identificación es posible por su correlación con la altura. También encontraron la convergencia entre las respuestas de las plantas y los animales donde las mayores producciones de leche se relacionaron con el IAF 95%. Estos manejos lograron porcentajes de proteína entre 14 y 18% y digestibilidades entre 60 y 70%.

En las estaciones del año cuando los recursos son menos limitantes se requerirán menos días para llegar al IAF crítico y viceversa en momentos del año de menores crecimientos, pero siempre se llega al IAF crítico con la misma altura. Esta diferencia en la disponibilidad de recursos determina la inconsistencia en las respuestas cuando se prefijan las frecuencias de corte hecho que determinaría que en períodos

favorables se ingrese con forraje de poca calidad con excesos de tallos y material muerto, y en épocas de peor crecimiento con mejor calidad pero en detrimento de la producción, hechos que pueden determinar problemas en la sustentabilidad de las pasturas. Por lo tanto en un sistema pastoril se debe llevar a cabo prácticas de manejo sustentables que permitan producir forraje en cantidad de calidad y que se traduzca en producto animal. Para ello es fundamental conocer y entender el funcionamiento de las plantas forrajeras de manera de poder fijar pautas de utilización y manejo, estudiando la morfogénesis, la ecofisiología y haciendo énfasis en la interacción planta-animal (Da Silva y Nascimento, 2007).

En el Cuadro No.4 se presenta el rendimiento de materia seca reportado por varios autores para la especie *Paspalum dilatatum*. Estos trabajos de evaluación agronómica presentan varias limitantes. En primer lugar en la mayoría de las ocasiones se carecían de datos de caracterización de los clones y/o líneas (en caso de individuos sexuales) que se evaluaban. Se observa también que no hay un manejo generalizado que se considere como correcto y que tome en cuenta la ecofisiología de la planta. Por lo tanto realizar comparaciones entre estos trabajos tiene varias limitantes al haber sido evaluadas durante períodos variables de tiempo, en diferentes ambientes y manejos (frecuencias e intensidades de corte, momentos y niveles de fertilización, densidades de siembra, épocas de siembra, edad de las pasturas, entre otros). Muchos se desarrollaron bajo riego, la mayoría bajo secano. Pocos se evaluaron en condiciones de pastoreo y en general no se consideraron parámetros de calidad que nos permitan estimar el valor nutritivo de los materiales evaluados. Por lo tanto son datos obtenidos bajo determinadas condiciones, donde algunos autores remarcan la posibilidad de incrementar los valores obtenidos de producción con mayores densidades, fertilizaciones, etc. La bibliografía es numerosa y por lo tanto se presenta una selección de trabajos.

Cuadro No.4: Evaluaciones agronómicas (Producción de MS) en la especie *Paspalum dilatatum*.

Material evaluado	Producción Total t MS ha ⁻¹	País	Autor
<i>P.d.</i> común - "nativo"	24,3-32,1 (3/4)	Australia	Shaw et al.(1965)
6 "ecotipos" <i>ssp. flavescens</i>	9-9,8-11 (2)	Uruguay	Millot (1969)
5 "ecotipos" <i>ssp. dilatatum</i>	10-11,4-12,6 (2)	Uruguay	Millot (1969)
17 líneas	6,4-10,3 (2)	Argentina	Useglio y von der Pahlen (1982a)
cv. Estanzuela Caracé	6,8-8,6 (2)	Uruguay	Formoso y Allegri (1983)
cv. Estanzuela Chirú	8,6-12,2 (2)		
cv. Estanzuela Tabobá	6,4-7,0 (2)		
cv. Estanzuela Yasú	6,9-7,1 (2)		
8 ecotipos	5,7-9,1 (1)	Argentina	Cicardini et al. (1984)
<i>P.d.</i> 372 progenies (7 años)	8,1-11,4-12,7 (2)	Argentina	Villar (1984)
<i>P.d.</i> biotipo Chirú	9,5-10,6-12 (2)	Uruguay	Álvarez (1985)
<i>P.d.</i> biotipo Chirú	10-15,2/10,3-18,2/2,9-10,7/2,6-4,2 (1/2/3/4)	EE.UU	Burson et al. (1991)
<i>P.d.</i> común	7,1-11,5/11-13,9/2,5-11,1 (1/2/3)		
<i>P.d.</i> Torres	8,1/2,8/1,3 (2/3/4)		
Producción en mezcla.	3,4-4,8 (1)	Argentina	Acosta et al. (1994)
<i>P.d.</i> (no específica)	2,5 (5)	Argentina	Ayala Torales et al. (2000)
<i>P.d.</i> (no específica)	4,5-7,2 / 2,4-5,1 (1/2)	Argentina	Acosta y Deregibus (2001)
<i>P.d.</i> cultivar Raki	5,2-9,7 (1)	Argentina	Cian et al. (2003)
<i>P.d.</i> común	0,8-5,1 / 3-11 / 2-11,3 / 3,2-8 / 3-10 (1/2/3/4/5)	Uruguay	Mas, citado por Formoso (2003)
<i>P.d.</i> biotipo Uruguaiana	4,5-5,7 (2)	EE.UU	Venuto et al. (2003)
<i>P.d.</i> biotipo Chirú	7,6-16,5 / 5,1-18,5 / 3,3-14,3 (2/3/4)		
<i>P.d.</i> común	6,6-15,9 / 1,9-16,3 / 1,3-12,2 (2/3/4)		
<i>P.d.</i> biotipo Virasoro	6,2-7,2 (2)	Brasil	Baréa et al. (2007)

() Año de la pastura evaluada. Signo / separa años, signo – rango. Valores en **negrita** son promedios.

2.5.2 Estacionalidad de la producción en la especie *Paspalum dilatatum*

Millot (1969) estudiando la variabilidad de las curvas de producción en una colección de *Paspalum dilatatum* Poir, remarcó los beneficios que traería la utilización de “ecotipos” que se caractericen por producir en los meses de verano y que a su vez serían los más apropiados en mezclas con especies de invierno ya que no serían tan competitivos en los meses de máxima producción primaveral. Para ello el autor cálculo para los diferentes ecotipos la relación de producción verano/primavera que dio a llamar “índice de estivalidad” (Cuadro No.5). Este cociente pondera la capacidad de producir en los períodos más secos, encontrando que está altamente correlacionado con la producción en el verano.

Cuadro No.5: Número de ecotipos según índice de estivalidad (IE) evaluados en La Estanzuela en 1964/65.

Índice de Estivalidad	No. Ecotipos	
	<i>P.d. ssp. dilatatum</i>	<i>P.d. ssp. flavescens</i>
0,3-0,4	1	5
0,4-0,5	3	1
0,5-0,6	8	-
0,6-0,7	31	-
0,7-0,8	30	-
0,8-0,9	14	-
0,9-1,0	7	-
1,0-1,1	7	-
1,1-1,2	5	-
1,2-1,3	1	-

Fuente: adaptado de Millot (1969).

Como observamos dentro de los “ecotipos” más primaverales (bajo IE) los de la subespecie *flavescens* pertenecen todos a esta clase es decir son exclusivos, en cambio

de la subespecie *dilatatum* son un menor número. La clase más estival (alto IE) está compuesta por individuos todos de la última subespecie. El promedio de índice de estivalidad resultante de los ecotipos más extremos se encontró para los primaverales en 0,36 y en los estivales fue de 1,09.

2.5.3 Calidad. La anatomía, morfología y la influencia del ambiente

La anatomía de los tallos en cuanto a la proporción de tejidos lignificados (esclerenquima y xilema) no difieren de forma significativa entre gramíneas C₃ y C₄, contrario a lo que ocurre en las láminas (Akin, 1989). En las láminas las proporciones de los tejidos y sus características explican en parte las diferencias en calidad entre especies C₃ y C₄. Las especies megatérmicas se caracterizan por una mayor proporción de tejidos conductores, células de la vaina (parénquima) y esclerenquima. En cambio las especies C₃ presentan una mayor proporción de mesófilo cercano al 60% de la sección transversal de la hoja (Campos, 2002). A su vez tejidos que en gramíneas C₄ no son digeridos o lo son en forma lenta, en las especies C₃ respectivamente son lentamente digeridos (esclerenquima) o lo son a mayor velocidad y proporción (epidermis y células de la vaina del haz vascular estas dependientes de la madurez). Por lo tanto en especies C₄ en general hay una mayor proporción de tejidos que resisten a la degradación microbiana (en gran parte lignificados) y que constituyen barreras a la digestión (Akin, 1989).

Campos (2002) afirma que debido a las diferencias de digestión de los tejidos de una planta es posible asociar los porcentajes de dichos tejidos de los diferentes órganos de una especie forrajera y su valor nutritivo, así como también las proporciones de tejidos y entidades nutritivas como Proteína Cruda, Fibra Detergente Neutro (FDN), digestibilidad in vitro de la MS entre otras. Las gramíneas C₄ poseen mayor cantidad de FDN en relación a las C₃ (Reid et al., 1988). Las especies C₄ presentan aproximadamente un 70% de FDN en las láminas, y un 85% en tallos. Las vainas en general presentan contenidos intermedios entre tallos y láminas (Buxton et al., 1995). La FDN está negativamente correlacionada con el consumo, y la FDA con la digestibilidad

y la disponibilidad de energía del forraje (Galli 1997, Mieres 2004). Si bien para especies C_4 ha sido muy discutido el uso del parámetro Fibra Detergente Neutro como estimador por ejemplo del consumo, al no poderse apreciar una correlación significativa principalmente debido a que esta entidad (a diferencia de las especies C_3) presenta un rango muy estrecho (entre 65 y 85%) (Reid et al. 1988, Van Soest 1994).

La digestibilidad tanto de la materia seca (DMS) como de la materia orgánica (DMO) influye directamente sobre el consumo (correlación positiva), se la asocia negativamente a la madurez de la planta y está relacionada a las características anatómicas y morfológicas de los tejidos. Las láminas presentan en su nervadura lignificada los principales tejidos que limitan la digestión. El contenido de mesófilo está correlacionado de forma positiva con coeficientes de digestibilidad y de forma negativa con los contenidos de pared celular. En cambio tejidos como el xilema, esclerénquima, las vainas de parénquima de los haces (células de la vaina) y la espesura de la pared celular se correlacionan positivamente con la lignina y el contenido de pared celular, y negativamente con la digestibilidad. Los tallos son considerados como principal limitante de la digestión, al presentar mayor concentración de fibra debido a que contienen mayor cantidad de tejidos estructurales y de conducción. En ciertos trabajos se ha encontrado que aquellas plantas con láminas con alta DMS en general también presentan una alta DMS para los tallos y que los genotipos con mayor digestibilidad presentaban una tendencia a tener láminas laxas y tallos vegetativos pequeños. Por lo tanto la digestibilidad es considerada como un buen estimador del valor nutritivo de un forraje (Wilson et al. 1989, Cangiano 1997, Campos 2002).

La madurez de la pastura es el principal factor que influye en la calidad del forraje. La interacción con el ambiente donde crece es muy importante y por lo tanto es afectada por la temperatura, disponibilidad de agua, fertilidad del suelo entre otros. Las altas temperaturas no solo afectan negativamente la digestibilidad a través de cambios en los componentes de las células (incremento de la lignificación, etc.), sino también por su influencia sobre el crecimiento y desarrollo de la planta que trae como consecuencia la

disminución de la relación hoja: tallo. Esto en parte determina que las pasturas tropicales por cada grado (°C) de aumento de temperatura, en promedio la digestibilidad de la materia seca disminuye 0.60%, afectando en forma individual en un 0.57% a las láminas y 0.86% a los tallos. Por lo tanto en una gramínea se podría considerar al tallo como potencial principal limitante que afecta la digestibilidad de la materia seca. No sólo por los tejidos no degradables que lo constituyen (34% promedio en gramíneas C₄) sino principalmente por el efecto negativo de la edad sobre la lignificación del parénquima que representa más del 50% de sus tejidos y sobre el aumento de la contribución de su fracción a la producción total de materia seca. En cambio niveles moderados de stress hídrico retrasan la maduración y provoca que la calidad del forraje se mantenga en mayores niveles (Wilson y Minson 1980, Akin 1989, Buxton 1996, Buxton y Redfean 1997).

Wilson et al. (1976a) encontró que el aumento en la temperatura provocó un aumento en el contenido de pared celular (CPC), mientras la digestibilidad de la materia seca (DMS) se comportaba de forma opuesta. Sin embargo dicho descenso de la digestibilidad parece más asociado a cambios físicos o químicos (lignificación entre otros) en los componentes de la pared y no al contenido de pared celular en sí mismo. La DMS de las láminas recién expandidas completamente se reducía ante incrementos de la temperatura. Este descenso era cada vez más pronunciado a medida que avanzaba la edad de las láminas, esto sumado al aumento del porcentaje de tallos con la edad y a la preferencia animal por hojas jóvenes determina la importancia del manejo que permita la cosecha de forraje de la mejor calidad posible, más aún antes dichas condiciones ambientales.

Evaluaciones agronómicas en *Paspalum dilatatum* en las que se han evaluado parámetros de calidad se pueden observar en el Cuadro No.6. Si bien como fue comentado que las evaluaciones han sido muy diferentes, en estos parámetros parece que existen algunas tendencias en la variación de la calidad. Los porcentajes de proteína fueron mayores en el otoño, mientras que la digestibilidad tanto de la materia seca como

de la materia orgánica fue mayor en la primavera en relación al otoño, es decir se comportó en forma contraria a la proteína. En cuanto al manejo y su influencia en general mayores frecuencias de pastoreo permitieron cosechar un forraje de mejor calidad es decir con mayores porcentajes de proteína y menores de las fracciones fibra (FDN y FDA), en algunos casos asociados a mayores porcentajes de láminas, menores de restos secos y menores % FDA en tallos. Todo indica que la fertilización es una herramienta para modificar positivamente cantidad, calidad, y la estructura de las plantas. Si bien para especies C₄ ha sido muy discutido el uso del parámetro porcentaje de Fibra Detergente Neutro (% FDN) por presentar un rango muy estrecho (entre 65 y 85%) (Reid et al. 1988, Van Soest 1994), resultados como los de Venuto et al. (2003) con efectos significativos entre individuos por año y por localidad para % FDN son muy interesantes porque es donde parece existir en la mayor parte de los trabajos diferencias entre individuos, y posiblemente puede ser un objetivo de mejoramiento.

Cuadro No.6: Evaluaciones agronómicas (parámetros de calidad) en la especie *Paspalum dilatatum*.

% PC - % PB	% FDN	% FDA	% DMs	% DMo	País	Autor
7,2-17,2					Australia	Shaw et al. (1965)
5,9- 10,31 -13,25			42,5-58,5	43,9-61,2	Australia	Minson (1972)
			45,5-50,8		Uruguay	Benech (1975)
6,22- 8,99 -12,45					Argentina	Gerard (1981)
13,2	69	39,4	56		EE.UU	Russo et al. (1981)
			37-54,4		Argentina	Useglio y von der Pahlen (1982)
12-24,5			55,8-61,5	58,5-62,7	Argentina	Cicardini et al. (1984)
16,8-18,1						
8,45- 12 -14,92					Argentina	Villar (1984)
			41,2-60,9		Uruguay	Álvarez (1985)
4,04-6,52	52,1-65,9				Uruguay	Quaglioti y Ríos (1988)
16,2- 18,2 -19,5			45,1- 50 -61,3		Argentina	Maddaloni y Josifovich (1989)
			44,4-52,7		EE.UU	Burson et al. (1991)
10,5- 14,4 -19,1			39,6- 56 -65,5		Argentina	Gaggiotti et al. (1996)
7,5-14,7	61,9-69,9				Australia	Stockdale (1999)
9,7-11,2		35,2-39,5			Argentina	Ayala Torales et al. (2000)
8,2-8,6 / 12,7-14,5		41,5 / 39,7			Argentina	Acosta y Deregibus (2001)
8,0-11,5				36,9-52,6	Argentina	Cian et al. (2003)
9,3-11,4	68,9-71,6		62,7-72		EE.UU	Venuto et al. (2003)
9,8-12	68-70,5		63,5-71,6			
				47,4- 49,2 -50,7	Uruguay	Mieres (2004)
10,7-18,6	66,4-71,8	40,6-46,8			Brasil	Baréa et al. (2007)

Signo / separa años, signo – rango. Valores en **negrita** son promedios.

2.5.4 Efecto del manejo sobre la arquitectura de la planta y sobre la calidad

Es importante estudiar el efecto que tiene el pastoreo o corte así como la fertilización en la altura de las plantas, densidad de tallos, proporción de láminas y tallos, en la distribución vertical del forraje entre otros, para conocer las respuestas de las plantas al manejo. Entre los trabajos tomados como referencia para fundamentar las intensidades de corte en nuestra evaluación encontramos el de Watson y Coleman (1969) estos estudiaron el efecto de altura de corte, de los macollos remanentes y de las reservas en el rebrote. El cambio de hábito (plasticidad) es muy común en *Paspalum dilatatum*, hecho que puede afectar al consumo mediante un menor acceso al forraje (Acosta y Deregibus, 2001). Ayala Torales et al. (2000) obtuvieron resultados donde el incremento en las frecuencias determinó aumentos en el % de láminas residual (debido al cambio de hábito), en la densidad de tallos por m² y una menor utilización. Contrariamente a lo que se creía sobre que los manejos más frecuentes iban a reducir la pérdida por senescencia, ocurrió lo contrario al cambiar de hábito la planta. Baréa et al. (2007) estudiaron el efecto de las intensidades de corte sobre la altura de la planta y crecimiento basal. A mayor intensidad si bien no existieron diferencias en producción si ocurrió una mayor disminución en la altura y un menor crecimiento del área basal. Scheffer-Basso et al. (2007) trabajando bajo un manejo frecuente e intenso con el biotipo Virasoro determinó que esto no evitara que floreciera. Acosta y Deregibus (2001) encontraron que la fertilización afectó la distribución de la biomasa aumentando la misma por encima de 10 cm.

Si bien trabajos como estos ayudan a comprender la fisiología de la planta, lejos tienen como objetivo a partir de ellos poder realizar recomendaciones. Para ello es fundamental estudiar el problema desde la ecofisiología de la planta, y ante todo comprender que son procesos dinámicos que deben considerarse como un todo. Como fue mencionado anteriormente las evaluaciones agronómicas llevadas a cabo en *Paspalum dilatatum* se han manejado en forma muy diferente hecho que determina que

las conclusiones sobre los resultados obtenidos en dichos trabajos no sean estrictamente comparables.

La continua diferenciación y elongación de tallos en especies subtropicales y tropicales determina la presencia de tallos reproductivos en diferentes estados de desarrollo (desde elongación hasta anthesis) y a bajas relaciones láminas: tallos en relación a especies de origen templado. La performance animal en pastoreo está determinada por la tasa de consumo de nutrientes y depende tanto de la calidad de la dieta como de la tasa de consumo instantánea. Ambas son función del comportamiento del animal durante el pastoreo (selectividad, masa del bocado y tasa de bocado) y de las características de la pastura (Galli 1997, Benvenuti et al. 2009). Trabajos en *Paspalum dilatatum* como el de Flores et al. (1993) muestran en forma clara el comportamiento en pastoreo de los animales a la hora de consumir pasturas C₄. Estos encontraron que las plantas en estado vegetativo con pseudotallos fueron consumidas y por lo tanto estos últimos no fueron una barrera a la defoliación. En este caso ante el aumento de la altura de las plantas los animales incrementaron el área, altura y peso de bocado. En cambio en plantas en un estado reproductivo más avanzado la altura del bocado fue limitada por los tallos cuando el largo de las láminas fue menor que la mitad de la altura de la pastura, en este caso los animales se restringieron a comer solo la lámina superior por encima de la lígula reduciendo en forma considerable el peso del bocado.

