

Uso de Recursos Tropicales en la Alimentación del Ganado Lechero



Realizado por: MSc. Jorge Ml. Sánchez¹

Trabajo presentado el 2 de setiembre del 2002 en el Curso 'Actualización en la Nutrición del Ganado Lechero'. LANCE. Balsa. Atenas, Costa Rica.

¹ M. Sc. Catedrático. Escuela de Zootecnia-Centro de Investigaciones en Nutrición Animal. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. E-mail: jmsanche@cariari.ucr.ac.cr

Uso de Recursos Tropicales en la Alimentación del Ganado Lechero

Los pastos tropicales son C4 y se caracterizan porque sus procesos fotosintéticos son más eficientes que en los pastos C3 de las zonas de clima templado. Esta cualidad de las gramíneas forrajeras tropicales, aunada a su crecimiento en forma más o menos continuo durante todo el año (siempre y cuando dispongan de suficiente humedad), les permiten producir cantidades importantes de biomasa, lo que las hace idóneas para ser la base de la dieta de los sistemas de producción de leche intensivos en el trópico húmedo americano.

Algunos forrajes tropicales, tales como el pasto Kikuyo fertilizado tienen rendimientos de 20 a 25 t de materia seca/ hectárea/ año, con ciclos de rebrote o pastoreo que oscilan entre 35 y 45 días. Otros como el pasto Estrella africana fertilizado, tienen producciones de biomasa de 25 a 30 t de materia seca/ hectárea/ año, cuando se le somete a sistemas de pastoreo con períodos de descanso de 20 a 25 días. Por el contrario, para pastos de clima templado como el Rye Grass (*Lolium perenne*) se informan rendimientos de 10,2 t de materia seca/ hectárea/ año (Villareal, 2000; Van Soest, 1994; Reid y Jung, 1982).

Con relación al valor nutricional, los pastos tropicales están en desventaja con respecto a los de clima templado. Las temperaturas altas a que crecen los forrajes tropicales, así como su exposición mayor a enfermedades y depredadores, son responsables de sus niveles altos de lignina y bajos de nitratos, proteína y carbohidratos no fibrosos, cualidades que hacen que sus valores nutricionales sean medios o bajos. Además, los forrajes tropicales fueron seleccionados para que contengan proporciones mayores de estructuras protectoras, lo que les permite tener mayores rendimientos de biomasa y ser más resistentes a las enfermedades.

Otro aspecto que reduce la calidad de los forrajes tropicales es que éstos se han adaptado a zonas geográficas con noches largas, durante las cuales los carbohidratos solubles se oxidan, produciéndose una relación baja entre los carbohidratos no fibrosos y la proteína degradable. Esta condición limita la síntesis de proteína microbiana en el rumiante que consume estos pastos (Van Soest, 1994).

En general los valores de digestibilidad de los forrajes tropicales son 15 unidades porcentuales más bajos que los forrajes de clima templado. Lo cual se debe a que tienen una proporción mayor de pared celular, la cual está más lignificada. Así, mientras el pasto Orchard grass tiene porcentajes de digestibilidad de 70, proteína cruda de 15, pared celular de 55, lignina de 4.3 y carbohidratos no fibroso de 21, el pasto Guinea tiene niveles de 54, 9, 70, 8 y 9%, respectivamente. Esta composición nutricional hace que los niveles de energía sean menores en los forrajes tropicales que en los de clima

templado. La digestibilidad y disponibilidad de la proteína y de las fracciones solubles parece que es igual en ambos tipos de forrajes (Van Soest, 1994).

Con respecto a la nutrición mineral, la relación entre los requerimientos del ganado lechero y los niveles de los mismos en los forrajes, indica que frecuentemente los forrajes no satisfacen las necesidades de calcio, fósforo, magnesio, zinc, cobre, selenio, cobalto y yodo. Así mismo, los niveles de potasio por lo general son elevados, pudiendo causar desórdenes metabólicos durante el parto (NRC, 2001). Sin embargo, el contenido mineral de las plantas varía según sea la fertilidad del suelo, el clima, la especie de la planta, su estado de madurez, rendimiento y manejo (Mc Dowell *et al.*, 1997).

Otra característica de los forrajes tropicales es la gran variabilidad que existe en la calidad nutricional de las diferentes estructuras dentro de una misma planta. Esto indica que los animales que se alimentan con pasturas tropicales deben tener una oferta mayor, para que puedan seleccionar su dieta y así tener niveles de producción buenos. La calidad nutricional de las hojas y de los tallos se reduce más rápidamente con la maduración en los forrajes tropicales, que en los de clima templado (Van Soest, 1994).

En el trópico existe una serie amplia de subproductos agroindustriales que se pueden utilizar para complementar los forrajes, dentro de los mismos hay fuentes de energía, fibra y proteína. El uso de estos subproductos permite mantener la carga animal y los niveles de producción de leche en épocas de escasez de forrajes, reducir los costos de producción y desechar los mismos en forma económica y responsable.

El conocimiento de los niveles de energía, proteína cruda y su calidad, carbohidratos no fibrosos, pared celular y minerales de los forrajes durante el año, así como del comportamiento de los mismos, permite desarrollar estrategias de suplementación con subproductos agroindustriales y alimentos balanceados que contribuyen a hacer un uso mejor del recurso alimentario de la finca, para así obtener el mejor rendimiento tanto biológico como económico en las explotaciones de ganado lechero.

Uso de Algunos Alimentos del Trópico en la Nutrición del Ganado Lechero

Producción a Base de Sólo Pasturas

En el Cuadro 1 se presenta la composición nutricional del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y en el Cuadro 2 la del Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*).

Cuadro 1. Calidad Nutricional del Pasto Kikuyo en la Zona Central de Costa Rica (Base Seca).

Nutrimento	Época		
	Seca ¹	Lluviosa	\bar{X}
Proteína cruda, %	22,7	23,3	23,0
Fibra detergente neutro, %	60,0	62,0	61,0
Carbohidratos no fibrosos, %	12,4	10,2	11,3
Energía neta de lactancia, Mcal/kg (1,8 x)	1,51	1,54	1,53
Energía neta de mantenimiento, Mcal/kg	1,51	1,54	1,53
Energía neta de ganancia, Mcal/kg	0,86	0,89	0,88
¹ Promedio de 40 muestras			

Utilizando el Modelo del NRC (2001) se ha simulado el comportamiento productivo de una vaca de la raza Holstein que consume solamente pasto, un suplemento mineral y agua. Se asume que el animal pesa 550 kg, está en su tercera lactancia y en el inicio de la misma (90 días). La leche tiene 3,35% de grasa, 3,2 de proteína y 4,85 de lactosa. El animal consume forraje ad libitum y cuando pastorea Kikuyo el consumo de materia seca equivale a 2,2% de su peso vivo, cuando el pasto es Estrella africana el consumo es 2,0% (Dairy Reference Manual, 1995). La diferencia en cuanto al consumo de materia seca de pasto Kikuyo y Estrella se debe al contenido de pared celular de ambos pastos. El pasto Kikuyo tiene 62 %, mientras que el Estrella 73. En la sección de pared celular o fibra detergente neutro se discute el efecto que tiene la misma sobre el consumo voluntario. Así mismo, se estima que la distancia promedio de los potreros a la sala de ordeño es de 650 m, distancia que recorre el animal cuatro veces al día. El terrero es relativamente plano.

Cuadro 2. Calidad Nutricional del Pasto Estrella Africana en el Trópico Húmedo de Costa Rica (Base Seca).