Diferentes trabajos en los últimos años con especies megatérmicas han estudiado el efecto de la densidad de tallos y las propiedades mecánicas (por ejemplo la resistencia a la tensión de los mismos) en el comportamiento de animales en pastoreo. Los resultados han demostrado que ante aumento de la densidad de tallos los animales redujeron el área de bocado, la masa de bocado, la tasa de consumo instantánea y por ende la tasa de consumo de nutrientes. Por lo tanto la tasa de consumo de nutrientes y la selección de las partes de la planta están íntimamente asociadas con la resistencia a la tensión de los tallos, y esta última tiene una relación positiva con los porcentajes de FDN y FDA (Benvenuti et al., 2009). En otros casos los animales no seleccionaban a

favor de los tallos con fuerzas de fractura bajo, pero evitaron los tallos con alta fuerza de quiebre. La tendencia al incremento de la fuerza y energía requerida para fracturar tallos y láminas a medida que avanza el estado de madurez son el resultado principalmente de las diferencias (aumento) en el área transversal, y en algunos casos con el número de haces vasculares mayores (Zhang et al. 2004, Jacobs et al. 2011). Todo esto muestra la complejidad del comportamiento animal bajo pastoreo de especies C₄, y la importancia de la fracción tallos para futuros estudios del manejo animal o como posibles objetivos en planes de mejoramiento genético en estas especies.

Conocer las características nutritivas de las fracciones no da una idea del límite que tienen los animales al seleccionar una dieta. Los animales pueden seleccionar una dieta que sea significativamente mayor en proteína, menor en FDN debido a sus diferencias en concentración en tallo y láminas. Por lo tanto la relación entre las fracciones, y la severidad del pastoreo determinarán en gran medida el grado de selección que los animales podrán realizar (Stockdale, 1999). Da Silva y Nascimento (2007) remarcaron que pastoreos no muy intensos es decir con mayores remanentes permitieron mejorar el desempeño animal y deben ser considerados en cuenta. Por lo tanto un manejo correcto junto a la selección de materiales forrajeros con mejores parámetros nutricionales repercutirán más aun positivamente en la calidad de la dieta.

2.5.5 Consideraciones a tener en cuenta al momento de elegir una gramínea perenne estival y posibles objetivos en un plan de mejora genética

En la elección de un cultivar para ser sembrado en una mezcla así como en una evaluación de una especie como potencial forrajera se busca que esta tenga características productivas, nutricionales y reproductivas que se destaquen. Entre los diferentes caracteres a considerar la precocidad, producción de forraje en épocas críticas, adaptación a manejos específicos, su persistencia y fácil multiplicación son características de gran relevancia. Sin embargo es difícil encontrar todo en una sola planta (Carámbula, 2002c). Las gramíneas que toleran las heladas avanzado el otoño que

mantienen el valor nutritivo por más tiempo, que sobreviven a las fuertes heladas, o mantienen el verdor en el invierno, que germinan temprano en la primavera recuperándose rápidamente luego de pasado el período de bajas temperaturas son características de gran importancia que debe tener un gramínea estivales sembradas en zonas subtropicales y templadas (Skerman y Riveros, 1992).

Un plan de mejoramiento con énfasis en la mejora de la calidad nutricional de una forrajera puede llevarse a cabo con diversos objetivos. Una puede ser dirigida hacia el incremento de la degradación y no en la disminución de tejidos estratégicos. Planes de mejoramiento han resultado en un incremento de la digestibilidad de los tejidos de lenta y parcial degradación sin un cambio en la anatomía foliar (Akin, 1989).

Los forrajes caracterizados por su baja digestibilidad y alto porcentaje de pared celular limitan la disponibilidad de energía. Es posible seleccionar forrajeras con menores tasas de disminución de la digestibilidad y del contenido de proteína cruda. Trabajando en la mejora de la calidad de una determinada especie forrajera una reducción en cuanto al contenido y la estructura de la pared celular pueden determinar una mejora en el consumo (que es la gran limitante en especies estivales), en la digestibilidad y en la densidad energética de dicho forraje. Es muy importante enfocar los esfuerzos sobre la fracción tallos modificando su anatomía, morfología (menor altura de los tallos, entre otros), su composición química y la reducción de la floración, así como al aumento de la relación hoja/tallo que pueden llevar a la mejora de la producción animal (Wilson y Minson 1980, Jung y Allen 1995).

Si bien como fue mencionado el uso del porcentaje de Fibra Detergente Neutro (% FDN) para especies C_4 ha sido muy discutido (Reid et al. 1988, Van Soest 1994), este como el % FDA han sido los parámetros usados en estudios nutricionales como en programas convencionales de mejoramiento genético ya que representan una importante proporción de la pared celular y permiten caracterizar y estimar los componentes menos digestibles. Estas entidades químicas por ende están correlacionadas en alguna forma

con la actividad de los genes vinculados en la síntesis de celulosa, lignina, etc (Jung y Allen, 1995). Incrementar el valor nutricional de cultivos forrajeros puede llevar a obtener ganancias genéticas estables tanto desde el punto de vista genético (más aun considerando una especie apomíctica) como ambiental. Dicha ganancia para la digestibilidad in vitro de la materia seca toma valores promedio entre 0.7-4.7% por año. Estos pequeños incrementos son debidos a modificaciones químicas, anatómicas y/o morfológicas en componentes de las plantas pero raramente a cambios genéticos relacionados al momento de la madurez reproductiva, y pueden tener un impacto relevante en la producción animal. Sin embargo estas ganancias muchas veces están asociadas con descensos en caracteres de interés como el rendimiento de materia seca, resistencia a insectos o enfermedades y tolerancia a diversos tipos de stress. Por lo que es importante a la hora de llevar a cabo un programa de mejora genética en caracteres nutritivos tomar en cuenta dichas posibles modificaciones con la adecuada presión de selección (Casler, 2001).

Aquellas líneas de mayor calidad que repercuten positivamente en la producción animal no tienen por qué ser las de mayor producción de materia seca (Wilson y Minson, 1980). Relacionado a esto si bien es costoso, poco práctico y más complejo, evaluar la calidad de las pasturas y poder comparar las mismas a través de la respuesta animal (ganancia diaria de peso vivo o producción de leche) sería lo más correcto. Para ello las condiciones no deberían ser limitantes, con animales de igual potencial de producción, consumiendo *ad libitum*, sin suplementación y en un mismo ambiente donde lo único que varía es la pastura a evaluar (Galli, 1997).

2.5.6 *Paspalum dilatatum*. Colección de la Facultad de Agronomía

Cuando consideramos las evaluaciones hechas con la subespecie *dilatatum* la dificultad de identificar principalmente los clones recombinantes (donde posiblemente se encuentre la mayor variabilidad) mediante morfología determina que sea altamente probable que las evaluaciones agronómicas realizadas hasta el momento hayan incluido

muy poca variabilidad genética (Speranza, 2008). Evaluaciones agronómicas de individuos tetraploides tanto sexuales como apomícticos (var. *pauciciliatum*) así como biotipos hexaploides (Chirú, Uruguaiana y Torres) han sido muy pocas y por lo tanto el volumen de información es limitado.

Rodríguez (2010), Michelini (2010) evaluaron la colección de la Facultad de Agronomía donde relacionaron por primera vez para la especie la caracterización morfológica y morfogenética con la variabilidad encontrada en la caracterización genética realizada mediante el uso de marcadores moleculares por Speranza (2005). La variabilidad encontrada confirma la hipótesis de este último acerca que la varianza intergrupala es mayor a la varianza intragrupal para el caso de los clones pentaploides. Mediante estas caracterizaciones esta colección ha sido individualizada en clones genéticamente distintos que representan a todos los grupos genéticos, y por lo tanto posiblemente estemos frente a una de las colecciones mejor conocidas de una especie apomíctica, estival y perenne de interés forrajero.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ENSAYOS

3.1.1 Ubicación

El ensayo correspondiente al presente trabajo fue instalado en la primavera del 2010 en 2 localidades pertenecientes a la Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Estos fueron ubicados en la ciudad de Montevideo departamento homónimo, barrio Sayago (34°50'13" S y 56°12'21" O) y su respectiva repetición en el Centro Regional Sur (CRS) (34°36'50" S y 56°13'00" O) cercano a la ciudad de Progreso departamento de Canelones. La evaluación analizada en este trabajo corresponde al segundo año de vida abarcando las estaciones de la primavera-verano-otoño del 2011/2012.

El ensayo en la localidad de Sayago se instaló sobre un Brunosol Subeútrico Típico de la Serie Sayago (Altamirano et al., 1976), a diferencia en el CRS el experimento se instaló sobre un Vertisol Rúptico Típico o Lúvico, UdelaR (URUGUAY). FA (s.f.). Se sacaron muestras de los suelos con taladro holandés y se llevó a cabo el análisis para ambas localidades en el Laboratorio de Suelos y Aguas del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). Estos presentaron porcentajes de materia orgánica (% M.O) de 3,3% y 2,8% para Sayago y CRS respectivamente. El nivel de M.O constituye un indicador de la calidad física, química y biológica del suelo y es proporcional al contenido de nitrógeno en los mismos (Silva, 1994). Los valores obtenidos se pueden considerar de medios a bajos en relación a los rangos encontrados en suelos similares en nuestro país (URUGUAY.MAP.DSF, 1979), principalmente en el CRS donde posiblemente queda justificado dicho valor ya que este suelo fue clasificado con un grado de erosión e₂ es decir que ha perdido un 25% de la capa superficial, UdelaR (URUGUAY). FA (s.f.). En cambio los niveles de fósforo asimilable (método Bray No. 1) en suelo fueron de 18 ppm y 21 ppm en Sayago y el CRS respectivamente.

Si a estos los comparamos con los niveles críticos (valores de P en el suelo por debajo de los cuales es de esperar respuesta en rendimiento al agregado de P) para gramíneas entre 8-10 ppm encontrados por Bordoli (1998) es altamente probable que estemos en niveles de suficiencia.

3.1.2 Estado del tiempo

Para el análisis de los datos de precipitaciones se consideran que los meses de setiembre a diciembre corresponden a las evaluaciones primaverales, de enero a marzo a las estivales, y abril y mayo a las de otoño. Como referencia se toma en cuenta la media histórica de 30 años (1961-1990) para el Prado datos aportados por URUGUAY. MDN. DNM (2012, Figura No.3).

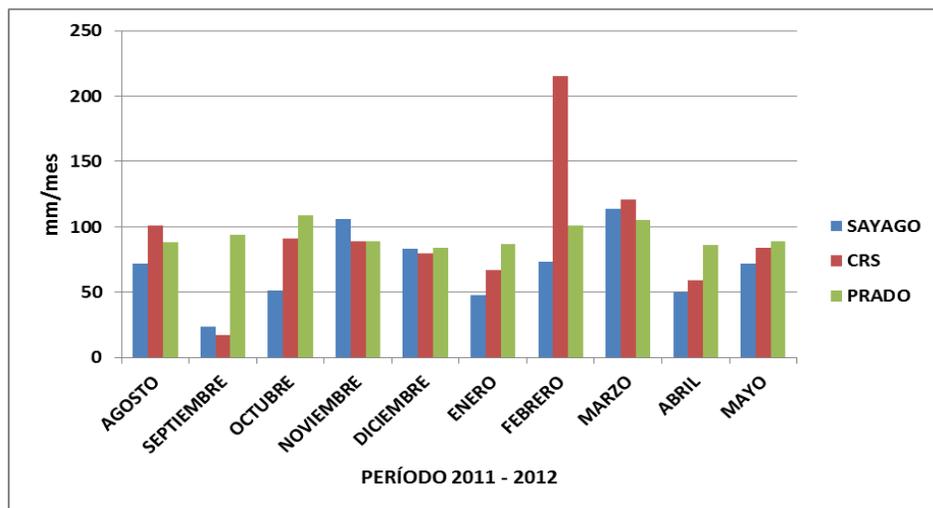


Figura No.3: Precipitaciones en el período primavera-verano-otoño 2011/2012.

Durante la primera estación las precipitaciones estuvieron por debajo de la media histórica en ambas localidades, si bien hacia el final de la misma (momento en el cual las especies estivales muestran su pico de crecimiento) las lluvias estuvieron en la media o por encima de la misma según localidad. Analizando los meses correspondientes a los cortes de verano se observa que fueron los de mayor relevancia en el año de evaluación debido a la disparidad entre localidades, donde hay que tener en

cuenta que corresponden al momento de mayor evapotranspiración. Hacia el otoño las precipitaciones continuaron debajo de la media, sin embargo hay que considerar la menor demanda atmosférica de la época.

3.1.3 Materiales evaluados

La evaluación estuvo constituida de 15 genotipos pertenecientes a la colección de la Facultad de Agronomía (Cuadro No.7), donde los clones pentaploides fueron previamente clasificados mediante una caracterización genética (Speranza, 2005) y sobre los que también se habían llevado a cabo caracterizaciones morfológicas (Rodríguez, 2010) y morfogenéticas (Michelini, 2010).

Cuadro No.7: Materiales evaluados, sistema reproductivo y ploidía.

GRUPO GENÉTICO	GENOTIPO	REPRODUCCIÓN	PLOIDÍA		
A	A1	Apomixis	Pentaploide		
	A2				
	A3				
B	B1				
	B2				
	B3				
C	C1				
	C2				
	C3				
D	D1				
	D2				
	D3				
OTROS					
	Chirú			Apomixis	Hexaploide
	Uruguaiana				
	<i>ssp. flavescens</i>	Sexual	Tetraploide		

3.1.4 Manejo del ensayo

Los cortes de evaluación se prefijaron cada 42 días, y se concluyó con 5 cortes en cada localidad totalizando 10 (Cuadro No.8). El método de evaluación fue de cortes con tijera a 5 centímetros del suelo, de las 4 plantas centrales de cada parcela (unidad experimental).

Cuadro No.8: Fechas de cortes evaluadas según localidad.

SAYAGO		CRS	
No. Corte	Fecha	No. Corte	Fecha
1	08/11/2011	1	15/11/2011
2	21/12/2011	2	27/12/2011
3	08/02/2012	3	17/02/2012
4	23/03/2012	4	02/04/2012
5	04/05/2012	5	15/05/2012

El manejo en el período consistió en el control de malezas en forma manual y química (Tordón, entre otros), y fertilizaciones con urea al inicio del período de crecimiento y luego de cada corte (a la semana) con 24 unidades de nitrógeno, totalizando en todo el período de evaluación 120 unidades. Las muestras se pesaron luego de cortadas (peso fresco “PF”), se secaron en estufa a 60°C durante 48 horas para el conocer el peso seco “PS” y a partir de este el porcentaje de materia seca (% MS). Con los datos recabados se calcularon las producciones por hectárea por corte, totales del ciclo y por estación. Con esta última se calculó el índice de estivalidad (relación verano/primavera), donde se consideraron los 2 primeros cortes como primavera y los siguientes (2 de verano y el correspondiente al otoño) como “verano” en el cálculo del indicador.

A las plantas evaluadas en los primeros 4 cortes en ambas localidades se les separó en 2 fracciones láminas, y vainas más tallos. A partir de estos datos se calcularon

los porcentajes de cada una de las fracciones y su evolución en el tiempo. Posteriormente las muestras de cada fracción de los cortes 2, 3 y 4 se molieron conjuntamente (planta entera) y se llevó a cabo el análisis del Sistema detergente o de Van Soest en el Laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos de la Facultad de Agronomía. Los análisis realizados fueron porcentaje de materia seca (MS), Cenizas (C), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro con amilasa y corregida por cenizas (aFDNmo), fibra detergente ácido corregida por cenizas (FDAmo) y lignina detergente ácido (Lig as).

3.2 DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental corresponde a un diseño de bloques completos al azar (DBCA). En cada localidad se ubicaron 3 bloques con 15 parcelas cada una correspondiente a un genotipo y dentro de cada parcela 16 plantas donde se evaluaron las 4 plantas centrales. En resumen para las 2 localidades se instalaron 96 plantas por genotipo totalizando 1440, de las cuales 360 plantas fueron evaluadas es decir 24 por genotipo. Las plantas no evaluadas tuvieron como objetivo controlar el efecto borde y otros posibles errores experimentales.

El análisis de datos se llevó a cabo a través de un modelo estadístico de diseño de bloques completos al azar con factores anidados (bloque anidado en localidad) y parcelas subdivididas en el tiempo (5 cortes). Para ello se utilizó el software estadístico SAS (2004).

$$Y_{ijkl} = \mu + L_i + \beta_{k(i)} + G_j + (LG)_{ij} + \delta_{ijk} + T_l + (LT)_{il} + (GT)_{jl} + (LGT)_{ijl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Y = variable dependiente, ejemplo gramos de materia seca, % de láminas, etc.

μ = Media poblacional.

i = 1, 2 (Localidades "L": Sayago y CRS).

j = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15 (Genotipos "G").

$k = 1,2,3$ bloques " $\beta_{k(i)}$ " anidados en Localidad 1 (Sayago), 1,2,3 bloques anidados en Localidad 2 (CRS).

$l = 1,2,3,4,5$ (Tiempo "T" o momento de corte).

δ = Error parcela mayor.

LG, LT, GT y LGT = las interacciones entre los factores o variables analizadas.

ϵ = Error experimental o residual.

En el caso de que en la variable analizada hubiese interacción genotipo por ambiente el análisis se realizaba de forma independiente para cada localidad y por ende se eliminaba del modelo el factor bloque anidado en localidad. De existir interacción genotipo por corte se analizaban los cortes de forma independiente. Por lo tanto el modelo se modificaba según las interacciones encontradas.

4. RESULTADOS

4.1 PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA

El análisis de varianza para la producción total de materia seca (Cuadro No.9) resultó significativo estadísticamente (p valor <0,05) para los genotipos evaluados en diferentes localidades y cortes. Por lo tanto existen diferencias significativas en cuanto a la producción total de materia seca y a su distribución en la estación de crecimiento. Debido a la existencia de interacción genotipo por ambiente (p valor <0,0001) se realizó el análisis para cada localidad por separado.

Cuadro No.9: Análisis de varianza (ANAVA) para Producción Total de MS en ambas localidades.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	Valor de F	p valor
Localidad	1	2413	2413	21,60	<0,001
Bloque (Localidad)	4	3976	994	8,90	<0,001
Genotipo	14	22500	1607	14,39	<0,001
Localidad*Genotipo	14	20945	1496	13,39	<0,001
Error a	56	6255	112		
Tiempo	4	565125	141281	425,79	<0,001
Tiempo*Localidad	4	83159	20790	62,66	<0,001
Tiempo*Genotipo	56	61645	1101	3,32	<0,001
Tiempo*Localidad*Genotipo	56	29805	532	1,60	<0,01
Error experimental	296	98216	332		

4.1.3 Estacionalidad

El análisis de varianza para el índice de estivalidad (IE) (Cuadro No.16) resultó significativo estadísticamente (p valor <0,05) para los genotipos evaluados en diferentes localidades. Por lo tanto existen diferencias estadísticas significativas en el índice de estivalidad. Debido a la existencia de interacción genotipo por ambiente (p valor <0,01) el análisis se llevó a cabo para cada localidad por separado.

Cuadro No.16: Análisis de varianza (ANAVA) para Índice de Estivalidad (IE) en ambas localidades.

FdV	Gl	SC	CM	Valor de F	p-valor
Localidad	1	1,846	1,846	72,192	<0,001
Bloque (Localidad)	4	0,198	0,049	1,932	0,118
Genotipo	14	2,747	0,196	7,672	<0,001
Localidad*Genotipo	14	0,996	0,071	2,782	<0,01
Error exp.	56	1,432	0,026		

4.1.3.1 Índice de estivalidad (IE). Sayago

El ANAVA para el índice de estivalidad en la localidad de Sayago (Cuadro No.17) resultó significativo estadísticamente (p valor <0,05) para los genotipos. Por lo tanto existen diferencias significativas en la estivalidad de los diferentes genotipos evaluados. Las curvas de producción muestran la presencia de dos picos, el mayor primaveral y otro de menor importancia al final del verano (Figura No.4).

Cuadro No.17: Análisis de varianza (ANAVA) para Índice de Estivalidad (IE) de la localidad de Sayago.

FdV	Gl	SC	CM	Valor de F	p-valor
Bloque	2	0,0434	0,022	1,97	0,167
Genotipo	14	0,6578	0,047	4,13	<0,001
Error exp.	28	0,3186	0,011		

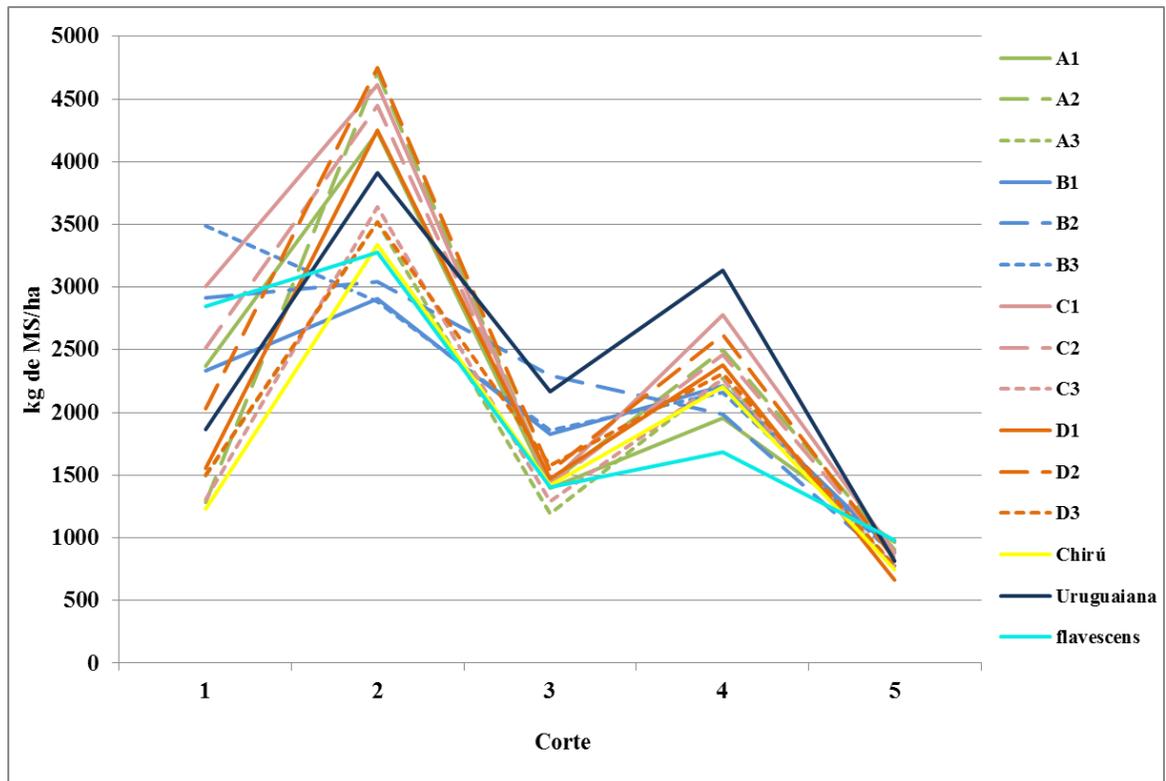


Figura No.4: Curvas de producción (kg MS.ha⁻¹) de cada genotipo en la localidad de Sayago.

Confirmando los resultados del análisis de varianza (Cuadro No.17) las diferencias en la comparación de medias para el índice de estivalidad entre clones muestra la existencia de variabilidad a nivel de genotipo (Cuadro No.19). El rango de variación se encuentra entre 0,66 y 1,07 con un promedio general de 0,82.

4.1.3.2 Índice de estivalidad (IE). Centro Regional Sur (CRS)

El análisis de varianza para el índice de estivalidad en la localidad del CRS (Cuadro No.18) resultó significativo estadísticamente (p valor <0,05) para los genotipos. Por lo tanto existen diferencias significativas en la estivalidad de los diferentes genotipos evaluados.

Cuadro No.18: Análisis de varianza (ANAVA) para Índice de Estivalidad (IE) de la localidad del CRS.

FdV	Gl	SC	CM	Valor de F	p-valor
Bloque	2	0,062	0,031	1,24	0,305
Genotipo	14	2,541	0,181	7,28	<0,001
Error exp.	28	0,698	0,025		

En general el comportamiento de las curvas de producción presenta un pico en el corte de finales de primavera (corte 2) y muchos en el corte de mediados del verano (corte 3) (Figura No.5) En otras palabras para la mayor parte de los genotipos el pico de producción es primaveral, sin embargo hay individuos que mantienen una muy buena producción estival donde la caída de la curva no es tan pronunciada.

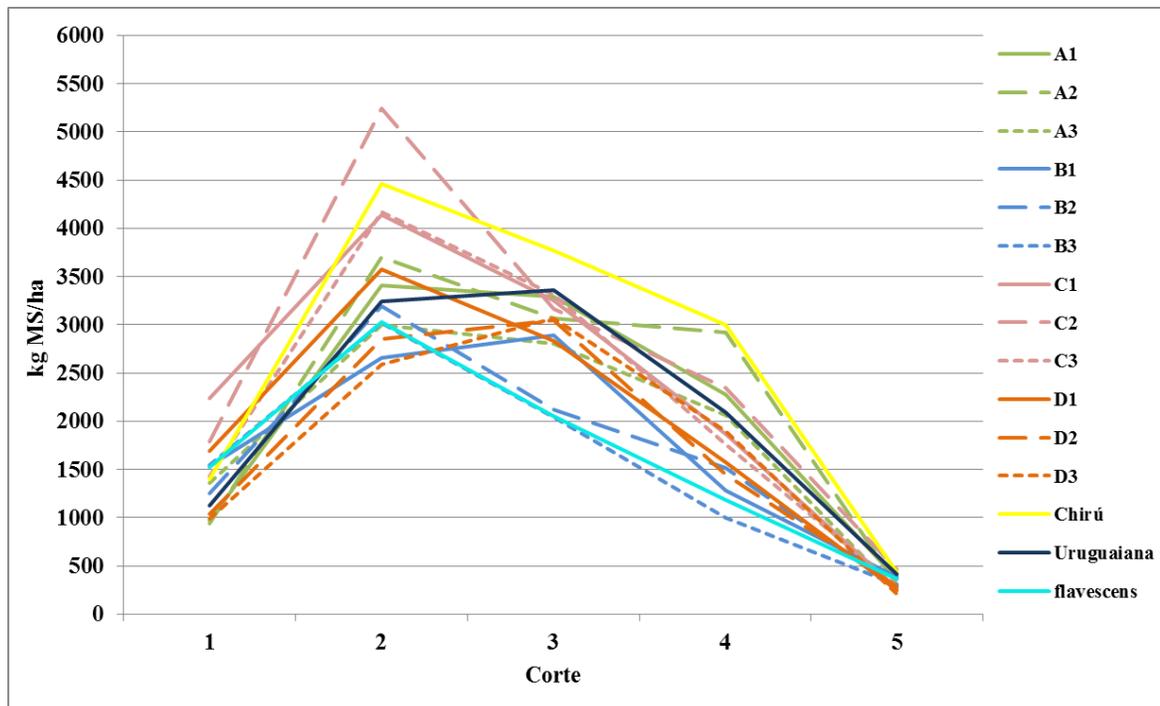


Figura No.5: Curvas de producción (kg MS.ha-1) de cada genotipo en la localidad del Centro Regional Sur (CRS).

Confirmando los resultados del análisis de varianza (Cuadro No.18) las diferencias en la comparación de medias para el índice de estivalidad entre clones muestra la existencia de variabilidad a nivel de genotipo (Cuadro No.19). El rango de variación se encuentra entre 0,74 y 1,48, con un promedio general de 1,09.

Cuadro No.19: Índice de estivalidad (IE) para cada localidad.

Genotipo	SAYAGO				CRS				Incremento IE entre localidades			
	V	P	IE		V	P	IE		GRUPO	SAY	CRS	%
A1	4317	6608	0,67	b	5931	4375	1,35	abc	A	0,78	1,30	40,8
A2	4846	5994	0,82	ab	6300	4642	1,35	abc				
A3	4247	5014	0,85	ab	5108	4356	1,18	abcdef				
B1	4919	5239	0,93	ab	4558	4192	1,09	abcdef	B	0,84	0,90	6,3
B2	5061	5958	0,84	ab	3911	4444	0,89	cdef				
B3	4871	6369	0,76	ab	3356	4569	0,74	f				
C1	5092	7625	0,67	b	5394	6383	0,86	def	C	0,74	0,88	15,5
C2	4733	6967	0,68	b	5964	7031	0,84	def				
C3	4333	4950	0,88	ab	5353	5592	0,99	bcdef				
D1	4517	5806	0,78	ab	4658	5261	0,88	cdef	D	0,82	1,21	33,2
D2	4986	6781	0,74	b	4794	3892	1,28	abcd				
D3	4664	5022	0,95	ab	5172	3589	1,48	a				
Chirú	4374	4567	0,96	ab	7203	5858	1,23	abcde		0,96	1,23	22,0
Uruguaiana	6117	5775	1,07	a	5864	4372	1,37	ab		1,07	1,37	20,9
<i>flavescens</i>	4067	6125	0,66	b	3603	4553	0,79	ef		0,66	0,79	16,5
Promedio	4743	5920	0,82		5145	4874	1,09			0,82	1,09	22,2

Nivel de confianza: 0.95. En **negrita** valores por encima o iguales al promedio.

4.1.1 Sayago

El ANAVA para la producción total de materia seca en la localidad de Sayago (Cuadro No.10) resultó significativo estadísticamente (p valor <0,05) para los genotipos evaluados en los diferentes cortes. Por lo tanto existen diferencias significativas en cuanto a la producción total de materia seca y a su distribución en la estación de crecimiento.

Cuadro No.10: Análisis de varianza (ANAVA) para Producción Total de MS en la localidad de Sayago.

FdV	Gl	SC	CM	Valor de F	p-valor
Bloque	2	316	158	1,343	0,269
Genotipo	14	13169	941	8,002	<0,001
Error a	28	3293	117,6		
Tiempo	4	281357	70339	204,6	<0,001
Gen: Tie	56	51859	926	2,7	<0,001
Error exp.	148	50874	344		

Las diferencias en la producción total de materia seca expresada por hectárea entre los genotipos en el período analizado muestra la existencia de variabilidad en la colección para dicha variable (Cuadro No.11). El rango de variación encontrado estuvo entre 8941 kg y 12717 kg de materia seca, con un promedio de 10663 kg. A nivel de genotipo el clon C1 fue el más productivo si bien no se diferenció estadísticamente de 6 clones (A1, B2, B3, C2, D2 y Uruguaiana). Las diferencias estadísticas en la comparación de medias entre genotipos dentro de cada fecha de corte tuvo lugar principalmente en el corte número uno (08/11/2011) y en menor importancia en el número cuatro (23/03/2012). Estas fechas no coinciden con los extremos del rango de variación para el promedio de todos los genotipos por fecha de corte. Este estuvo entre 834 kg (corte 5 – 04/05/2012) y 3804 kg de materia seca (corte 2 – 21/12/2011) ambas estadísticamente diferentes al resto de las fechas evaluadas.

Agrupando los individuos en los grupos genéticos a los que pertenecen, se compararon los mismos mediante contrastes ortogonales no existiendo diferencias significativas entre ellos (Cuadro No.12).

Cuadro No.11: Producción de materia seca (kg MS. ha⁻¹) por corte y total en la localidad de Sayago.

GRUPO GENÉTICO	GENOTIPO	kg MS.ha ⁻¹					kg MS.ha ⁻¹ .año
		CORTE					
		08/11/2011	21/12/2011	10/02/2012	23/03/2012	04/05/2012	TOTAL
A	A1	2372 abcd	4236 a	1394 a	1956 ab	967 a	10925 abcdef
	A2	1286 d	4708 a	1438 a	2503 ab	906 a	10841 bcdefg
	A3	1494 cd	3519 a	1192 a	2275 ab	781 a	9261 defg
B	B1	2333 abcd	2906 a	1825 a	2214 ab	881 a	10158 bcdefg
	B2	2917 ab	3042 a	2294 a	1986 ab	781 a	11019 abcde
	B3	3486 a	2883 a	1854 a	2156 ab	861 a	11241 abcd
C	C1	3008 ab	4617 a	1431 a	2775 ab	886 a	12717 a
	C2	2517 abc	4450 a	1428 a	2458 ab	847 a	11700 abc
	C3	1308 cd	3642 a	1289 a	2267 ab	778 a	9283 fg
D	D1	1553 cd	4253 a	1469 a	2381 ab	667 a	10322 bcdefg
	D2	2031 bcd	4750 a	1536 a	2617 ab	833 a	11767 abc
	D3	1500 cd	3522 a	1575 a	2314 ab	775 a	9686 defg
	Chirú	1228 d	3339 a	1421 a	2203 ab	750 a	8941 g
	Uruguaiana	1864 bcd	3911 a	2167 a	3136 a	814 a	11892 ab
	<i>flavescens</i>	2847 ab	3278 a	1406 a	1683 b	978 a	10192 bcdefg
PROMEDIO		2116 BC	3804 A	1581 C	2328 B	834 D	10663

Cuadro No.12: Comparación de producción de MS (kg MS.ha⁻¹) entre grupos genéticos y genotipos hexaploides y sexuales en la localidad de Sayago.

Contrastes	kg MS.ha-1	p valor
A vs B	10342 vs 10806	ns
A vs C	10342 vs 11233	ns
A vs D	10342 vs 10592	ns
B vs C	10806 vs 11233	ns
B vs D	10806 vs 10592	ns
C vs D	11233 vs 10592	ns
C vs Chirú	11233 vs 8941	**
C vs Uruguaiana	11233 vs 11892	ns
C vs ssp. <i>flavescens</i>	11233 vs 10192	ns

ns No significativo * Significativo al 0.05 ** Significativo al 0.001

4.1.2 Centro Regional Sur (CRS)

El ANAVA para la producción total de materia seca en la localidad del CRS (Cuadro No.13) resultó significativo estadísticamente (p valor <0,05) para los genotipos evaluados en los diferentes cortes. Por lo tanto existen diferencias significativas en cuanto a la producción total de materia seca y a su distribución en la estación de crecimiento.

Cuadro No.13: Análisis de varianza (ANAVA) para Producción Total de MS en la localidad del CRS.

FdV	Gl	SC	CM	Valor de F	p-valor
Bloque	2	3660	1830	17,30	<0,001
Genotipo	14	30276	2163	20,45	<0,001
Error a	28	2962	105,8		
Tiempo	4	366928	91732	286,8	<0,001
Gen: Tie	56	39592	707	2,21	<0,001
Error exp.	148	47342	320		

Las diferencias en la producción total de materia seca expresada por hectárea entre los genotipos en el período analizado muestra la existencia de variabilidad en la colección para dicha variable (Cuadro No.14). El rango de variación encontrado estuvo entre 7925 kg y 13061 kg de materia seca, con un promedio de 10019 kg. Los clones Chirú, C2 y C1 resultaron ser los más productivos respectivamente no difiriendo estadísticamente entre sí. En los primeros cuatro cortes dentro de cada fecha existieron diferencias estadísticas en la comparación de medias entre genotipos. El rango de variación para el promedio de todos los genotipos por fecha estuvo entre 324 kg (corte 5 – 15/05/2012) y 3486 kg de materia seca (corte 2 – 28/12/2011). Este último corte junto al corte 3 (16/02/2012) respectivamente fueron los que registraron de forma significativa las mayores producciones de materia seca, no presentando diferencias estadísticas significativas entre sí.

Agrupando los individuos en los grupos genéticos a los que pertenecen, existió una diferencia estadística altamente significativa a favor del grupo genético C en relación a los restantes grupos genéticos (A, B y D) (Cuadro No.15). El grupo A produjo significativamente más materia seca que el B y el D. Estos dos últimos no fueron diferentes entre ellos. Cuando comparamos el grupo genético de mejor rendimiento (C) con los hexaploides no se encontraron diferencias, pero sí las hubo y altamente significativa frente al sexual de la subespecie *flavescens*.

Cuadro No.14: Producción de materia seca (kg MS. ha⁻¹) por corte y total en la localidad del CRS.

GRUPO GENÉTICO	CLON	kg MS.ha ⁻¹					kg MS.ha ⁻¹ .año
		CORTE					
		15/11/2011	28/12/2011	16/02/2012	02/04/2012	15/05/2012	TOTAL
A	A1	967 b	3408 ab	3289 ab	2275 ab	367 a	10306 bcd
	A2	939 b	3703 ab	3072 ab	2919 a	308 a	10942 bc
	A3	1358 ab	2997 b	2808 ab	2064 ab	236 a	9464 cdef
B	B1	1533 ab	2658 b	2894 ab	1281 b	383 a	8750 def
	B2	1253 ab	3192 ab	2117 b	1517 ab	278 a	8356 ef
	B3	1547 ab	3022 b	2047 b	997 b	311 a	7925 f
C	C1	2239 a	4144 ab	3253 ab	1869 ab	272 a	11778 ab
	C2	1789 ab	5242 a	3164 ab	2342 ab	458 a	12994 a
	C3	1425 ab	4167 ab	C21 ab	1756 ab	286 a	10944 bc
D	D1	1689 ab	3572 ab	2836 ab	1572 ab	250 a	9919 cde
	D2	1036 b	2856 b	3053 ab	1453 ab	289 a	8686 def
	D3	994 b	2594 b	3064 ab	1900 ab	208 a	8761 def
	Chirú	1397 ab	4461 ab	3769 a	2997 a	436 a	13061 a
	Uruguaiana	1125 ab	3247 ab	3358 ab	2092 ab	414 a	10236 bcd
	<i>flavescens</i>	1522 ab	3031 b	2056 b	1186 b	361 a	8156 f
PROMEDIO		1388 B	3486 A	2939 A	1881 B	324 C	10019

Cuadro No.15: Comparación de producción de MS (kg MS.ha⁻¹) entre grupos genéticos y genotipos hexaploides y sexuales en la localidad del CRS.

Contrastes	kg MS.ha-1	p valor
A vs B	10237 vs 8344	**
A vs C	10237 vs 11906	**
A vs D	10237 vs 9122	*
B vs C	8344 vs 11906	**
B vs D	8344 vs 9122	ns
C vs D	11906 vs 9122	**
C vs Chirú	11906 vs 13061	ns
C vs Uruguaiana	11906 vs 10236	ns
C vs ssp. <i>flavescens</i>	11906 vs 8156	**

ns No significativo * Significativo al 0.05 ** Significativo al 0.001

4.2 FRACCIONES. RELACIÓN LÁMINA/TALLO

Para el estudio de las fracciones las plantas fueron separadas en dos fracciones (una que incluye solo láminas y otra, vainas y tallos con sus correspondientes panojas). Para el análisis solo se presentan y se analizan los datos de una fracción (en este caso láminas) por la importancia que esta tiene en determinar la calidad nutricional en las especies C₄.

El análisis de varianza para el porcentaje de láminas (Cuadro No.20) resultó significativo estadísticamente (p valor <0,05) para los genotipos evaluados en diferentes localidades y cortes. Por lo tanto existen diferencias significativas en el porcentaje de láminas entre genotipos y en la evolución de dicho porcentaje. Las diferencias estadísticas para la interacción genotipo por ambiente no resultaron significativas (p valor = 0,1448), esto determina que el análisis se realice para ambas localidades en forma conjunta.