Nutrimento	Época		
	Seca ¹	Lluviosa	\bar{X}
Proteína cruda, %	8.23	17.45	12.84
Fibra detergente neutro, %	76.12	72.18	74.15
Carbohidratos no fibrosos, %	6.26	8.12	7.19
Energía neta de lactancia, Mcal/kg (3x)	1.14	1.33	1.24
Energía neta de mantenimiento, Mcal/kg	1.14	1.33	1.24
Energía neta de ganancia, Mcal/kg	0.51	0.69	0.60

¹Promedio de 40 muestras

La simulación para el pasto Kikuyo generó la siguiente información nutricional:

Producción de leche a partir de la ENL consumida: 10,2 kg

Producción de leche a partir de la PM: 29,2 kg
Balance de proteína degradable: + 271 g/día
Balance de proteína metabolizable: + 918 g/día

Para el pasto Estrella africana los resultados fueron los siguientes:

Producción de leche a partir de la ENL consumida: 4,9 kg

Producción de leche a partir de la PM: 19 kg
Balance de proteína degradable: + 86 g/día
Balance de proteína metabolizable: + 622 g/día

Los valores anteriores ponen en evidencia que la energía es el nutrimento más limitante para la producción de leche con base en pasturas tropicales y que cuando las plantas no sufren estrés por sequía; como en el ejemplo analizado; el animal recibe a partir de las gramíneas cantidades de proteína que exceden los requerimientos de este nutrimento impuestos por la producción de leche, que a su vez está determinada por el nivel de energía consumido. Para que los excesos de proteína metabolizable provenientes de los forrajes se puedan utilizar en forma eficiente se requiere de la suplementación con fuentes energéticas (Preston, 2000), las cuales pueden ser subproductos agroindustriales, granos o alimentos balanceados.

Frecuentemente los animales en pastoreo que se encuentran en el inicio de la lactancia, presentan producciones de leche superiores a las indicadas anteriormente, lo cual lo hacen gracias a la movilización de sus reservas energéticas. Una vaca de 550 kg de peso vivo y con una condición corporal de 3 como la considerada en esta simulación, al perder un punto de condición corporal provee 317 Mcal de ENL, energía con la cual puede producir 460 kg de leche con 3,35% de grasa (NRC, 2001).

La relación entre la acumulación de grasa y la condición corporal tiene un comportamiento exponencial, o sea que entre más alto sea el valor de condición corporal mayor es la acumulación de grasa en el organismo. Así, cuando una vaca de 550 kg pasa de una condición corporal de 3 a 2 provee 317 Mcal de ENL (459 kg de leche), mientras que cuando pasa de -4 a -3 la cantidad de energía es 338 (489 kg de leche)(NRC, 2001). Estos valores nos pone en evidencia la importancia que tiene el dominio que podamos tener sobre la condición corporal de las vacas; o sea sobre su balance energético; durante la lactancia.

El balance energético negativo al que están sometidas las vacas con mediano o alto potencial para la producción de leche durante el inicio de la lactancia y que pastorean forrajes tropicales, hace que los animales muestren un pico de lactancia bajo, excesiva pérdida de condición corporal, persistencia pobre después del pico de producción, celos silentes, tasas de concepción bajas y problemas de salud (Combs, 1998). Si el animal no tiene grasa para movilizar producirá tanta leche como se lo permita la cantidad de energía que reciba de la dieta (Heinrichs y O'Connor, 1998).

El balance energético negativo que caracteriza la fisiología de las vacas durante las primeras semanas de lactación; el cual se acentúa aún más en las vacas que pastorean forrajes tropicales; puede predisponer al animal a sufrir desbalances metabólicos como la cetosis o acetonemia, así como enfermedades infecciosas al deprimirse el sistema inmune. Este desbalance deprime los niveles de glucosa en la sangre y promueve la movilización de los ácidos grasos de cadena larga del tejido adiposo, los cuales se depositan en el hígado. Los niveles bajos de carbohidratos propios del inicio de la lactancia hacen que la oxidación de los ácidos grasos no esterificados que fueron captados por el hígado sea incompleta, dándose un incremento en la producción de cuerpos cetónicos que conduce a una cetosis (Davidson *et al.*, 1997; Drackley, 1997).

Así mismo, al estar la vaca sometida a un balance energético negativo, se deprime la liberación del Factor Liberador de las Hormonas Gonadotropinas en el Hipotálamo, y por consiguiente la posterior liberación de las Hormonas Estimulante del Folículo y Luteinizante en el Hipófisis. Esta situación afecta la estimulación de los folículos y el patrón normal de pulsaciones de la Hormona Luteinizante requeridas para la maduración del folículo, la ovulación y la posterior función lútea del ovario. Afectándose así los índices reproductivos del hato de ganado lechero (Barton 1996; Chandler, 1997; Pate, 1999).

Para evitar los problemas antes discutidos debemos acudir a la suplementación energética. En Costa Rica; y en general en zonas tropicales; para la suplementación energética deben utilizarse alimentos balanceados que contengan niveles de este nutrimento del orden de los 3,2 Mcal de ED/ kg de materia seca (1,7 de ENL), o superiores.

Energía

Por lo general el contenido de energía de los forrajes es la principal limitante para la producción de leche en los sistemas de producción de leche que se basan en el pastoreo intensivo. Algunos investigadores han informado producciones de 9 a 13 kg de leche por animal por día con forrajes tropicales, mientras que en regiones de clima templado se obtienen producciones de 20 kg. Las limitaciones de energía que tienen los forrajes tropicales se reflejan en la forma de la curva de lactación. Las vacas que consumen pasturas tropicales muestran una caída importante en la producción de leche durante el segundo mes de la lactancia, seguida por una reducción linear durante el resto de la lactación. Por el contrario, los animales que consumen pasturas de clima templado presentan una curva de lactancia clásica, con un pico de producción bien definido y una persistencia adecuada (Cowan y Lowe, 1998).

Los forrajes tropicales se caracterizan por contener cantidades de energía inferiores y niveles de fibra superiores a los que poseen los forrajes de clima templado. Así, mientras el pasto Kikuyo tiene niveles de energía de 2,86 Mcal de ED/ kg de materia seca y 61% de fibra detergente neutro (Cuadro 1), el pasto Orchardgrass (*Dactylis glomerata*) contiene 3,17 Mcal de ED/ kg de materia seca y 45% de fibra detergente neutro (NRC, 2001). Al contener los forrajes tropicales cantidades mayores de fibra (la cual limita el consumo voluntario) y menores de energía, la cantidad de energía neta para lactación que puede consumir una vaca a partir de estos forrajes, es inferior a la que consumen las vacas que pastorean forrajes de clima templado (18,5 Mcal de ENL vs. 22,8). La diferencia entre el consumo de energía en animales que pastorean Kikuyo o Orchard grass, corresponde a la energía requerida para producir 6,2 kg de leche con 3,5% de grasa. Esta condición pone a nuestra actividad lechera en una condición de desventaja en los mercados internacionales y nos obliga a ser muy selectivos en los nichos de mercado en que debemos incursionar.

En los Cuadros 1 y 2 se observa que el contenido de energía neta de lactancia del pasto Kikuyo durante la época seca fue de 1,51 Mcal/ kg de MS y de 1,54 durante la lluviosa. El promedio anual fue de 1,53. Para el pasto Estrella los niveles fueron 1,14, 1,33 y 1,24, respectivamente. La variación entre épocas climáticas es relativamente pequeña, pero la disponibilidad mayor de pasto durante el invierno y el consumo mayor que se espera durante esa época, puede hacer que los animales consuman una cantidad de energía más alta durante dicha época.

Para hacer balances de energía en animales en producción, el modelo del NRC (2001) corrige dichos valores por el peso del animal, la producción de leche y su contenido de grasa, los cuales son factores determinantes en el consumo de materia seca y por lo tanto en la eficiencia con que el animal hace uso de la energía. El uso de estos valores en los balances nutricionales de hatos de nuestros países, nos permitirá tener un dominio mayor sobre nuestras prácticas de alimentación y sobre todo sobre la respuesta animal.