Cuadro No.20: Análisis de varianza (ANAVA) para % de láminas en los 4 cortes evaluados para ambas localidades.

Fuente de variación	Gl	Valor de F	p valor
Localidad	1	94,27	<0,001
Bloque (Localidad)	4	1,36	0,248
Genotipo	14	15,81	<0,001
Localidad*Genotipo	14	1,41	0,145
Error a	56		
Tiempo	3	262,90	<0,001
Tiempo*Localidad	3	56,49	<0,001
Tiempo*Genotipo	42	8,85	<0,001
Tiempo*Localidad*Genotipo	42	2,57	<0,001

Si bien cuando consideramos todos los cortes en forma conjunta no existió interacción genotipo por ambiente (p valor = 0,1448), al analizar los cortes en forma individual es interesante observar lo ocurrido en los cortes número dos (Cuadro No.21) y tres (Cuadro No.22) donde sí existió interacción genotipo por ambiente, principalmente en este último. Esta situación permite conocer las respuestas de los diferentes genotipos ante escenarios del ambiente contrastantes.

Cuadro No.21: Análisis de varianza (ANAVA) para % de láminas en el corte 2 evaluado para ambas localidades.

Fuente de variación	Gl	Valor de F	p valor
Localidad	1	25,31	<0,001
Bloque (Localidad)	4	4,16	0,005
Genotipo	14	8,53	<0,001
Localidad*Genotipo	14	4,86	<0,001
Error experimental	56		

Cuadro No.22: Análisis de varianza (ANAVA) para % de láminas en el corte 3 evaluado para ambas localidades.

Fuente de variación	Gl	Valor de F	p valor
----------------------------	-----------	-------------------	----------------

Localidad	1	137,54	<0,001
Bloque (Localidad)	4	1,64	0,178
Genotipo	14	6,47	<0,001
Localidad*Genotipo	14	2,46	0,009
Error experimental	56		

4.2.1 Porcentaje de láminas (% L) en el total de los 4 cortes. Sayago + CRS

Confirmando los resultados del análisis de varianza (Cuadro No.20), las diferencias estadísticas significativas encontradas en la comparación de medias (Cuadro No.23) para el porcentaje de láminas entre genotipos muestra en cierta medida la existencia de variabilidad en la colección. El rango de variación promedio por genotipo para el total los cortes evaluados estuvo entre 38,05% (clon B2) y 52,60% (Chirú) de láminas (Cuadro No.23). Cuando se compara el promedio de cada corte entre sí el corte 1 con 59,74% de láminas resultó significativamente diferente al resto de los cortes, estos últimos no resultaron estadísticamente diferentes entre sí.

Los cortes correspondientes a la primavera presentaron un rango entre 33,16% (clon A3 corte 2) y 74,37% (Chirú corte 1). El corte 1 presenta valores entre 44,48% y 74,37% con un promedio de 59,74%. El segundo corte presenta un rango entre 33,16% y 47,08% con un promedio de 39,17%.

En el período que correspondió al verano el rango estuvo entre 31,19% (clon A3 corte 4) y 52,04% (*flavescens* corte 4). El corte 3 presenta un rango de valores entre 31,26% y 50,72% con un promedio de 40,36%. El cuarto corte presenta un rango entre 31,19% y 52,04% con un promedio de 38,55%.

Cuadro No.23: Porcentaje de láminas en ambas localidades por corte y para el promedio total.

Genotipo	CORTE				PROM
	1	2	3	4	
A1	72,64 a	44,13 abc	45,10 abc	46,21 b	52,02 a
A2	73,17 a	33,59	gh 47,53 ab	37,14 cd	47,86 ab
A3	60,35 d	33,16	h 42,28 bcd	31,19 e	41,75 cdef
B1	44,49	g 40,68 cde	31,91 e	36,42 cd	38,38 ef
B2	45,67	fg 38,75 def	31,26 e	36,53 cd	38,05 f
B3	45,96	fg 44,87 ab	32,62 e	45,67 b	42,28 cdef
C1	52,73 e	37,11	efg 42,08 bcd	37,59 c	42,38 cdef
C2	68,07 abc	35,36	fgh 44,67 abc	36,06 cd	46,04 bc
C3	69,07 ab	37,21	efg 42,54 bcd	37,11 cd	46,48 bc
D1	61,68 cd	37,50	efg 41,41 bcd	34,98 cde	43,89 bcd
D2	63,32 bcd	39,28	def 43,58 bcd	35,45 cde	45,41 bcd
D3	53,07 e	38,95	def 37,81 de	32,64 de	40,62 def
Chirú	74,37 a	42,28 bcd	50,72 a	43,03 b	52,59 a
Uruguaiana	59,68 d	47,09 a	39,74 cd	36,14 cd	45,66 bcd
<i>flavescens</i>	51,86 ef	37,56 ef	32,15 e	52,04 a	43,40 bcde
PROM	59,74 A	39,17 B	40,36 B	38,55 B	44,45

Agrupando los individuos en los grupos genéticos a los que pertenecen, el grupo genético A se diferencia de forma estadísticamente significativa con los tres restantes grupos (Cuadro No.24), es decir presenta en promedio un mayor porcentaje de láminas. Entre los tres grupos restantes tanto el C y el D presentan mayores porcentajes de láminas que el B, pero entre ellos no se diferencian. Cuando comparamos el grupo genético de mayor porcentaje de láminas con el genotipo sexual, el primero posee mayor porcentaje de láminas pero en relación a los individuos hexaploides no se diferencia del Uruguaiana y sí del Chirú. Este último biotipo es el que en promedio presenta el mayor porcentaje de láminas de la colección evaluada.

Cuadro No.24: Comparación del % de Láminas entre grupos genéticos y genotipos hexaploides y sexuales para ambas localidades.

Contrastes	Signo del Estimador	p valor
A vs B	47,21 vs 39,56	**
A vs C	47,21 vs 44,97	*
A vs D	47,21 vs 43,31	**
B vs C	39,56 vs 44,97	**
B vs D	39,56 vs 43,31	*
C vs D	44,97 vs 43,31	ns
C vs Chirú	44,97 vs 52,60	**
C vs Uruguaiana	44,97 vs 45,66	ns
C vs ssp. <i>flavescens</i>	44,97 vs 43,40	ns
A vs Chirú	47,21 vs 52,60	*
A vs Uruguaiana	47,21 vs 45,66	ns
A vs ssp. <i>flavescens</i>	47,21 vs 43,40	*

ns No significativo * Significativo al 0.05 ** Significativo al 0.001

4.2.2 Evolución del porcentaje de láminas

Cuando analizamos la evolución del porcentaje de láminas a través de los cortes (Figura No.6) se observa como dicha evolución varía según el genotipo considerado, por lo tanto concuerda con el resultado obtenido en el ANAVA (Cuadro No.20) para la fuente de variación tiempo (corte). Al inicio del período de crecimiento los genotipos

presentan los mayores porcentajes de la fracción, descendiendo hacia el segundo corte. En la evolución del porcentaje de láminas en el tercer y cuarto corte es donde los individuos tienen diferentes comportamientos con una tendencia similar dentro grupos genéticos a los que pertenecen, estando posiblemente relacionada a los momentos del ciclo del desarrollo tanto sea vegetativo o reproductivo.

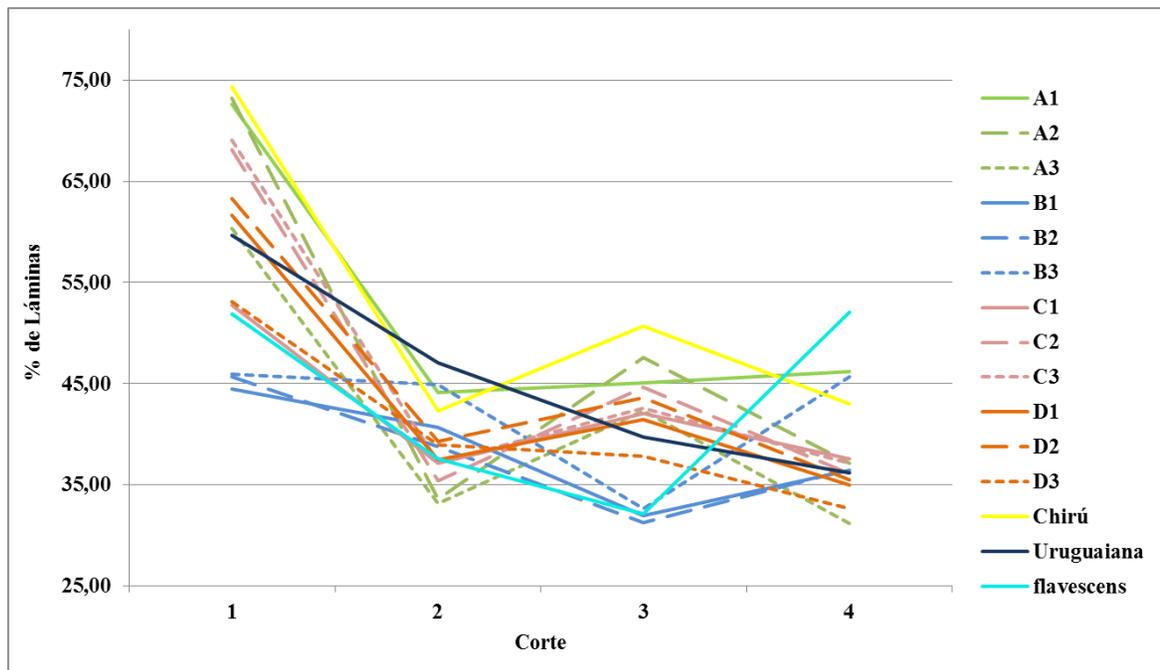


Figura No.6: Evolución del promedio de % de Láminas para cada genotipo en ambas localidades.

4.2.3 Cortes 2 y 3. Existencia de interacción genotipo por ambiente

Al analizar el ANAVA de los cortes en forma individual es interesante observar lo ocurrido en los cortes número dos (Cuadro No.21) y tres (Cuadro No.22) donde si existió interacción genotipo por ambiente. En el corte número 2 (Cuadro No.25) en la localidad de Sayago hay mayor amplitud de valores, donde encontramos que los porcentajes más extremos van desde 26.17% (clon A3) hasta 49,78% (clon Uruguaiana), con un promedio de 37,38% En cambio la localidad del CRS presenta valores entre

36,49% (*ssp. flavescens*) y 48,65% (clon A1) con un promedio de 40,96%. El corte 3 (Cuadro No.25) es en particular más interesante de analizar por las diferencias en precipitaciones entre localidades. Esta situación permite conocer las respuestas de los diferentes genotipos ante escenarios contrastantes. En la localidad de Sayago el rango de valores va desde 31,33% (clon B2) hasta 56,48% (clon A2), con un promedio de 47,54%. Para el mismo corte en la localidad del CRS los valores oscilan entre 20,69% (*ssp. flavescens*) y 45,12% (Chirú), con un promedio de 33,18%. Por lo tanto es evidente en ambos cortes la existencia de interacción genotipo por ambiente, y principalmente en el corte número tres.

Cuadro No.25: Porcentaje de láminas en ambas localidades para los cortes 2 y 3.

Genotipo	CORTE			
	2		3	
	Sayago	CRS	Sayago	CRS
A1	39,62 abc	48,65 a	54,23 ab	35,97 abc
A2	29,92 cd	37,27 b	56,48 a	38,58 ab
A3	26,17 d	40,16 ab	51,19 ab	33,37 abc
B1	41,27 abc	40,09 ab	37,07 bcd	26,76 bc
B2	39,89 abc	37,61 b	31,33 d	31,19 abc
B3	47,46 ab	42,27 ab	32,30 cd	32,93 abc
C1	34,92 cd	39,30 ab	50,52 abc	33,64 abc
C2	33,62 cd	37,10 b	48,46 abcd	40,87 ab
C3	36,79 bcd	37,63 b	52,01 ab	33,06 abc
D1	33,34 cd	41,66 ab	50,71 abc	32,11 abc
D2	33,08 cd	45,47 ab	56,08 a	31,08 abc
D3	35,49 cd	42,41 ab	45,05 abcd	30,58 abc
Chirú	40,66 abc	43,90 ab	56,28 a	45,12 a
Uruguaiana	49,78 a	44,40 ab	47,77 abcd	31,71 abc
<i>flavescens</i>	38,64 abc	36,49 b	43,61 abcd	20,69 c
PROM	37,38	40,96	47,54	33,18

4.3 PARÁMETROS DE CALIDAD

4.3.1 Porcentaje de materia seca (% MS)

El análisis de varianza para porcentaje de materia seca (% MS) (Cuadro No.26) resultó significativo estadísticamente (p valor <0,05) para el genotipo, tiempo y para la interacción tiempo por genotipo. Por lo tanto existen diferencias significativas entre los genotipos para el porcentaje de MS, y la evolución de dicho porcentaje en el tiempo. Las diferencias estadísticas para la interacción genotipo por ambiente no resultaron significativas (p valor = 0,9432), esto determina que el análisis se realice para ambas localidades en forma conjunta.

Cuadro No.26: Análisis de varianza (ANAVA) para porcentaje de Materia Seca (% MS) en ambas localidades.

Fuente de Variación	Gl	Valor de F	p valor
Localidad	1	11,12	0,002
Bloque (Localidad)	4	2,75	0,037
Genotipo	14	5,02	<0,001
Localidad*Genotipo	14	0,46	0,943
Error a	56		
Tiempo	4	108,97	<0,001
Tiempo*Localidad	4	184,73	<0,001
Tiempo*Genotipo	56	1,45	0,030
Tiempo*Localidad*Genotipo	56	0,67	0,963
Error experimental	296		

La comparación de medias de Tukey se realizó para ambas localidades en forma conjunta pero analizando cada corte en forma individual (Cuadro No.27). Los cortes 3 y 5 fueron los que presentaron en el promedio de la colección porcentajes de materia seca significativamente mayores. Considerando los cinco cortes los valores se ubicaron entre 23,43% (ssp. *flavescens*, corte 1) y 34,11% (clon C1, corte 3). El test de comparación de medias no fue lo suficientemente exigente como para distinguir

diferencias dentro de cada corte. La excepción fue el corte 5 donde existieron diferencias estadísticas entre individuos de la colección. En el promedio de todos los cortes también se encontraron diferencias estadísticas significativas entre genotipos.

Cuadro No.27: Porcentaje de Materia Seca (% MS) por corte y promedio de todos los cortes en ambas localidades.

Genotipo	CORTE					PROM
	1	2	3	4	5	
A1	28,69 a	26,33 a	31,90 a	27,10 a	29,28 abc	28,66 ab
A2	27,76 a	28,26 a	32,33 a	26,55 a	30,54 abc	29,09 ab
A3	26,55 a	26,92 a	32,63 a	28,02 a	32,66 ab	29,35 ab
B1	25,59 a	25,84 a	31,42 a	27,24 a	31,24 abc	28,27 ab
B2	25,72 a	25,47 a	31,71 a	28,52 a	29,07 abc	28,10 ab
B3	24,79 a	24,27 a	31,45 a	28,26 a	28,96 abc	27,54 abc
C1	27,65 a	26,95 a	34,11 a	28,98 a	29,72 abc	29,48 a
C2	25,90 a	27,80 a	31,44 a	28,83 a	33,43 a	29,48 a
C3	27,69 a	25,83 a	31,30 a	28,57 a	31,22 abc	28,92 ab
D1	27,09 a	27,11 a	31,27 a	28,73 a	32,13 ab	29,26 ab
D2	26,20 a	26,58 a	31,31 a	27,83 a	31,49 abc	28,68 ab
D3	26,89 a	25,60 a	31,32 a	28,22 a	31,34 abc	28,67 ab
Chirú	28,77 a	27,43 a	31,84 a	26,84 a	30,62 abc	29,10 ab
Uruguaiana	27,81 a	24,47 a	29,38 a	25,84 a	27,63 bc	27,03 bc
<i>flavescens</i>	23,43 a	23,77 a	29,60 a	24,64 a	26,52 c	25,59 c
PROM	26,70 B	26,17 B	31,53 A	27,61 B	30,39 A	28,48

4.3.2 Porcentaje de proteína cruda (% PC)

El resultado del ANAVA para el porcentaje de proteína cruda (% PC) (Cuadro No.28) no resultó significativo (p valor <0,05) tanto para genotipo como para interacción genotipo por ambiente lo que determinó que el análisis se realizara para las dos localidades en conjunto. La existencia de diferencias significativas para la fuente de variación tiempo lleva a que el análisis se realice para el promedio por corte, como

forma de comparar los cortes entre sí y estudiar la evolución del porcentaje de proteína promedio de los genotipos.

Cuadro No.28: Análisis de varianza (ANAVA) para porcentaje de Proteína Cruda (% PC) en ambas localidades.

Fuente de Variación	Gl	Valor de F	p valor
Localidad	1	9,47	0,003
Bloque (Localidad)	4	10,17	<0,001
Genotipo	14	1,10	0,3789
Localidad*Genotipo	14	0,66	0,8038
Error a	56		
Tiempo	2	76,24	<0,0001
Tiempo*Localidad	2	66,70	<0,0001
Tiempo*Genotipo	28	1,64	0,0350
Tiempo*Localidad*Genotipo	28	1,49	0,0732

Si bien no se presentan los valores por corte y por genotipo debido a que el resultado del análisis de varianza no resultó significativo, el rango de valores para % PC estuvo entre 8,04% y 11,14%. Al comparar los promedios por corte entre sí existieron diferencias, donde el corte 4 presentó valores significativamente mayores de % proteína cruda a los restantes cortes (Cuadro No.29).

Cuadro No.29: Porcentaje de Proteína Cruda (% PC) promedio por corte en ambas localidades.

CORTE	2	3	4	
PROMEDIO	8,84 B	8,75 B	10,09 A	9,23

4.3.3 Porcentaje de fibra detergente neutro (% FDN)

El resultado del análisis de varianza para el porcentaje de Fibra Detergente Neutro (% FDN) (Cuadro No.30) resultó significativo estadísticamente (p valor <0,05) para genotipo. Por lo tanto existen diferencias significativas entre genotipos en cuanto al % FDN. Este análisis no resultó estadísticamente significativo para interacción genotipo por ambiente (localidad), debido a esto el análisis se realizó en forma conjunta para las dos localidades. La significancia para tiempo muestra que la evolución de dicho porcentaje varía entre cortes, por lo tanto el análisis se realizó para los cortes en forma individual como forma de estudiar dicha evolución.

Cuadro No.30: Análisis de varianza (ANAVA) para porcentaje de Fibra Detergente Neutro (% FDN) en ambas localidades.

Fuente de Variación	Gl	Valor de F	p valor
Localidad	1	32,08	<0,001
Bloque (Localidad)	4	13,07	<0,001
Genotipo	14	6,50	<0,001
Localidad * Genotipo	14	1,34	0,213
Error a	56		
Tiempo	2	19,76	<0,001
Tiempo * Localidad	2	107,23	<0,001
Tiempo * Genotipo	28	1,59	0,045
Tiempo*Localidad*Genotipo	28	1,50	0,071

El test de comparación de medias de Tukey para el promedio de todos los cortes en ambas localidades diferenció genotipos para el % FDN (Cuadro No.31). Los valores se encuentran entre 69,63% y 72,37%, con un promedio de 71,26%.

Cuadro No.31: Porcentaje de Fibra Detergente Neutro (% FDN) promedio para todos los cortes en ambas localidades.