Proteína Cruda Y Carbohidratos No Fibrosos

Tradicionalmente la proteína cruda (N x 6,25) ha sido el parámetro principal para medir la calidad de los forrajes tropicales. Los valores de proteína cruda han sido correlacionados consistentemente con medidas del contenido de energía disponible de los forrajes, tales como la digestibilidad de la materia seca y el contenido de fibra (Cowan y Lowe, 1998).

En el Cuadro 1 se puede observar que el pasto Kikuyo de las zonas de altura de Costa Rica presenta un valor promedio de 23,0% de proteína cruda, con niveles de 23,3 y 22,7 para las épocas lluviosa y seca, respectivamente. Estos valores son considerados altos para forrajes tropicales y reflejan la buena calidad de este pasto. La diferencia pequeña que existe en el contenido de este nutrimento en el pasto Kikuyo entre las épocas climáticas sugiere que durante la época de verano el forraje no está sometido a estrés hídrico, lo cual se debe a que en las zonas de altura hay lluvias ocasionales durante el verano, o bien a que los productores recurren al riego durante esta época.

En estudios realizados en el Centro de Investigaciones en Nutrición Animal de la Universidad de Costa Rica, se ha encontrado que la proteína cruda del pasto Kikuyo en promedio está constituida por 33% de nitrógeno no proteico (amonio, nitratos, aminoácidos y péptidos), el cual es soluble y de rápida disponibilidad en el rumen, requiriéndose de la incorporación de fuentes de energía de rápida fermentación en la dieta; tales como los carbohidratos no fibrosos; para que los microorganismos del rumen puedan utilizar adecuadamente esta fracción proteica y así producir proteína microbiana, la cual es la forma de proteína más barata que se le puede dar a un animal rumiante. Además, la misma tiene un balance de aminoácidos excelente, o sea es de muy buena calidad (van Soest, 1994).

La fracción de proteína insoluble disponible del pasto Kikuyo representa un 42% de la proteína total y la no disponible un 23%. Una parte de la proteína insoluble disponible es sobrepasante y digerida a nivel intestinal, en donde aporta aminoácidos para la síntesis láctea. Según Combs (1998) las gramíneas forrajeras contienen entre 24 y 29% de la proteína total en forma de proteína sobrepasante, por lo que teóricamente para satisfacer las necesidades de 33 a 41% de esta fracción proteica de las vacas en producción (NRC, 2001), se requiere que el alimento balanceado para estos animales contenga cantidades altas de proteína de sobrepaso. Sin embargo, en diferentes investigaciones realizadas se ha visto que la respuesta en la producción de leche a la suplementación con proteína sobrepasante, no siempre ha apoyado la hipótesis de que los forrajes suculentos son deficientes en esta fracción proteica. Así, en estudios realizadas por Hongerholt et al. (1993) se ha encontrado una respuesta positiva a la suplementación con fuentes de proteína sobrepasante, mientras que en otros estudios no ha habido respuesta favorable a dicha suplementación (Jones-Endsley et al., 1997). En general, en las investigaciones en que ha habido una respuesta positiva a la suplementación con proteína sobrepasante, la producción

de las vacas ha sido mayor a 20 kg de leche por día y las dietas han sido balanceadas correctamente por su contenido de energía. Ésta es una área de la nutrición del ganado lechero que requiere de mayor investigación en los países tropicales.

El pasto Estrella en el trópico húmedo de Costa Rica (Laboratorio de Bromatología de Forrajes, Universidad de Costa Rica, información no publicada), tiene un promedio de 12,84% de proteína cruda y niveles de 8,23 y 17,45%, durante las épocas seca y lluviosa, respectivamente.

Con base en el consumo de proteína metabolizable; a partir del pasto Kikuyo; una vaca puede producir alrededor de 30 kg de leche con 3,5% de grasa por día. Sin embargo, estos niveles de producción no son posibles a base de sólo forraje, ya que la energía de los mismos frecuentemente es el nutrimento más limitante para la producción de leche. En el caso simulado, existe un exceso de 271 g/día de proteína degradable y 918 de proteína metabolizable. El exceso de proteína degradable pone en evidencia que los forrajes tropicales tienen una relación proteína degradable : carbohidratos no fibrosos, desfavorable. Estos resultados demuestran que las dietas que se basan en el consumo de forrajes tropicales deben balancearse por su contenido de carbohidratos no fibrosos.

En el caso de la vaca que consume pasto Estrella, el animal podría producir 19 kg de leche con 3,5% de grasa a partir de la proteína metabolizable. Este animal consume 86 g/día de proteína degradable y 431 de proteína metabolizable en exceso. Aunque la situación no es tan acentuada como en el caso anterior, la relación proteína degradable : carbohidratos no fibrosos continúa siendo desfavorable.

En relación con el contenido de carbohidratos no fibrosos, en los Cuadros 1 y 2 se indican los niveles promedio de estos nutrimentos (11,3 y 7,19%, en los pastos Kikuyo y Estrella). En general los contenidos de carbohidratos no fibrosos son bajos y no logran satisfacer las necesidades de los animales en producción. Esta condición es propia de los forrajes tropicales (Cowan y Lowe, 1998). Según el NRC (2001) los requerimientos de carbohidratos no fibrosos del ganado lechero en producción oscilan entre 36 a 44% de la materia seca. Así mismo, algunos autores estiman que la relación entre el contenido de carbohidratos no fibrosos y la proteína degradable debe ser de 2-4 a 1 (Firkins, 2000). Si consideramos que aproximadamente una tercera parte del contenido proteico de nuestros forrajes es proteína soluble (la cual es una fracción de la proteína degradable), y que nuestros pastos son bajos en carbohidratos no fibrosos, la relación carbohidratos no fibrosos : proteína degradable debe ser considerada cuidadosamente en nuestras prácticas de alimentación. Los alimentos balanceados que se producen en nuestros países, así como los subproductos que se usan en la alimentación del ganado lechero deben ser altos en estos nutrimentos. Entre los ingredientes que aportan carbohidratos no fibrosos tenemos maíz, harina de soya y los subproductos de trigo. Así mismo, entre los subproductos de la agroindustria tropical están el banano verde, la cáscara de banano, la pulpa de cítricos y la melaza de la caña de

azúcar (Cuadros 3 y 4). El suministro de estos alimentos debe realizarse en forma apropiada para evitar problemas de acidosis.

Cuadro 3. Calidad Nutricional del Banano Verde, Cáscara de Banano y Pulpa de Cítricos Fresca (Base seca).

Nutrimento	Subproducto		
	Banano verde ¹	Cáscara de banano	Pulpa de cítricos fresca
Proteína cruda, %	5,07	8,16	6,89
Fibra detergente neutro, %	11,33	34,05	18,26
Carbohidratos no fibrosos, %	79,58	45,90	72,39
Energía neta de lactancia, Mcal/kg (3x)	1,57	1,17	1,49
Energía neta de mantenimiento, Mcal/kg	1,57	1,17	1,49
Energía neta de ganancia, Mcal/kg	1,17	0,69	1,08
¹ Promedio de 8 muestras			

Cuadro 4. Calidad Nutricional de la Pulpa de la Melaza y Pericarpio de Maíz (Base seca).