Genotipo	CORTE			PROM
	2	3	4	
A1	70,53 a	69,31 b	69,05 b	69,63 c
A2	70,61 a	70,23 ab	69,97 ab	70,27 bc
A3	72,23 a	71,07 ab	71,93 ab	71,74 ab
B1	70,82 a	71,37 ab	70,74 ab	70,98 abc
B2	71,41 a	72,09 ab	70,16 ab	71,22 ab
B3	72,61 a	72,32 ab	70,00 ab	71,65 ab
C1	71,75 a	70,80 ab	69,40 ab	70,65 bc
C2	71,29 a	70,78 ab	69,10 b	70,39 bc
C3	71,84 a	71,19 ab	70,17 ab	71,07 abc
D1	72,95 a	72,14 ab	72,02 ab	72,37 a
D2	72,33 a	71,64 ab	71,37 ab	71,78 ab
D3	72,26 a	72,23 ab	72,26 a	72,25 a
Chirú	70,96 a	70,87 ab	71,09 ab	70,97 abc
Uruguaiana	71,24 a	72,72 a	70,96 ab	71,64 ab
<i>flavescens</i>	73,51 a	73,09 a	70,14 ab	72,25 a
PROM	71,76 A	71,46 AB	70,56 B	71,26

Como fue comentado anteriormente según los resultados del ANAVA era de esperar en los cortes diferencias entre genotipos. Si bien dichas diferencias existieron (Cuadro No.31) el Tukey no fue lo suficientemente exigente como para distinguir muchas diferencias. El corte 2 presentó valores entre 70,53% y 73,51%, el número 3 entre 69,31% y 73,09% y el corte número 4 presentó un rango entre 69,05% y 72,26%. En el promedio por corte el % FDN más bajo correspondió al corte 4 que se diferenció estadísticamente del corte 2, pero dicha diferencia no fue significativa en relación al corte 3.

4.3.4 Porcentaje de fibra detergente ácido (% FDA)

El resultado del ANAVA para el porcentaje de fibra detergente ácido (% FDA) (Cuadro No.32) resultó significativo (p valor <0,05) para genotipo. Por lo tanto existen diferencias significativas entre genotipos en cuanto al % FDA. Este análisis resultó estadísticamente significativo para el tiempo, pero no para la interacción genotipo tiempo. Debido a que el Tukey no fue lo suficientemente exigente para encontrar diferencias entre cortes, y a que la interacción genotipo por ambiente (localidad) no resultó estadísticamente significativa, se muestra el resultado del Tukey para ambas localidades en forma conjunta y el promedio por genotipo de todos los cortes (Cuadro No.33).

Cuadro No.32: Análisis de varianza (ANAVA) para porcentaje de Fibra Detergente Ácido (% FDA) en ambas localidades.

Fuente de Variación	Gl	Valor de F	p valor
Localidad	1	50,47	<0,001
Bloque (Localidad)	4	8,87	<0,001
Genotipo	14	3,31	<0,001
Localidad*Genotipo	14	1,08	0,395
Error a	56		
Tiempo	2	16,12	<0,001
Tiempo*Localidad	2	86,90	<0,001
Tiempo*Genotipo	28	1,04	0,420
Tiempo*Localidad*Genotipo	28	0,91	0,604

Cuadro No.33: Porcentaje de Fibra Detergente Ácido (% FDA) promedio para todos los cortes en ambas localidades.

Genotipo	% FDA
<i>flavescens</i>	43,19 a
C3	41,14 ab
B3	40,98 ab
D3	40,93 ab
B2	40,89 ab
A3	40,69 ab
C2	40,40 ab
C1	40,35 ab
Chirú	40,31 ab
Uruguaiana	40,10 b
D1	40,02 b
D2	39,87 b
A2	39,58 b
B1	39,28 b
A1	38,21 b
Promedio	40,40

En la comparación de medias de Tukey si bien existieron diferencias significativas estas no fueron de gran entidad. El rango se ubicó entre 38,21% y 43,19%, con un promedio de 40,40% (Cuadro No.33).

5. DISCUSIÓN

5.1 PRODUCCIÓN DE FORRAJE

5.1.1 Producción total de materia seca

Las especies C_4 tienen la capacidad de producir grandes volúmenes de materia seca incluso en ambiente pobres en nutrientes como nitrógeno. Esto en parte explica el bajo valor nutricional que se le asocia a estas forrajeras relacionada a la pérdida de calidad que presentan en cortos períodos de tiempo, debido a su rápido crecimiento y desarrollo así como por el efecto negativo de las altas de las temperaturas. Esto lleva a que las altas producciones de MS no siempre se traduzcan en incrementos de la producción animal. Los problemas de calidad pueden ser reducidos con un manejo adecuado de la pastura evitando la madurez por crecimiento y el excesivo número de tallos. Mantener un forraje en estado vegetativo o joven no es sencillo más aún si las condiciones climáticas son favorables, ya que las elevadas tasas de crecimiento dificultan mantener una carga suficiente de animales para mantener la pastura en dicho estado (Wilson y Minson 1980, Pérez 2005, Scheffer-Basso et al. 2007). Si bien el uso en el manejo del iaf al 95% como criterio para pastorear especies C_4 ha permitido cosechar un alimento de muy buena calidad (Da Silva y Nascimento, 2007).

Cuando analizamos las producciones totales de materia seca obtenidas en cada localidad, en Sayago once de los quince genotipos obtuvieron producciones por encima de las 10 toneladas de MS, de estos 8 estuvieron por encima del promedio ($10663 \text{ kg MS/ha}^{-1}$) (Cuadro No.11). En el CRS siete genotipos obtuvieron producciones por encima de las 10 toneladas y por lo tanto estuvieron todos por encima del promedio ($10019 \text{ kg MS/ha}^{-1}$) (Cuadro No.14). A la hora de comparar los resultados obtenidos con esta colección es importante considerar trabajos evaluados en un 2do año para la especie como forma de comparar iguales años de evaluación.

En nuestro país evaluaciones de la subespecie *dilatatum* biotipo común (si bien exactamente no se conoce su identidad genética) fueron llevadas a cabo por Millot (1969) donde obtuvo producciones entre 10 y 12,6 t MS.ha⁻¹ con un promedio de 11,4 t MS.ha⁻¹. Formoso y Allegri (1983) evaluaron los cultivares de la Estanzuela Caracé, Tabobá y Yasú con un rango de producción entre 6,8-8,6, 6,4-7,0 y 6,9-7,1 t MS.ha⁻¹ respectivamente. Mas, citado por Formoso (2003) evaluando diferentes dosis de nitrógeno obtuvo producciones entre 3 y 11 t MS.ha⁻¹. Las evaluaciones en el exterior son más numerosas. Useglio y von der Pahlen (1982) en el promedio de 17 líneas obtuvieron producciones entre 6,4 y 10,3 t MS.ha⁻¹. Villar (1984) en el promedio de 372 progenies obtuvo producciones entre 8,1 y 12,7 t MS.ha⁻¹ con un promedio de 11,4 t MS.ha⁻¹. Burson et al. (1991) obtuvieron producciones entre 11 y 13,9 t MS.ha⁻¹. Acosta y Deregibus (2001) lograron producciones entre 2,4 y 5,1 t MS.ha⁻¹, y Venuto et al. (2003) en el rango de 6,6 y 15,9 t MS.ha⁻¹.

Para los biotipos hexaploides en nuestro país se encontraron los trabajos de Benech (1975), Formoso y Allegri (1983), Álvarez (1985) que evaluaron el cultivar Estanzuela Chirú, en estos dos últimos trabajos se obtuvieron producciones en el rango entre 8,6-12,2 y 9,5-12 t MS.ha⁻¹ respectivamente. Trabajos realizados en el exterior con este mismo biotipo lograron producciones entre 10,3-18,2 t MS.ha⁻¹ (Burson et al., 1991) y 7,6-16,5 t MS.ha⁻¹ (Venuto et al., 2003). Otros biotipos hexaploides evaluados en su segundo año de vida han sido el biotipo Torres con producciones promedio de materia seca de 8,1 t MS.ha⁻¹ (Burson et al., 1991) y el biotipo Uruguaiana 4,5-5,7 t MS.ha⁻¹ (Venuto et al., 2003).

Evaluaciones con los biotipos sexuales como la subespecie *flavescens* no son abundantes, en nuestro país se han llevado a cabo dos evaluaciones (Millot 1969, Benech 1975). Millot (1969) obtuvo producciones entre 9 y 11 t MS.ha⁻¹ con un promedio de 9,8 t MS.ha⁻¹ en el segundo año de vida. Para el biotipo sexual Virasoro (que no ha sido evaluado en nuestra colección) en Brasil Baréa et al. (2007) lograron producciones entre 6,2 y 7,2 t MS.ha⁻¹. Si bien todos estos antecedentes se han

desarrollado bajo diferentes condiciones ambientales y de manejos se observa en forma clara que los valores logrados en nuestro trabajo son similares a los obtenidos por otros autores, a pesar que la evaluación se llevó a cabo en parcelas pequeñas en las cuales se evaluaban cuatro plantas por genotipo.

A pesar de que las producciones de materia seca total de cada genotipo fueron similares entre localidades existieron diferencias en el orden de los mismos. Como forma de analizar las posibles causas de dichas interacción genotipo x ambiente es importante observar la distribución estacional de la producción.

5.1.2 Estacionalidad

5.1.2.1 Curvas y tasas de crecimiento

A pesar de la variabilidad encontrada en la colección para las curvas de producción se puede considerar que la especie siempre presenta su máximo pico de producción entre mediados y fines de primavera (diciembre). En la localidad de Sayago las curvas de producción muestran dos picos para casi todos los genotipos, el primaveral y otro hacia fines del verano. En el CRS luego del pico de producción primaveral característico, muchos individuos mantienen una muy buena producción estival donde la caída de la curva no es tan pronunciada.

Como forma de comparar las producciones de materia seca de los genotipos de la colección en cada corte, expresarlas como tasas de crecimiento (kg MS/ha día^{-1}) nos permite poder contrastar con valores obtenidos por otros autores. Para las localidades de Sayago y CRS respectivamente las tasas promedio para todos los genotipos fueron de 88 y 81 kg MS/ha día^{-1} para el corte 2, 31 y 59 kg MS/ha día^{-1} en el corte 3 y finalmente en el corte 4 de 55 y 41 kg MS/ha día^{-1} . Millot (1969) obtuvo para el promedio de varios ecotipos tasas de crecimiento promedio equivalentes (aproximadamente) a los cortes 2, 3 y 4 de nuestro trabajo de 65, 28 y 34 kg MS/ha día^{-1} .

En nuestra colección las máximas tasas registradas en forma individual por genotipo tuvieron lugar en el corte de finales de primavera (corte 2) superando los 100 kg MS/ha día⁻¹. Resalta el clon C2 en ambas localidades, cuya tasa de crecimiento promedio para el período en el CRS fue de 122 kg MS/ha día⁻¹. Formoso y Allegri (1983) evaluando las producciones mensuales de los cultivares de la Estanzuela en su segundo año de vida encontraron que el momento en que tenían lugar las máximas tasas de crecimiento variaban según el suelo en el que se evaluaban. En suelos arenosos todos los cultivares presentaron sus máximas tasas de crecimiento en el mes de febrero resaltando los cvs. Estanzuela Chirú y Caracé con tasas de crecimiento de 124 y 107 kg MS ha/día⁻¹ respectivamente. En cambio en suelo arcilloso (Planosol) el pico de producción tuvo lugar en el mes de diciembre para todos los cultivares resaltando los mismos dos, con producciones de 141,8 y 130,1 kg MS ha/día⁻¹ respectivamente. Por lo tanto encontraron una gran interacción suelo por cultivar. Álvarez (1985) encontró que la mayor producción de materia seca en el biotipo Chirú tuvo lugar en el verano en el mes de febrero.

Cicardini et al. (1984) en el primer año de vida de los ecotipos evaluados por él encontró variabilidad en los momentos en que aporta materia seca, obteniendo tasas de crecimiento máximas para todos los ecotipos a inicios de febrero con un rango entre 80-120 kg MS/ha día⁻¹. Estos datos son los máximos en todo el período a diferencia de los datos nuestros que son promedios por corte, esto quiere decir que posiblemente haya clones en nuestra colección que lograron aún mayores producciones. Estas diferencias tanto en las máximas tasas de producción como en los momentos que estas tienen lugar puede deberse a que nuestra evaluación corresponde al segundo año de vida, en cambio la evaluación mencionada anteriormente corresponde al primer año de vida. Por lo tanto el aporte que realiza la especie puede variar con la edad plantas. Villar (1984) concluyó que en el 2do año de vida produce en la primavera (set-nov) un 35%, verano (diciembre-febrero) 42% y en otoño (marzo-mayo) un 23% del total. Baréa et al. (2007) trabajando

con el biotipo sexual “Virasoro” obtuvo la máxima producción entre diciembre y febrero (según frecuencia de pastoreo) con un total del 65-66% del total producido.

En la colección es posible observar como los genotipos se comportan en forma diferente sobre cuando tienden a presentar sus mayores producciones. En términos generales se podrían clasificar como más primaverales o más estivales. Dentro de los primeros encontramos los grupos B y C y el biotipo sexual *flavescens*. Los estivales corresponderían a los grupos A y D, y los clones Uruguiana y Chirú. Mediante el uso del índice de estivalidad propuesto por Millot (1969) podemos estudiar y clasificar la colección según la estacionalidad de los clones y biotipos que la integran.

5.1.2.2 Índice de estivalidad

A pesar de que existió interacción genotipo por ambiente para la variable índice de estivalidad (IE), ciertos genotipos se ubicaron en forma similar en la comparación de medias (Cuadro No.19). Se destaca el biotipo tetraploide *flavescens* (anteras amarillas) por su bajo IE contrario a los biotipos hexaploides por sus IE altos. Millot (1969) evaluó varios materiales del biotipo sexual y los clasificó como de producción primaveral (Cuadro No.5). Este autor encontró valores de IE para este biotipo entre 0,31-0,42 y por lo tanto inferiores a los hallados en nuestro trabajo (0,66-0,79). Además de las diferencias climática entre 1964-65 en relación a nuestro período de evaluación (2011-2012) estas diferencias pueden deberse a la variabilidad genética que contiene el biotipo sexual para ciclo de crecimiento.

A nivel de los pentaploides en nuestra evaluación se encontraron diferencias significativas, demostrando la variabilidad existente en la colección. Los valores de IE hallados en la localidad de Sayago estuvieron entre 0,66-1,07 y en el CRS entre 0,74-1,48, con un promedio general incluyendo ambas localidades de 0,95 (Cuadro No.19). El rango encontrado por Millot (1969) estuvo entre 0,31 y 1,25 con un promedio general de 0,71 (Cuadro No.5). El amplio rango encontrado en el índice de estivalidad para los clones evaluados muestra en forma clara la eficiencia del muestreo mediante el uso de

marcadores moleculares, más aún si consideramos que en nuestra evaluación con 12 clones encontramos rangos similares a Millot (1969) con 113 ecotipos evaluados.

Al igual que lo ocurrido con los biotipos tetraploides y hexaploides, a nivel de pentaploides ciertos clones se destacaron porque independientemente de la localidad se situaron en similar ubicación (a veces también similar valor de IE) en la comparación de medias (Cuadro No.19). Estos fueron los clones B2, C1, C2 y D1 con IE bajos y lo contrario con el clon D3 y A3 con un IE alto. Otros clones se caracterizaron porque dependiendo de la localidad que se considere presentaron grandes cambios en la ubicación de la comparación de medias para el IE, como por ejemplo los clones A1, A2 y el D2 entre otros. Obviamente estos grandes cambios en la ubicación van acompañados de cambios muy relevantes en el IE. Por lo tanto las diferencias en producción total de materia seca de los genotipos estuvieron afectadas por la estacionalidad o diferencias entre localidades, que determinan la existencia de interacción genotipo por ambiente.

Estas diferencias en estacionalidad (y por lo tanto las formas de las curvas de producción) quedan manifiestas principalmente en las diferencias de producción entre las localidades para el corte 3 en el verano (Cuadro No.11 y Cuadro No.14). El motivo principal puede atribuirse a las diferencias de precipitaciones (Figura No.3). Estas afectando las tasas de crecimiento principalmente de aquellos clones que aportan gran parte de su MS en esta época. Posiblemente también hay otras variables ambientales que afectaron en diferente medida dichas diferencias por ejemplo características del suelo (profundidad, fertilidad, etc.). Esto también queda de manifiesto cuando comparamos los resultados de la medias entre localidades para índice de estivalidad (Cuadro No.19), donde se encontraron mayores diferencias entre genotipos en la localidad del CRS.

Podemos concluir que el índice de estivalidad por sí solo no permite decir que un clon produce mucho en una estación. Al ser un cociente el valor está influenciado por la baja o alta producción en cualquiera de las dos estaciones. En otras palabras un

genotipo de alto índice puede tener una producción alta en verano o baja en primavera. Lo que es claro es que posible seleccionar a través del IE y que a la vez sean plantas que produzcan en los momentos deseados. También es posible escoger plantas altamente productivas con diferentes grados de estabilidad o menos productivas pero más plásticas o estables ante cambios en el ambiente. Todo esto gracias a la variabilidad de la colección.

5.2 HOJOSIDAD DE LOS MATERIALES Y SU EVOLUCIÓN EN EL TIEMPO

Las especies C_4 en general presentan altas tasas de crecimiento que repercuten positivamente en la capacidad de producir materia seca y en el crecimiento vigoroso luego del pastoreo. Sin embargo este crecimiento va acompañado de una continua diferenciación y elongación de tallos de rápido desarrollo (tienden a encañar rápidamente) y producción de semillas desde temprano con alta frecuencia en el tiempo que lleva a reducir su valor nutritivo. También se caracterizan por presentar bajas relaciones láminas: tallos en relaciones a especies de origen templado (Skerman y Riveros 1992, Galli 1997, Carámbula 2007). En estas especies cosechar un forraje con alto porcentaje de hojas es de significativa importancia como forma mejorar la calidad de la dieta. Las láminas cumplen la función de síntesis y asimilación de carbohidratos, esto determina que presenten mayor contenido de nitrógeno, mayor digestibilidad y por lo tanto es la fracción más consumida por parte de los animales. La madurez de la pastura es el principal factor que influye en la calidad del forraje, y el efecto del ambiente (agua, temperatura, entre otros) es de gran importancia por su influencia sobre el crecimiento y desarrollo de la planta. Ante niveles moderados de stress hídrico las plantas retrasan la maduración y provoca que la calidad del forraje se mantenga en mayores niveles. En cambio ante incrementos de la temperatura la digestibilidad de las láminas recién expandidas completamente se reduce. A medida que avanza el crecimiento y desarrollo de las plantas el descenso de la digestibilidad de las láminas es cada vez más pronunciado, esto sumado al aumento del porcentaje de tallos con la edad (disminución relación hoja: tallo) y a la preferencia animal por hojas jóvenes determina

la importancia del manejo que permita la cosecha de forraje de calidad (Wilson et al. 1976, Wilson y Minson 1980, Akin 1989, Buxton 1996, Buxton y Redfearn 1997).

Álvarez (1985) evaluando *Paspalum dilatatum* destacó la importancia del manejo sobre la calidad de la dieta asociado al porcentaje de láminas. Este encontró una relación inversa entre calidad y cantidad de forraje acumulado asociado a un manejo con menores frecuencias de corte, el cual relacionó a la disminución de la relación hoja: tallo como consecuencia del aumento de los períodos de crecimiento. Minson (1972) para la misma especie encontró una relación lineal entre el porcentaje de láminas y la digestibilidad. A medida que el porcentaje de láminas descendía con el tiempo (de 39% a 14%) la digestibilidad de la materia seca disminuía del 56,7% al 42,5%, mientras la digestibilidad de la materia orgánica lo hacía de 59,5% a 43,9%. Por lo tanto podemos concluir la gran relevancia que tiene la presencia de variabilidad para el porcentaje de láminas, por la importancia de dicha fracción en el comportamiento animal bajo pastoreo y sobretodo en la calidad de la dieta.