Nutrimento	Subproducto	
	Melaza ¹	Pericarpio de maíz
Proteína cruda, %	5,80	5,19
Fibra detergente neutro, %	0,40	74,23
Carbohidratos no fibrosos, %	78,50	20,03
Energía neta de lactancia, Mcal/kg (3x)	1,64	1,34
Energía neta de mantenimiento, Mcal/kg	1,64	1,34
Energía neta de ganancia, Mcal/kg	1,27	0,92
¹ Promedio de 8 muestras		

Si se asume una buena disponibilidad de forraje y consumo de materia seca, los animales que pastorean pasto Kikuyo deben suplementarse con alimentos balanceados que contengan 14% de proteína cruda, si la producción promedio del hato es inferior a 30 kg de leche por día. Si la producción es superior a 30 kg el alimento balanceado debe contener 16% de proteína cruda. Para suplementar al pasto Estrella, los alimentos balanceados con 14% de proteína cruda son apropiados cuando la producción promedio del hato es inferior a 20 kg, si ésta es superior a dicho promedio, el nivel de este nutrimento debe incrementarse a 16%. El contenido de carbohidratos no fibrosos debe ser del orden del 50%.

Suplementación de los Forrajes con Subproductos de la Agroindustria Tropical

En los Cuadros 3 y 4 se presenta la composición nutricional del banano verde, la cáscara de banano, la pulpa de cítricos fresca y la melaza.

El banano verde que no cumple con las normas de calidad de los mercados internacionales y que por lo tanto no se puede exportar, es una buena fuente de energía (en la forma de carbohidratos no fibrosos) para la suplementación de los hatos de ganado lechero (Herrera, 2002).

Según San Martín *et al.* (1983), el banano verde puede utilizarse en niveles de 20% de la materia seca que consume un animal. Si la vaca que se ha tomado como modelo consume pasto Kikuyo y 10 kg de banano verde tal como ofrecido por día se obtendría el siguiente comportamiento productivo y nutricional:

Producción de leche a partir de la ENL consumida: 11,8 kg

Producción de leche a partir de la PM: 25,9 kg
Balance de proteína degradable: + 78 g/día
Balance de proteína metabolizable: + 617 g/día

Si el pasto fuera Estrella los resultados serían los siguientes:

Producción de leche a partir de la ENL consumida: 7,6 kg

Producción de leche a partir de la PM: 16,1 kg
Balance de proteína degradable: - 93 g/día
Balance de proteína metabolizable: + 385 g/día

El análisis de la información anterior indica que la incorporación de banano verde en las dietas a base de forrajes tropicales mejora la producción de leche y especialmente la utilización del nitrógeno, lo cual tiene implicaciones económicas y ambientales. El comportamiento productivo simulado para las vacas que pastorean Estrella es consistente con el obtenido a nivel de campo por Cerdas (1981), en el CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Cuando las vacas pastorean Kikuyo el incremento en la producción de leche fue de 1,6 kg por día, mientras que en las vacas que pastoreaban Estrella el incremento fue mayor (2,7 kg). La magnitud de los resultados anteriores se debe fundamentalmente a que el pasto Estrella contiene cantidades menores de carbohidratos no fibrosos que el Kikuyo (8,12 vs. 12,4%), y por lo tanto se beneficia más con la suplementación de fuentes de estos nutrientes. Así mismo, la fibra del pasto Kikuyo es de mejor calidad que la del Estrella. Ambas características hacen que al sustituirse la materia seca del forraje por banano verde, el animal que consume pasto Estrella se beneficia más.

Cuando el consumo de forraje no es *ad libitum*, porque la carga animal es alta, o bien por el estrés que sufre el pasto en su crecimiento por razones de sequía o excesos de humedad, los hatos

de ganado lechero se benefician con esta suplementación (Combellas y Mata, 1992; Chenost y Sansoucy, 2000) .

La industria del puré de banano en Costa Rica produce alrededor de 57850 toneladas métricas de cáscara de esta fruta por año (Herrera, 2002), la cual se usa extensamente en este país para la alimentación animal. Los países de la cuenca del Caribe productores de banano también se pueden beneficiar con el uso de este subproducto, incorporando materias primas a la producción animal y desechando este residuo agroindustrial en forma responsable.