La comparación del porcentaje de láminas o la relación hoja: tallo de los genotipos evaluados en nuestro trabajo en relación a datos obtenidos por diferentes autores no son estrictamente comparables debido a las diferencias en las condiciones de evaluación (edad de las pasturas, manejos, climáticas, etc.). En nuestra evaluación no existió interacción genotipo por ambiente cuando se consideran todas las localidades y fechas en conjunto (Cuadro No.20). Muestra de alguna forma la “estabilidad en el ranking” de los genotipos para la variable porcentaje de láminas ante cambios en el ambiente, y la posibilidad de seleccionar materiales que se comporten de mejor forma en general en todos los ambientes. Por lo tanto el estudio de esta fracción tiene como objetivo determinar la existencia de variabilidad a nivel de la colección, que nos permitiría poder seleccionar individuos que se destaquen tanto sea por presentar en el promedio de su ciclo mayor porcentaje de láminas o que se destaquen en determinados momentos.

5.2.1 Comportamiento a nivel de genotipo para la variable % de láminas

Considerando los cuatro cortes para ambas localidades en conjunto el rango de valores estuvo entre 31,19% (clon A3, corte 4) y 74,37% (Chirú, corte 1) (Cuadro No.23). Para el promedio de todos los cortes se destacaron por sus mayores porcentajes de láminas los clones Chirú y A1 que presentaron más de un 50%. Baréa et al. (2007) con el biotipo Virasoro para dos frecuencias de corte (30 y 45 días) encontraron en el promedio de tres cortes valores de 48,23% y 43,53% de láminas respectivamente. Scheffer-Basso et al. (2007) trabajando bajo un manejo frecuente e intenso con el biotipo Virasoro determinó que esto no evitara que floreciera. A nivel del promedio por corte los valores extremos se encontraron entre 59,74% (corte 1) y 38,55% (corte 4). Dichos valores posiblemente estuvieron afectados por el estado fisiológico (vegetativo y reproductivo respectivamente) en que se encontraban la mayoría de las plantas.

Si bien como fue mencionado anteriormente cuando se consideran todas las localidades y fechas en conjunto no existió interacción genotipo por ambiente, a nivel de cortes individuales si existió en los cortes 2 y 3 (Cuadro No.21 y Cuadro No.22). Principalmente en este último donde las diferencias en precipitaciones (Figura No.3) afectaron las tasas de crecimiento como se observó en la producción de materia seca (Cuadros No.11 y No.14). Comparando los individuos entre localidades para el corte 3 (Cuadro No.25) en Sayago (situación con menores precipitaciones) casi todos los genotipos presentaron porcentajes de láminas mayores, es decir las plantas presentaron un estado más vegetativo con porcentajes de láminas que en muchos casos superaron el 50%. Deregibus y Trlica (1990) trabajando con *Paspalum dilatatum* resaltaron que en primaveras húmedas la floración era abundante sin embargo años menos favorables observaron una inhibición del proceso evidenciando una estrategia oportunista en cuanto al esfuerzo reproductivo. Por lo tanto los resultados fueron coherentes con lo ya mencionado sobre que ante niveles moderados de stress hídrico las plantas retrasan la maduración, en cambio en una situación con excesos de precipitaciones (como sucedió

en el CRS) las plantas tendieron a producir más materia seca y un mayor porcentaje de tallos y panojas.

5.2.2 Evolución del porcentaje de láminas

Si bien a nivel de genotipo existió variabilidad en el comportamiento de las curvas de porcentaje de láminas, a nivel de colección es posible identificar ciertas generalidades (Cuadro No.23, Figura No.6). En forma clara en el primer corte todos los genotipos presentan el mayor porcentaje de láminas. Luego hay una caída de las curvas hacia el segundo corte, y hacia el tercero varió según localidad. En este último se destaca el grupo B y la subespecie *flavescens* que están por debajo, con un cambio marcado y significativo hacia el cuarto corte donde sus porcentajes de láminas ascienden notoriamente. El último corte (corte 5) correspondiente a mediados de otoño no se analizó, pero se destacó por presentar plantas en estado muy vegetativo incluso con clones que no presentaban prácticamente ninguna panoja. Baréa et al. (2007) trabajando con el biotipo Virasoro para dos frecuencias de corte (30 y 45 días) obtuvo en primavera 32% y 28% de láminas, en verano 24,8% y 23,2% y en otoño 87,9% y 79,4%. Si bien estos resultados no son estrictamente comparables estos concuerdan con los nuestros en cuanto a los momentos en que las plantas tienden a presentar mayores porcentajes de hojas. Si bien en nuestro trabajo queda en evidencia la gran variabilidad en los porcentajes de láminas y como varían estos en el tiempo según el genotipo considerado.

5.2.3 Porcentajes de láminas a nivel de grupos genéticos

Considerando el porcentaje de láminas promedio de los cuatro cortes para ambas localidades (Cuadro No.24) el grupo genético A con 47,21% de láminas se diferenció estadísticamente de los restantes grupos por su mayor porcentaje. En el “medio” el grupo C con 44,97% y el D con 43,31% no fueron diferentes estadísticamente entre ellos. El grupo B con 39,56% fue estadísticamente el de menor porcentaje. El hexaploide Uruguaiana con 45,66% no se diferenció estadísticamente del grupo A (47,21%) y C (44,97%), con un porcentaje intermedio entre ambos grupos.

Estos dos grupos presentan mayor porcentaje que la subespecie *flavescens* con 43,40% pero solo el primero se diferenció estadísticamente. Chirú con 52,60% fue el de mayor % de hojas, significativamente mayor al grupo A (47,21%). Es interesante observar que cuando comparamos un grupo estamos comparando un promedio de tres clones en este caso contra un clon hexaploide o el biotipo *flavescens*. Este hecho determina que dentro de un grupo genético hay niveles importantes de variabilidad con clones con muy buenas producciones de láminas y otros de peor comportamiento, y por ende no se ven reflejados esos valores en el promedio al momento de comparar contra un solo genotipo. Podemos concluir que el grupo genético A junto al Chirú fueron los que presentaron los mayores porcentajes de láminas, resultados coherentes con el esquema propuesto por Speranza (2009) (Cuadro No.3) sobre que este grupo presenta un parentesco con el biotipo Chirú.

5.3 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL FORRAJE

Los valores obtenidos para los genotipos evaluados de nuestra colección son simplemente datos obtenidos bajo un determinado manejo y condiciones climáticas, y por ende no son estrictamente comparables con los resultados obtenidos por otros autores.

5.3.1 Porcentaje de materia seca (% MS)

El resultado económico de la ganadería en nuestro país está fuertemente determinado por la producción de carne, y esta está particularmente limitada por la productividad lograda en el otoño que en general es baja incluso con cargas bajas de animales. Desde el punto de vista nutricional esta baja performance está afectada por la alta importancia de la alimentación con verdeos en esta estación, que al igual que las pasturas mezclas de leguminosas y gramíneas C₃ muestra bajos niveles de materia seca (baja nivel de fibra efectiva = elevado porcentaje de agua puede limitar el consumo) y altos contenidos de nitrógeno en rumen (desbalance relación energía/proteína) que lleva a aumentar los costos energéticos de mantenimiento de los animales (Simeone et al., 2008). Trabajos que han evaluado el porcentaje de materia seca de forrajes en otoño han

encontrado valores para verdeos como avenales en el rango entre 14% y 23%, y para praderas permanentes de 18% a 27% (Molitero, 1997), donde los valores menores del rango son más característicos hacia inicios a mediados de la estación. El uso de gramíneas que aporten un forraje con mayor porcentaje de materia seca y energía podrían ayudar a mejorar el uso de los nutrientes y por lo tanto a aumentar la ganancia diaria de los animales.

Considerando todos los cortes en forma separada el rango de valores encontrado estuvo entre 23,43% (ssp. *flavescens* corte 1) y 34,11% (C1 corte 3) (Cuadro No.27). En el promedio de los cinco cortes para cada genotipo individual los valores estuvieron entre 25,59% y 29,48%, con un promedio general de 28,48%. A pesar de que solo existieron diferencias estadísticas entre genotipos en el corte 5, en general en todos los cortes la subespecie *flavescens* presentó los menores porcentajes de materia seca. El biotipo Uruguaiana en general luego del genotipo *flavescens* fue de los de menor porcentaje de materia seca de la colección. A nivel del promedio por fecha los cortes 3 y 5 con 31,53% y 30,39% de materia seca respectivamente, fueron los que presentaron los mayores porcentajes y se diferenciaron estadísticamente de los cortes 1, 2 y 4, estos últimos no se diferenciaron entre sí.

Gaggiotti et al. (1996) evaluó *Paspalum dilatatum* en estado vegetativo donde encontró valores de % MS desde mínimos de 18% y 19% y máximos de 25% y 26%, con promedios de 21% y 23,4% para primavera y otoño respectivamente. En el verano con plantas en estado reproductivo los valores hallados estuvieron en el rango desde mínimos de 21% y máximos de 50%, con medias de 26,1%. Cian et al. (2003) encontró para el promedio de 3 cortes, con diferentes dosis de NP en el primer año de un *Paspalum*, valores de 26,98% y 33,56% de MS con 40 unidades de nitrógeno y 0 unidades de nitrógeno respectivamente, por lo tanto a bajo dosis de fertilizante menores porcentajes de MS.

Los valores registrados en nuestro trabajo estuvieron dentro del rango de resultados obtenidos por otros autores, y las diferencias pueden estar explicadas por los diferentes manejos de los ensayos, materiales evaluados y diferencias en el ambiente. Los mayores porcentajes de materia seca en la última fecha de corte incluso con plantas que se encontraban prácticamente en su totalidad en estado vegetativo, muestran la capacidad de esta especie en aportar mayor porcentaje de materia seca en el otoño cuando las especies que normalmente se usan en nuestro país presentan altos contenidos de agua y por lo tanto puede ser una alternativa para solucionar esta problemática.

5.3.2 Porcentajes de proteína cruda (% PC) y su evolución en el tiempo

El análisis de varianza para porcentaje de proteína cruda no resultó estadísticamente significativo para genotipo e interacción genotipo por ambiente, en cambio sí lo fue para tiempo. En la comparación de medias de los promedios por corte se encontraron diferencias estadísticas (Cuadro No.29). El corte de finales de verano-inicios de otoño (4) con 10,09% PC fue el que presentó (en forma estadísticamente significativa) el mayor porcentaje de proteína, seguido por el corte de finales de primavera (2) con 8,84% y el de verano (3) con 8,75% (estos dos últimos no se diferenciaron entre sí). En el resumen de trabajos considerando diferentes manejos, frecuencias de corte así como clones evaluados y épocas del año en que fueron estimados dichos parámetros de calidad el rango de valores estuvo entre 6,22% y 24,5% (Cuadro No.6). Seleccionando aquellos trabajos con mayores similitudes al nuestro el porcentaje promedio de proteína cruda estuvo en el rango del 11% y 12% (Minson 1972, Gerard 1981, Villar 1984, Maddaloni y Josifovich 1989, Stockdale 1999, Acosta y Deregibus 2001, Venuto et al. 2003, Baréa et al. 2007).

Como fue mencionado anteriormente en la gran mayoría de los trabajos que evaluaron este parámetro encontraron en otoño los mayores porcentajes de proteína. Si relacionamos el porcentaje de láminas (fracción asociada a mayores % PC) con el % PC en nuestro trabajo no se encontró una correlación clara. En otras palabras el corte de

finales de primavera (corte 2) presentó similares % láminas que el corte de otoño (corte 4), si bien este último presentó % PC significativamente mayores. Uno de los factores que posiblemente esté afectando la disminución en el porcentaje de proteína en el corte 2 pueden ser las mayores temperaturas. Van Soest (1994) menciona que ante el aumento de la temperatura la actividad metabólica se incrementa con aumento de las tasas de crecimiento (corte 2 presentó las mayores producciones de kg MS) (Cuadros No.11 y Cuadro No.14). Esto lleva a que los nitratos, proteínas y carbohidratos solubles del pool del contenido celular de las plantas se metabolicen, reduciendo su contenido en planta.

5.3.3 Porcentaje de fibra detergente neutro (% FDN)

El análisis de varianza para porcentaje de Fibra Detergente Neutro (% FDN) no resultó estadísticamente significativo para interacción genotipo ambiente, en cambio sí lo fue para genotipo y tiempo (Cuadro No.30). A nivel de genotipo para esta fracción se encontraron diferencias significativas para genotipo dentro y entre fechas de corte, y también en el promedio de todos los cortes. Considerando los tres cortes evaluados para ambas localidades (Cuadro No.31) el rango de valores se encontró entre 69,05% (clon A1, corte 4) y 73,51% (ssp. *flavescens*, corte 2). Los valores de % FDN hallados por diferentes autores (Cuadro No.6) presentan un rango entre 52,1% y 71,8% (Russo et al. 1981, Quaglioti y Ríos 1988, Stockdale 1999, Venuto et al. 2003, Baréa et al. 2007). Los porcentajes de FDN por genotipo para el promedio de los tres cortes evaluados estuvieron entre 69,63% y 72,37%, con un promedio de 71,26%. Siete individuos se encuentran por encima del promedio. En los extremos encontramos tres genotipos con los porcentajes más altos (D1, D3 y el *flavescens*) superiores al 72%, que se diferencian estadísticamente con el clon A1 que presenta el valor más bajo.

Hay tres puntos a resaltar. Uno es que siempre el clon A1 es el que presenta los menores porcentajes de FDN con valores en general inferiores al 70%. Otro punto a remarcar es que la gran mayoría de los clones con mayor porcentaje de láminas en el promedio de todas las fechas evaluadas (Chirú, A1, A2 y C2) (Cuadro No.23), también

presentaron los menores % FDN promedio de todos los cortes. Por último otro punto a destacar es que siempre todos los clones pertenecientes al grupo genético D (variantes mutacionales del clon dominante) estuvieron por encima del promedio, y como se observa para el promedio de todos los cortes se ubicaron entre los de mayor % FDN (Cuadro No.31).

Cuando analizamos los cortes en forma individual (Cuadro No.31) el corte 2 de finales de primavera con 71,76% de FDN es el que presenta los valores más altos, si bien no se diferenció estadísticamente del corte 3 (verano) pero si se diferenció del corte 4 (otoño). En la fracción fibra (similar a lo ocurrido para el % PC) la temperatura y el aumento de la luz disponible determinan que los glúcidos se metabolizan fijándose a estructuras de las plantas y que aumenten los componentes de la pared (esto asociado al aumento de la tasa de crecimiento). Todo esto lleva a la disminución de la energía de los glúcidos, aumento en la madurez (aumento lignificación) y por lo tanto determina que empeore la calidad del forraje (Van Soest, 1994). Este puede ser el motivo del aumento y las diferencias entre cortes en el % FDN, quedando esto claramente asociado a que en el corte 2 se obtuvieron las mayores producciones de materia seca de todo el período (Cuadro No.11 y Cuadro No.14).

En nuestra evaluación y con cierta similitud a los resultados obtenidos por otros autores especialmente aquellos obtenidos por Venuto et al. (2003), en el % FDN es donde parece existir en la mayor parte de los trabajos mayores diferencias entre individuos. Por lo tanto posiblemente puede ser un objetivo de mejoramiento, a pesar que en especies C_4 ha sido muy discutido el uso de este parámetro por ejemplo como estimador del consumo (a diferencia de especies templadas), al no poderse apreciar una correlación significativa principalmente debido a que esta entidad presenta un rango muy estrecho (entre 65 y 85%) en especies C_4 (Reid et al. 1988, Van Soest 1994). Podemos concluir que los valores obtenidos estuvieron dentro del rango de otros autores, y parecen estar asociados a componentes morfológicos como el porcentaje de láminas en coherencia a que esta fracción posee menores porcentajes de FDN (Buxton et al., 1995).

5.3.4 Porcentaje de fibra detergente ácido (% FDA)

El % FDA está negativamente correlacionado con la digestibilidad y la disponibilidad de energía del forraje (Galli 1997, Mieres 2004). El análisis de varianza para la interacción genotipo ambiente no fue significativo. En cambio sí lo fue (al igual que en la comparación de medias) para genotipo, si bien estas diferencias no fueron de gran entidad (Cuadro No.33). En los extremos encontramos con el mayor valor al biotipo *flavescens* (43,19%) que se diferenció en forma estadísticamente significativa con el clon de menor porcentaje de FDA que fue el A1 (38,21%). Los valores de % FDA hallados por diferentes autores (Cuadro No.6) presentan un rango entre 35,2 y 46,8% (Russo et al. 1981, Ayala Torales et al. 2000, Acosta y Deregibus 2001, Baréa et al. 2007).

Es interesante observar como una generalidad que aquellos genotipos con menor porcentaje de FDN presentaron los valores más bajos de FDA, por ejemplo los clones del grupo A A1 y A2. Dentro de un determinado alimento las concentraciones de FDN y FDA están altamente correlacionadas (NRC, 2001). Por lo tanto la asociación entre ambas entidades es clara. Similar a lo que sucedió para la entidad % FDN y la influencia del ambiente sobre la misma, es lo que posiblemente ocurrió con en el parámetro % FDA. Wilson et al. (1976) encontró que el aumento en la temperatura provocó un aumento en el contenido de pared celular (CPC), y una disminución en la digestibilidad de la materia seca (DMS). Este asoció dicho descenso de la digestibilidad a cambios físicos o químicos (lignificación entre otros) en los componentes de la pared y no al contenido de pared celular en sí mismo. El aumento de la madurez asociado a plantas con mayor porcentaje de tallos, lleva a la disminución de la energía de los glúcidos, aumento del % de FDA, y por lo tanto determina que empeore la calidad del forraje (Van Soest, 1994). Por lo tanto podemos concluir que los valores obtenidos en nuestro trabajo están en el rango de los conseguidos por otros autores.

5.3.5 Efecto del manejo realizado sobre los parámetros de calidad evaluados

A nivel de campo en nuestro trabajo se observó que los cortes a la frecuencia prefijada (aproximadamente 42 días) para todas las localidades y en forma independiente a la estación, se llevaron a cabo con plantas en estado en floración avanzada. Por lo tanto el manejo impuesto en cierta forma priorizó la producción de materia seca en detrimento de la calidad. Si consideramos la intensidad impuesta (cortes a 5 cm) posiblemente estemos frente a una intensidad alta es decir con remanentes muy bajos luego del corte. Esto determina la cosecha de estratos con altos porcentajes de tallos y por ende de menor calidad. Conocer las características nutritivas de las fracciones no da una idea del límite que tienen los animales al seleccionar una dieta. Los animales pueden seleccionar una dieta que sea significativamente mayor en proteína, menor en FDN debido a sus diferencias en concentración en tallo y láminas. Por lo tanto la relación entre las fracciones, y la intensidad fijada como objetivo en el manejo del pastoreo determinarán en gran medida el grado de selección que los animales podrán realizar (Stockdale, 1999).

Esto muestra la importancia que al momento de fijar las pautas de manejo tiene considerar en conjunto frecuencias, intensidades y momentos de corte adecuadas, y mediante las cuales posiblemente se podrá cosechar un forraje de mayor calidad. El uso del IAF crítico en especies C_4 como criterio para pastorear es posible de ser usado debido a que está altamente correlacionado a la altura luego del rebrote de forma independiente a la época del año y además permite manejar las pasturas de forma correcta, obteniendo una buena producción en cantidad y calidad (mayor cantidad de láminas y menor de material muerto) y por lo tanto mejorando su valor nutritivo como alimento (Da Silva y Nascimento, 2007). La dificultad de llevar a la práctica mediciones de la evolución de la intercepción de luz para cada material en una evaluación agronómica primaria que consta de varios genotipos bajo estudio, llevó a prefijar las frecuencias de corte.

A pesar de esto los valores obtenidos en nuestra evaluación para todas las entidades químicas se encuentran en el rango de los obtenidos por otros autores en *Paspalum dilatatum*. Estos han obtenido cambios en los porcentajes de las fracciones asociados a diferentes frecuencias e intensidades de defoliación, que se reflejan en la composición química del forraje cosechado. Por ejemplo la misma tendencia entre el porcentaje de proteína con el porcentaje de láminas, así como también la producción de MS se asocia a dichas entidades químicas donde intervalos de corte menos frecuentes afectaron negativamente la calidad asociado con un aumento de la madurez (aumento de la fibra) y a una mayor contribución del % de tallos (Cicardini et al. 1984, Ayala Torales et al. 2000, Baréa et al. 2007). Como conclusión los resultados obtenidos se encontraron dentro de lo esperado, con rangos de variabilidad considerables en los parámetros de calidad de mayor importancia y que posiblemente sean aún mayores bajo manejos correctos es decir aquellos que permitan maximizar la cosecha de forraje en cantidad de calidad con el objetivo de aumentar la eficiencia en sistemas de pastoreo con especies C₄.

6. CONCLUSIONES

En esta evaluación agronómica primaria para la colección de *Paspalum dilatatum* podemos destacar:

1. La similitud de los valores obtenidos y la estacionalidad en los parámetros de calidad (mejores valores se observan hacia el otoño) con los resultados conseguidos por otros autores, muestran que la evaluación realizada en este trabajo en parcelas pequeñas es comparable a la realizada por otros autores en diferentes condiciones.
2. Los genotipos presentaron una gran estabilidad ante cambios en el ambiente en el porcentaje de láminas y en los parámetros de calidad forrajera. Las diferencias en las respuestas en producción de materia seca y su estacionalidad entre localidades de cada genotipo estuvieron principalmente asociadas a la ocurrencia de precipitaciones en el período estival.
3. El nivel de variabilidad encontrado en todas las características evaluadas dentro y entre grupos genéticos es comparable al encontrado en colecciones de mucho mayor tamaño. Esto pone en evidencia la eficiencia del muestreo mediante el uso de marcadores moleculares.
4. Dentro de los parámetros usados para estimar la calidad, las mayores diferencias se encontraron en el % FDN el cual está relacionado con el porcentaje de láminas. Debido a que se trata de un factor muy afectado por las frecuencias de cortes, indica que debe ajustarse el manejo del pastoreo para optimizar la calidad del alimento en esta especie.
5. La identificación de clones que se destacan en productividad, estacionalidad, porcentaje de láminas y/o en calidad, indican que esta colección contiene materiales con potencial para ser evaluados agronómicamente a mayor escala con el objetivo de su liberación como cultivares.

7. RESUMEN

El problema forrajero nacional está relacionado a la gran variabilidad en las condiciones climáticas. Este hecho determina que la producción de forraje en el período verano-otoño de los mejoramientos con especies de origen templado sea altamente influenciada por el clima y muestre una extrema variabilidad entre años. Una contribución a solucionar este problema se podría lograr a través del uso de especies C₄. Estas se caracterizan por usar con mayor eficiencia el nitrógeno y el agua, y por tanto se adaptarían de mejor forma a los suelos de baja fertilidad y susceptibles a la sequía. Estas características se encuentran en varias especies de gramíneas nativas. *Paspalum dilatatum* conocida como “pasto miel” es una especie nativa, de metabolismo C₄, perenne de ciclo estival y tipo productivo fino. Esta especie se reproduce por apomixis y la Facultad de Agronomía cuenta con una colección que incluye varios clones caracterizados con marcadores moleculares. Se han realizado caracterizaciones morfológicas y morfofisiológicas de esta colección mostrando la existencia de niveles significativos de variabilidad que se distribuyen en forma congruente con los agrupamientos realizados con marcadores moleculares. La siguiente etapa en la evaluación de la colección corresponde a la evaluación agronómica primaria. El objetivo de este trabajo fue evaluar la variabilidad de una muestra representativa de la colección de *Paspalum dilatatum* en características agronómicas. Se realizaron 5 cortes y se evaluó producción total de forraje, estacionalidad (índice de estivalidad), relación lámina/tallos y en parámetros de calidad forrajera. Esta evaluación se realizó durante el segundo año de vida de un ensayo instalado en dos localidades en el sur del Uruguay. En cada localidad se instalaron 15 genotipos en parcelas de 16 plantas a 30 cm entre plantas en un diseño de tres bloques completos al azar. Los materiales evaluados incluyeron una línea pura de la subespecie *flavescens*, tres clones pentaploides pertenecientes a cada uno de los cuatro grupos genéticos identificados con marcadores moleculares y morfológicos, y un clon de los hexaploides Chirú y Uruguaiana. Los resultados obtenidos para la producción de materia seca fueron comparables a los obtenidos por

otros autores en condiciones de campo. Se observó una importante interacción entre los genotipos y las localidades que se explican por las diferencias en precipitaciones en el verano, que afectaron la producción de materia seca y su estacionalidad (medido a través del índice de estivalidad IE). En cambio el porcentaje de láminas y los parámetros de calidad forrajera presentaron una gran estabilidad. Los valores obtenidos para parámetros de calidad son comparables con los obtenidos para la especie por otros autores, aunque en esta evaluación no se realizó un manejo tendiente a optimizarlos. Todos los parámetros en esta colección presentaron una gran variabilidad dentro y entre grupos genéticos, y entre materiales de diferentes niveles de ploidía. Se obtuvieron rangos de valores para las diferentes características similares a los obtenidos en estudios anteriores con colecciones de mayor tamaño lo que muestra la eficacia del muestreo basado en marcadores moleculares en los biotipos apomícticos. Esta evaluación muestra el potencial de algunos materiales para ser evaluados agronómicamente a mayor escala con el objetivo de su liberación como cultivares.

Palabras clave: *Paspalum dilatatum*; Evaluación agronómica primaria; Variabilidad; Producción; Porcentaje de láminas; Calidad.

8. SUMMARY

The problem of forage production in Uruguay is related to the great variability in climatic conditions. This fact alone determines that the forage production in the summer-autumn period of pastures with temperate species is highly influenced by weather and shows extreme variability between years. A contribution to solving this problem could be achieved through the use of C₄ species. These are characterized by using nitrogen and water more efficiently, and therefore they are better adapted to soils of low fertility and susceptible to drought. These features are found in several of native grass species. *Paspalum dilatatum* known as "Dallisgrass" is a native perennial C₄ grass, classified in the fine productive type. This species reproduces by apomixis and a collection is available at the Facultad de Agronomía. This collection includes several clones and has been characterized with molecular markers. Morphological and morphophysiological characterizations were later made of this collection, showing the existence of significant levels of variability that are distributed in agreement with the groupings made with molecular markers. The next stage in evaluating the collection corresponds to the preliminary agronomic evaluation. The purpose of this study was to evaluate the variability of a representative sample of the collection of *Paspalum dilatatum* for agronomic characteristics. Five cuts were made and evaluated for total forage production, seasonality, leaf / stem ratio and forage quality parameters. This evaluation was conducted during the second year of a trial established at two locations in southern Uruguay. At each site 15 genotypes were installed in plots of 16 plants at 30 cm between plants in a design of three randomized complete blocks. The materials evaluated include a pure line of the ssp. *flavescens* three pentaploid clones belonging to each of the four genetic groups identified by morphological and molecular markers, and a clone of the hexaploid Chirú and Uruguaiana biotypes. The results obtained for dry matter production were comparable to those obtained by other authors in field conditions. There was a significant interaction between genotypes and locations which can be attributed to differences in precipitation in the summer, affecting dry matter

production and its seasonality. By contrast, the leaf/ stem ratio and forage quality parameters showed high stability. The values obtained for quality parameters are comparable with those obtained for the species by other authors, although this assessment was not aimed at optimizing management. All parameters in this collection showed great variability within and among genetic groups and among different ploidy levels. Values obtained for the different characteristics were similar to those obtained in previous studies with larger collections which shows the effectiveness of the sampling based on molecular markers in apomictic species. This evaluation identified potential materials for agronomic evaluation on a larger scale for their potential release as cultivars.

Keywords: *Paspalum dilatatum*; Primary agronomic evaluation; Variability; Production; Percentage of leaves; Quality.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. ABADIE, T.; BERRETTA, A. 2001. Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos. In: Berretta, A.; Rivas, M. eds. Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur. Montevideo, Uruguay, PROCISUR. pp. 89-97.
2. ACOSTA, A.; GRIGERA NAON, J. J.; ACOSTA, G.; DEREGIBUS, V. A. 2001. Digestion characteristics of dallis grass (*Paspalum dilatatum* Poir) pastures during the grazing season. *Animal Feed Science and Technology*. 93 (3-4): 247-254.
3. ACOSTA, G.; DEREGIBUS, V. A.; ZUCCHINI, F. 1994. Inclusión de pasto miel (*Paspalum dilatatum* Poir) en pasturas; 1. Efecto sobre la producción forrajera. *Revista Argentina de Producción Animal*. 14 (3-4): 175-185.
4. _____; _____. 2001. Nitrogen fertilization in *Paspalum dilatatum* Poir; herbage production, nutritive value and structural characteristics. In: International Grassland Congress (19th, 2001, Sao Pedro). Grassland ecosystems; an outlook into the 21st century, proceedings. San Pablo, Brazilian Society of Animal Husbandry. p. irr.
5. AKIN, D. E. 1989. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. *Agronomy Journal*. 81 (1): 17-25.
6. ALTAMIRANO, A.; DA SILVA, H.; DURAN, A.; ECHEVARRIA, A.; PANARIO, D.; PUENTES, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay a escala 1/1.000.000. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.

7. ALTUVE, S.; FERNÁNDEZ, J. G.; OCAMPO, E. P. 2000. Experiencias con forrajeras del género *Panicum* en el medio-este de Corrientes. Mercedes, INTA. Noticias y Comentarios no. 334. 3 p.
8. ÁLVAREZ, A. 1985. Manejo de cortes y fertilización nitrogenada en semilleros de *Paspalum dilatatum*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 114 p.
9. AYALA TORALES, A. T.; ACOSTA, G. L.; DEREGIBUS, V. A.; MOAURO, P. M. 2000. Effects of grazing frequency on the production, nutritive value, herbage utilization, and structure of a *Paspalum dilatatum* sward. New Zealand Journal of Agricultural Research. 43: 467-472.
10. BARÉA, K.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; DALL'AGNOL, M.; DE OLIVEIRA, B. N. 2007. Manejo de *Paspalum dilatatum* Poir. biótipo Virasoro. 1. Produção, composição química e persistência. Revista Brasileira de Zootecnia. 36 (40): 992-999.
11. BARTABURU, D. 2012. Experiencia de monitoreo participativo de pasto elefante en pequeños predios de la colonia O. D. Gestido (Salto). Revista del Plan Agropecuario. no. 141: 72.
12. BEMHAJA, 2000. Pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) INIA Lambaré. Montevideo, INIA. 14 p. (Boletín de Divulgación no. 72).
13. BENECH, E. 1975. Estudios sobre producción y calidad de forraje en dos biotipos de *Paspalum dilatatum* Poir. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 86 p.
14. BENVENUTTI, M. A.; GORDON, I. J.; POPPI, D. P.; CROWTHER, R.; SPINKS, W.; MORENO, F. C. 2009. The horizontal barrier effect of stems

- on the foraging behavior of cattle grazing five tropical grasses. *Livestock Science*. 126 (1): 229-238.
15. BLASINA Y ASOCIADOS. 2012. Situación forrajera; apuesta al corto plazo. (en línea). *Diario El Observador*, Montevideo, UY, feb. 24: 1. Consultado 25 set. 2012. Disponible en <http://m.elobservador.com.uy/noticia/219254/situacion-forrajera-la-apuesta-de-los-productores-es-al-corto-plazo/>
 16. BORDOLI, J.M. 1998. Fertilización de pasturas de leguminosas y mezclas de gramíneas y leguminosas. *In*: Manejo de la fertilidad de suelos en sistemas extensivos (cultivos y pasturas). Montevideo, Facultad de Agronomía. Unidad de Educación Permanente y Postgrado. pp. 71-79.
 17. BORRAJO, C.; PIZZIO, R. 2006. Manual de producción y utilización de Setaria. Mercedes, INTA. 11 p.
 18. _____. 2007. Implantación de pasturas subtropicales. *In*: Curso Internacional en Ganadería Bovina Subtropical (2007, Reconquista). Pasturas subtropicales en el NEA. Mercedes, INTA. pp. 1-12.
 19. _____. 2008. Nuevas variedades de gramíneas subtropicales. Implantación y crecimiento en el 1er año. INTA Mercedes. Noticias y comentarios no. 435: 5.
 20. _____. 2011. Siembra de pasturas subtropicales. INTA Mercedes. Hoja informativa. 50: 3.
 21. BROUGHAM, R. W. 1955. A study in rate of pasture growth. *Australian Journal of Agricultural Research*. 6 (6): 804-812.
 22. _____. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*. 7 (5): 377-387.

23. _____. 1958. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. *Australian Journal of Agricultural Research*. 9: 35-52.
24. BURSON, B. L.; VOIGT, P. W.; EVERS, G. W. 1991. Cytology, reproductive behavior, and forage potential of hexaploid dallisgrass biotypes. *Crop Science*. 31 (30): 636-641.
25. _____. 1992. Cytology and reproductive behavior of hybrids between *Paspalum urvillei* and two hexaploid *P. dilatatum* biotypes. *Genome*. 35: 1002-1006.
26. BUXTON, D.R. 1996. Quality related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology*. 59 (1): 37-49.
27. CAMADRO, E.L. 2012. Relevance of the genetic structure of natural populations, and sampling and classification approaches for conservation and use of wild crop relatives; potato as an example. *Botany*. 90 (11): 1065-1072.
28. CAMPOS, D.S. 2002. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. *Ciência Rural*. 32 (2): 357-364.
29. CANGIANO, C.A. 1997. Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. In: Cangiano, C.A. Producción animal en pastoreo. Balcarce, INTA. pp. 41-64.
30. CARÁMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 464 p.
31. _____. 1982a. Descripción del problema; Uruguay. In: Reunión Técnica sobre Persistencia de Pasturas Mejoradas (5ª, 1982, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, IICA/BID. pp. 19-22 (Diálogo no. 5)

32. _____. 1982b. *Paspalum dilatatum*, características agronómicas y su rol en las pasturas. *Revista Argentina de Producción Animal*. 2 (1): 68-84.
33. _____. 1993. Cultivos forrajeros de alta eficiencia. Montevideo, INIA. 21 p. (Boletín de Divulgación no. 38).
34. _____. 2002a. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
35. _____. 2002b. Pasturas y forrajes; insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.2, 371 p.
36. _____. 2002c. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
37. _____. 2007. Verdeos de verano. Montevideo, Hemisferio Sur. 226 p.
38. _____. 2008. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 530 p.
39. CASLER, M.D. 2001. Breeding forage crops for increased nutritional value. *Advances in Agronomy*. 71: 51-107.
40. CHÁVEZ, J. L. 2003. Conceptos y mediciones útiles para la caracterización de germoplasma. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica. In: Franco, T. L.; Hidalgo, R. eds. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Maccaresse, IPGRI. pp. 72-77.
41. CHOUY, J. 2012. La saga de las praderas. (en línea). *El País Agropecuario*, Montevideo, UY, abr. 25: 244-246 Consultado 25 set. 2012. Disponible en <http://www.elpais.com.uy/suplemento/agropecuario/la-saga-de-las-praderas/agrope.html>

42. CIAN, M.; FRAGUÍO, M.; HERRERA, D.; MISTRORIGO, D. 2003. Implantación de *Paspalum dilatatum* en el norte de Entre Ríos; 1991-1994. Revista Argentina de Producción Animal. 23 (3-4): 147-153.
43. CICARDINI, E. E.; IRAZOQUI, J. M., ORBEA, J. R. 1984. Curvas de producción y calidad del forraje de ocho ecotipos de pasto miel (*Paspalum dilatatum* Poir.). Revista Argentina de Producción Animal. 4 (4): 411-421.
44. COLL, J. 1991. Producción de semilla de *Paspalum dilatatum*. Montevideo, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 4).
45. CORREA, L.A.; SANTOS, P.M. 2003. Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros *Panicum*, *Brachiaria* e *Cynodon*. EMBRAPA. Pecuária Sudeste. Documentos no. 34. 36 p.
46. CORSI, W. 1982. Regionalización agroclimática de Uruguay para cultivos. MAP/CIAAB. Miscelánea no. 40. 28 p.
47. DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO, D. 2007. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens; características morfofisiológicas e manejo do pastejo. Revista Brasileira de Zootecnia. 36: 121-138.
48. DEREGIBUS, V.A.; TRLICA, M.J. 1990. Influence of defoliation upon tiller structure and demography in two warm-season grasses. Acta O ecológica. 11: 693-699.
49. DÍAZ, R. 2006. Desafíos de la intensificación agrícola en el Uruguay. (en línea). San José, Costa Rica, IICA. pp. 1-3. Consultado 31 dic. 2012. Disponible en http://www.iica.org.uy/index.php?option=com_content&view=article&id=477:agosto2006&catid=70:coyuntura-agropecuaria&Itemid=112.html.
50. DO VALLE, C. B.; SAVIDAN, Y. H. 1998. Genética, citogenética y biología reproductiva de *Brachiaria*. In: Miles, J. W.; Maass, B. L.; Do Valle, C. B.

eds. *Brachiaria*; biología, agronomía y mejoramiento Cali, Colombia, CIAT. pp. 163-180 (Publicación CIAT no. 295).

51. FAO. 2005. Grassland species profiles; detailed descriptions and photos of more than 600 grassland species. (en línea) Roma, Italia, FAO. 12 p. Consultado 6 ene. 2013. Disponible en <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/mainmenu.htm>.
52. _____. 2010. El segundo informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura en el mundo. (en línea). Roma, Italia. 12 p. Consultado 6 ene. 2013. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/meeting/022/k9375s.pdf>.
53. FERRER, M. E.; CLAUSEN, A. M. 2001. Variabilidad genética en los recursos vegetales de importancia para la agricultura del cono sur. *In*: Berretta, A.; Rivas, M. eds. Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur. Montevideo, Uruguay, PROCISUR. pp. 41-55.
54. FLORES, E. R.; LACA, E. A.; GRIGGS, T. C.; DEMMENT, W. 1993. Sward height and vertical morphological differentiation cattle bite dimensions. *Agronomy Journal*. 85 (3): 527-532.
55. FORMOSO, F. A.; ALLEGRI, M. A. 1983. Producción de forraje, digestibilidad y proteína de gramíneas subtropicales en suelos arenosos y rastrojos de arroz en la región noreste de Uruguay. *Miscelánea CIAAB*. no. 56: 24-37.
56. _____. 2003. El pasto miel; una alternativa para las pasturas de la región pampeana. Importancia de *Paspalum dilatatum* en Uruguay. *In*: Congreso Argentino de Producción Animal (25°, 2002, Buenos Aires). Trabajos presentados. *Revista Argentina de Producción Animal*. 23: 134-136.

57. _____. 2006. Instalación de pasturas, conceptos claves. In: Jornada de Divulgación Pasturas y Reservas Forrajeras (2006, La Estanzuela, Colonia). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 6-13 (Actividades de Difusión no. 451).
58. _____. 2010. Manejo de mezclas forrajeras y leguminosas puras. Producción y calidad del forraje. Efectos de estrés ambiental e interferencia de gramilla (*Cynodon dactylon*, (L) Pers.). Montevideo, INIA. 302 p. (Serie Técnica no. 188).
59. GAGGIOTTI, M.C.; ROMERO, L.A.; BRUNO, O.A.; COMERON, E.A.; QUAINO, O.R. 1996. Tabla de composición química de alimentos. Rafaela, INTA. 66 p.
60. GALLI, J. R. 1997. Las pasturas como fuente de alimentación de rumiantes. In: Cangiano, C. A. eds. Producción animal en pastoreo. Balcarce, INTA. pp. 27-40.
61. GARCÍA, J.; FORMOSO, F.; RISSO, D.; ARROSPIDE, C.; OTT, P. 1981. Factores que afectan la productividad y estabilidad de praderas. Miscelánea CIAAB. no. 29: 23.
62. _____. 1982. Recursos genéticos; Uruguay. In: Reunión Técnica sobre Persistencia de Pasturas Mejoradas (5ª, 1982, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, IICA/BID. pp. 30-32 (Diálogo no. 5)
63. _____. 1992. Persistencia de leguminosas. Investigación Agropecuaria. 1 (2): 143-156.
64. _____. 1995. Gramilla y praderas. Montevideo, INIA. 15 p. (Serie Técnica no. 67).

65. GERARD, M. R. 1981. Contribución al conocimiento de algunas características productivas del Pasto miel. *Paspalum dilatatum*. Tesis Ing. Agr. Entre Ríos, Argentina. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 80 p.
66. GIORELLO, D.; JAURENA, M.; BOGGIANO, P.; PEREZ GOMAR, E. 2012a. Respuesta al riego suplementario en pasturas y forrajes. In: Potencial del Riego Extensivo en Cultivos y Pasturas (2º., 2012, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 45-54.
67. _____. 2012b. *Setaria sphacelata*; una alternativa forrajera perenne estival. In: Día de Campo; Integración e Intensificación Productiva para el Norte en Unidad Experimental La Magnolia (2012, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 37-41 (Actividades de Difusión no. 675).
68. GORNALL, 1999. Population genetic structure in agamosperous plants. In: Hollingsworth, P.M.; Bateman, R.M.; Gornall, R.J. eds. Molecular systematics and plant evolution. London, Taylor and Francis. pp. 118-138.
69. GUTIÉRREZ, F. 2013. Forrajeras megatérmicas para nuestras condiciones. Características de algunas especies y cultivares disponibles. In: Día de Campo Producción de forraje y Leche en Verano (2013, La Estanzuela, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 11-13 (Actividades de Difusión no. 705).
70. HACKER, J. B.; CUANY, R. L. 1997. Genetic variation in seed production and its components in four cultivars of the pasture grass *Setaria sphacelata*. Euphytica. 93: 271-282.
71. HANNA, W. W.; BASHAW, E. C. 1987. Apomixis; its identification and use in plant breeding. Crop Science. 27: 1136-1139.

72. HANSON, J.; MAASS, B.L. 1997. Conservation of tropical forage genetic resources. In: International Grassland Congress (18th., 1997, Winnipeg and Saskatoon). Proceeding. Winnipeg, FEALQ. pp. 8-19.
73. HIDALGO, R. 2003. Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. In: Franco, T.; Hidalgo, R. eds. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Maccaresse, IPGRI. pp. 2-27.
74. HOFSTADTER, R.; MILLOT, J.C.; GONNET, M. 1982. Efectos de diferentes regímenes hídricos del suelo sobre la producción de semilla de *Paspalum dilatatum* Poir. In: Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía (5^a, 1982, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 46-57.
75. ITURBIDE, A. 1980. Apuntes sobre pasturas tropicales (en línea). San José, Costa Rica, IICA. 57 p. Consultado 3 oct. 2012. Disponible en http://books.google.com.uy/books?id=t8OAQAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
76. JACOBS, A. A.; SCHEPER, J. A.; BENVENUTTI, M. A.; GORDON, I. J.; POPPI, D. P.; ELGERSMA, A. 2011. Tensile fracture properties of seven tropical grasses at different phenological stages. Grass and Forage Science. 66: 551-559.
77. JANK, L.; QUESENBERRY, K. H.; BLOUNT, A. R.; MISLEVY, P. 2002. Selection in *Setaria sphacelata* for winter survival. New Zealand Journal of Agricultural Research. 45 (4): 273-281.
78. _____; DO VALLE, C. B.; RESENDE, R. M. 2005. Grass and forage plant improvement in the tropics and sub-tropics. In: McGilloway, D. A. eds.

Grassland; a global resource. Wageningen, The Netherlands, Wageningen Academic Publishers. pp. 69-80.

79. _____.; _____.; _____. 2011. Breeding tropical forages. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 11 (Special edition): 27-34.
80. JONES, R.M. 1969. Mortality of some tropical grasses and legumes following frosting in the first winter after sowing. *Tropical Grasslands*. 3 (1): 57-63.
81. JORNADA ANUAL DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN INTENSIVA DE CARNE (10^a, 2008, Paysandú). 2008. Una década de investigación para una ganadería más eficiente. Paysandú, EEMAC. Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC). 54 p.
82. JOSIFOVICH, J. A.; MADDALONI, J. 1990. Comportamiento en pastoreo de la asociación pasto miel (*Paspalum dilatatum* Poir) y alfalfa (*Medicago sativa* L.). INTA Pergamino. Informe Técnico no. 236: 1-8.
83. JUNG, H. G.; ALLEN, M. S. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*. 73: 2774-2790.
84. KARIA, C. T.; DUARTE, J. B.; GUERRA, A. C. 2006. Desenvolvimento de cultivares do gênero *Brachiaria* (Trin.). Griseb. no Brasil. EMBRAPA. Brasil. Documentos no. 163. 58 p.
85. KELLER-GREIN, G.; MAASS, B. L.; HANSON, J. 1998. Variación natural de *Brachiaria* y bancos de germoplasma existentes. In: Miles, J. W.; Maass, B. L.; Do Valle, C. B. eds. *Brachiaria*; biología, agronomía y mejoramiento. Cali, Colombia, CIAT. pp. 18-45 (Publicación CIAT no. 295).
86. KORTE, C. J.; WATKIN, B. R.; HARRIS, W. 1982. Use of residual leaf area index and light interception as criteria for spring grazing management of a

- ryegrass dominant pasture. New Zealand Journal of Agricultural Research. 25: 309-319.
87. LASCANO, C.; PÉREZ, R.; PLAZAS, C.; MEDRANO, J.; ARGEL, P. 2002. Cultivar Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110). Gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana. Cali, Colombia, CIAT. 22 p.
 88. LEÓN, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. (en línea). San José, Costa Rica, IICA. 522 p. Consultado 10 ene. 2013. Disponible en <http://www.books.google.com.uy>
 89. LIGARRETO, G. 2003. Conceptos y mediciones útiles para la caracterización de germoplasma. Caracterización de germoplasma. In: Franco, T.L.; Hidalgo, R. eds. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Maccaresse, IPGRI. pp. 77-79.
 90. LOCH, D. S. 1977. *Brachiaria decumbens* (Signal grass). A review with particular reference to Australia. Tropical Grasslands. 11 (2): 141-157.
 91. MACHADO, A. C.; VALLS, J. F.; PEÑALOZA, A.; SANTOS, S. 2005. Novos biótipos pentaplóides do grupo Dilatata de *Paspalum* L. (Gramineae) no sul do Brasil. Revista Ciencia Rural. 35 (1): 56-61.
 92. MADDALONI, J.; JOSIFOVICH, J.A. 1989. Evaluación de calidad de pasto miel (*Paspalum dilatatum* Poir) en pastoreo. Forrajeras y Producción Bovina: Resultados Comprobados. 69: 1-4.
 93. MAS, C. 2004. Algunos resultados de riego en pasturas en el este. In: Clima y Respuesta Hídrica de Pasturas en Zonas Ganaderas (2004, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 30-45 (Actividades de Difusión no. 364).

94. _____. 2007. *Setaria sphacelata*; una gramínea a tener en cuenta. Revista INIA. no. 10: 33-36.
95. MATTIAUDA, D.; CHILIBROSTE, P.; BENTANCUR, O.; SOCA, P. 2009. Intensidad de pastoreo y utilización de pasturas perennes en sistemas de producción de leche; ¿qué niveles de producción permite y que problemas contribuye a solucionar? In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (37^a, 2009, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Sociedad Medicina Veterinaria. pp. 96-110.
96. MAZZANTI, A. 1982. Recursos genéticos; Argentina. In: Reunión Técnica sobre Persistencia de Pasturas Mejoradas (5^a, 1982, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, IICA/BID. pp. 25-27 (Diálogo no. 5).
97. MAZZILLI, S.; HOFFMAN, E.; PEREYRA, C. 2010. Evaluación de la productividad de cuatro especies forrajeras tropicales durante dos años. *Agrociencia*. 10 (3): 128.
98. MICHELINI, D. 2010. Caracterización morfogenética de *Paspalum dilatatum* (Poir). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 108 p.
99. MIERES, J. M. 2004. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. 84 p. (Serie Técnica no. 142).
100. MILES, J. W. 2008. Mejoramiento genético en plantas forrajeras de reproducción apomíctica. *Revista Argentina de Producción Animal*. 28 (2): 137-145.
101. MILLOT, J. C. 1969. Mejoramiento de gramíneas forrajeras. In: Reunión Técnica Producción y Conservación de Forraje (5^o, 1969, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, MAP/CIAAB. pp. 101-110.

102. MINSON, D. J. 1972. The digestibility and voluntary intake by sheep of six tropical grasses. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 12 (54): 21-27.
103. MOLITERNO, E. A. 1997. Estimación visual de la disponibilidad de forraje en pasturas. (I) Principios y usos de un método de doble muestreo. *Cangüé*. no. 9: 32-36.
104. MOORE, G.; SANFORD, P.; WILEY, T. 2006. Perennial pastures for western Australia. Department of Agriculture and Food Western Australia. Bulletin no. 4690. 248 p.
105. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2001. Nutrients requirements of dairy cattle. Washington, D.C., National Academy Press. 381 p.
106. PÉREZ, H. E. 2005. Características de las especies forrajeras adaptadas a las condiciones del noroeste del país. In: Forrajes 2005 (2005, Córdoba). Trabajos presentados. Buenos Aires, INTA. pp. 1-6.
107. PERRACHON, J. 2010. Verdeos de verano; un seguro para veranos difíciles. *Revista del Plan Agropecuario*. 135: 61-65.
108. PESSINO, S. C.; ORTIZ, J. P. A. 2010. Caracterización molecular de la apomixis y su aplicación en la agricultura. In: Levitus, G.; Echenique, V.; Rubinstein, C.; Hopp, E.; Mroginski, L. eds. *Biotechnología y mejoramiento Vegetal II*. Buenos Aires, INTA. pp. 403-420.
109. PETRUZZI, H. J.; STRITZLER, N. P.; ADEMA, E. O.; FERRI, C. M.; PAGELLA, J.H. 2003. Mijo perenne – *Panicum coloratum*. Anguil, INTA. 28 p.
110. PRAVIA, V. 2009. Utilización de *Setaria sphacelata* cv Narok bajo riego con diferentes dotaciones de novillos. In: Jornada de Divulgación de Producción

Animal-Pasturas (2009, Treinta y Tres). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 13-20 (Actividades de Difusión no. 591).

111. QUAGLIOTTI, R.; RÍOS, G. 1988. Evaluación del rendimiento y calidad de cuatro estirpes nativas bajo dos sistemas de corte. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 102 p.
112. RAMANATHA RAO, V.; HODGKIN, T. 2002. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. no. 68: 1-19.
113. REID, R.L.; JUNG, G.A.; THAYNE, W.V. 1988. Relationships between nutritive quality and fiber components of cool season and warm season forages; a retrospective study. *Journal of Animal Science*. 66 (5): 1275-1291.
114. RENVOIZE, S.A.; CLAYTON, W.D.; KABUYE.C.H.S. 1998. Morfología, taxonomía y distribución de *Brachiaria* (Trin.) Griseb. In: Miles, J. W.; Maass, B. L.; Do Valle, C. B. eds. *Brachiaria*; biología, agronomía y mejoramiento. Cali, Colombia, CIAT. pp. 1-17 (Publicación CIAT no. 295).
115. REYNO, R.; NARANCIO, R.; SPERANZA, P.; DO CANTO, J.; LÓPEZ-CARRO, B.; HERNÁNDEZ, P.; BURGUEÑO, J.; REAL, D.; DALLARIZZA, M. 2012. Molecular and cytogenetic characterization of a collection of bahiagrass (*Paspalum notatum* Flugge) native to Uruguay. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 59 (8): 1823-1832.
116. RÍOS, A. 2001. Dinámica y control de *Cynodon dactylon* en sistemas mixtos de siembra directa y laboreo convencional. In: Díaz Rosselló, R. ed. Siembra directa en cono Sur. Montevideo, IICA/PROCISUR. pp. 211-224.

117. RODRÍGUEZ, O. 2010. Caracterización morfológica de clones recombinantes de *Paspalum dilatatum* (Poir). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 82 p.
118. ROIG, C. A. 2004. Pasto elefante enano cultivar Mott. (en línea) Chaco, Argentina, INTA. 2 p. Consultado 10 ene. 2013. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/36-pasto_elefante_enano_cultivar_mott.pdf.
119. ROSENGURTT, B. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo, UDELAR. División de Publicaciones y Ediciones. 86 p.
120. RUSSO, S. L.; SHENK, J. S.; BARNES, R. F.; MOORE, J. E. 1981. The weanling meadow vole as a Bioassay of forage quality of temperate and tropical grasses. *Journal of Animal Science*. 52 (5): 1205-1210.
121. SANTOS, P. M.; CORSI, M.; BALSALOBRE, M. A. 1999. Efeito da frequência de pastejo e da época do ano sobre a produção e a qualidade em *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 28 (2): 244-249.
122. SAS INSTITUTE. 2004. Base SAS 9.1 procedures guide. Cary, NC. v. 1-4, s.p.
123. SCHEFFER-BASSO, S. M.; TRENTINI, V.; BARÉA, K. 2007. Manejo de *Paspalum dilatatum* Poir. biótipo Virasoro. 2. Produção de sementes. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36 (4): 1022-1028.
124. SHAW, N. H.; ELICH, T. W.; HAYDOCK, K. P.; WAITE, R. B. 1965. A comparison of seventeen introductions of *Paspalum* species and naturalized *P. dilatatum* under cutting at Samford, south-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 5 (19): 423-432.

125. SIERRA, J.O. 2005. Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. 2ª. ed. Medellín, Colombia, Universidad de Antioquia. 246 p.
126. SILVA, A. 1994. La materia orgánica del suelo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 46 p.
127. SKERMAN, P. J.; RIVEROS, F. 1992. Gramíneas tropicales. Roma, FAO. 866 p. (Colección FAO no. 23).
128. SOCA, P.; FABER, A.; DO CARMO, M.; CHILIBROSTE, P. 2008. Producción y utilización de forraje en pasturas mezcla; ¿cómo combinarlas en un sistema lechero? In: Seminario de Discusión Técnica, Gramíneas Perennes en la Rotación de los Sistemas de Producción de Leche; Pertinencia y Perspectiva (2008, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Facultad de Agronomía. s.p.
129. SPERANZA, P. 2005. Los desafíos de la exploración de los recursos genéticos en plantas apomícticas; lecciones del caso de *Paspalum dilatatum* Poir. *Agrociencia*. 9 (1): 73-76.
130. _____.; MICHELINI, D.; PEZZANI, F.; RODRÍGUEZ, O.; ELORGA, G.; VIEGA, L.; TRUJILLO, A.I. 2008. Distribución geográfica de la variabilidad morfológica y fisiológica en pasto miel (*Paspalum dilatatum* Poir.). In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur – Grupo Campos (22ª, 2008, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 155-157.
131. _____. 2009. Evolutionary patterns in the Dilatata group (*Paspalum*, Poaceae). *Plant Systematics and Evolution*. 282 (1-2): 43-56.
132. STOCKDALE, C.R. 1999. Effects of season and time since defoliation on the nutritive characteristics of three irrigated perennial pasture species in

- northern Victoria 1. Energy, protein and fiber. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 39 (5): 555-565.
133. STUR, W.W.; HOPKINSON, J.M.; CHEN, C.P. 1998. Experiencia regional con *Brachiaria*; Asia, el Pacífico Sur y Australia. In: Miles, J. W.; Maass, B. L.; Do Valle, C. B. eds. *Brachiaria*; biología, agronomía y mejoramiento. Cali, Colombia, CIAT. pp. 282-296 (Publicación CIAT no. 295).
134. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA. s.f. Informe de la carta preliminar de suelos del Centro Regional Sur. Montevideo. 9 p.
135. URBANI, M.H. 2010. Estrategias para la búsqueda de genotipos de calidad forrajera superior en especies apomícticas en *Paspalum*. In: Jornadas de Mejoramiento Genético de Forrajeras (2010, Llavallol). Memorias. Llavallol, UNLP. pp. 40-45.
136. URUGUAY. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, DIRECCIÓN DE SUELOS Y FERTILIZANTES. 1979. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay; clasificación de suelos. Montevideo. t.3, 452 p.
137. _____. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. DIRECCIÓN NACIONAL DE METEOROLOGÍA. 2012. Estadísticas climatológicas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 17 jul. 2012. Disponible en <http://www.meteorologia.gub.uy/index.php/estadisticas-climaticas>.
138. _____. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS GANADEROS. DIRECCIÓN DE CONTRALOR DE SEMOVIENTES. 2011. Declaración jurada. (en línea). Montevideo. 9 p. Consultado 25 set. 2012. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/DGSG/DICOSE/dicose.htm>

139. USEGLIO, E.; VON DER PAHLEN, A. 1982a. Evaluación de poblaciones de “pasto miel” (*Paspalum dilatatum* Poir.). INTA Pergamino. Información sobre Forrajeras y Producción Animal. Información Parcial. 109 (1): 1-5.
140. _____.; _____. 1982b. Potencial de rendimiento de “pasto miel” (*Paspalum dilatatum* Poir.). INTA Pergamino. Información sobre Forrajeras y Producción Animal. Información Parcial. 109 (2): 1-5.
141. VAN SOEST, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd. ed. Ithaca, NY, Comstock. 476 p.
142. VENUTO, B. C.; BURSON, B. L.; HUSSEY, M. A.; REDFEARN, D. D.; WYATT, W. E.; BROWN, L. P. 2003. Forage yield, nutritive value, and grazing tolerance of Dallisgrass biotypes. *Crop Science*. 43: 295-301.
143. VILLAR, A. D. 1984. Pasto miel. Aportes para su introducción en nuestras praderas consociadas. *Acintacnia*. 5: 34-35.
144. WILSON, J. R.; TAYLOR, A. O.; DOLBY, G. R. 1976a. Temperature and atmospheric humidity effects cell wall content and dry matter digestibility of some tropical and temperate grasses. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 19 (1): 41-46.
145. _____. 1976b. Variation of leaf characteristics with level of insertion on a grass tiller. I. Development rate, chemical composition and dry matter digestibility. *Australian Journal of Agricultural Research*. 27 (3): 343-354.
146. _____. 1976c. Variation of leaf characteristics with level of insertion on a grass tiller. II. Anatomy. *Australian Journal of Agricultural Research*. 27 (3): 355-364.
147. _____.; MINSON, D. J. 1980. Prospects for improving the digestibility and intake of tropical grasses. *Tropical Grasslands*. 14 (3): 253-259.

148. _____.; ANDERSON, K. L.; HACKER, J. B. 1989. Dry matter digestibility in vitro of leaf and stem of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) and related species and its relation to plant morphology and anatomy. Australian Journal of Agricultural Research. 40 (2): 281-291.
149. ZHANG, J. M.; HONGO, A.; AKIMOTO, M. 2004. Physical strength and its relation to leaf anatomical characteristics of nine forage grasses. Australian Journal of Botany. 52 (6). 722-804.