La cáscara de banano maduro tal como ofrecido se puede utilizar con éxito en la alimentación del ganado lechero en niveles de 14Kg por día (Dormond, 1998). La incorporación de estos niveles del subproducto en el modelo en mención da los siguientes resultados:

Pasto Kikuyo:

Producción de leche a partir de la ENL consumida: 9,8 kg

Producción de leche a partir de la PM: 26,5 kg
Balance de proteína degradable: + 185 g/día
Balance de proteína metabolizable: + 691g/día

Pasto Estrella:

Producción de leche a partir de la ENL consumida: 6,1 kg

Producción de leche a partir de la PM: 17,3 kg
Balance de proteína degradable: + 24 g/día
Balance de proteína metabolizable: + 252 g/día

En ambos casos la incorporación de carbohidratos no fibrosos por medio de la cáscara de banano mejora la utilización del nitrógeno (NRC, 2001). Cuando el animal pastorea Estrella y la sustitución de pasto por cáscara de banano es de 1 a 1, la producción de leche se incrementa, no siendo así cuando el pasto es Kikuyo. Sin embargo, la cáscara de banano es una buena fuente de energía y fibra (34,05% de FDN) para complementar ambos pastos cuando la disponibilidad de forraje es limitada por una carga animal alta, o porque el crecimiento del forraje es pobre. Dormond et al. (1998) también han encontrado una respuesta favorable en la producción de leche al suplementar cáscara de banano maduro a animales que pastorean Kikuyo y Estrella.

La pulpa de cítricos es un desecho de la agroindustria cuya disponibilidad ha crecido en forma notable en los últimos años, ésta tiene un valor nutricional bueno para la alimentación del ganado bovino (Herrera, 2002). En investigaciones realizadas en la Universidad de Florida se ha encontrado que la pulpa de cítricos se puede utilizar en la alimentación del ganado bovino en niveles de 5 kg de material fresco por animal por día, niveles superiores reducen el consumo de materia seca. (Ammerman y Henry, 1992). La utilización de estos niveles en la alimentación de una vaca Holstein de 550 kg de peso vivo da los siguientes resultados productivos y nutricionales:

Pasto Kikuyo:

Producción de leche a partir de la ENL consumida: 10,3kg

Producción de leche a partir de la PM: 27,3 kg

Balance de proteína degradable: + 179g/día

Balance de proteína metabolizable: + 729 g/día

Pasto Estrella:

Producción de leche a partir de la ENL consumida: 6,8 kg

Producción de leche a partir de la PM: 18,0 kg

Balance de proteína degradable: + 1 g/día

Balance de proteína metabolizable: + 476 g/día

La pulpa de cítricos utilizada en niveles de 5 kg de material fresco por animal por día ofrece beneficios similares a los discutidos para las materias primas anteriores.

La melaza es un subproducto de la industrialización de la caña de azúcar que se utiliza extensamente en la alimentación animal. Se usa en la alimentación del ganado bovino en niveles de 1 a 3 kg por animal por día (Campabadal, comunicación personal, 2002). La suplementación a niveles de 3 kg por animal por día, en vacas que pastorean Kikuyo o Estrella da la siguiente respuesta productiva y nutricional:

Pasto Kikuyo:

Producción de leche a partir de la ENL consumida: 11,1 kg

Producción de leche a partir de la PM: 25,7 kg

Balance de proteína degradable: + 74 g/día

Balance de proteína metabolizable: + 654 g/día

Pasto Estrella:

Producción de leche a partir de la ENL consumida: 8,1 kg

Producción de leche a partir de la PM: 15,8 kg

Balance de proteína degradable: - 99 g/día

Balance de proteína metabolizable: + 375 g/día

En ambos casos hubo una respuesta positiva a la suplementación con melaza. Sin embargo, cuando la base forrajera tiene niveles de proteína cruda inferiores a 15% y se desea producir más de 16 kg de leche por animal por día, la melaza debe complementarse con alimentos balanceados que aporten proteína degradable.

Los contenidos de carbohidratos estructurales y no fibrosos de la ración total deben balancearse correctamente para prevenir problemas tales como la acidosis, la cual a su vez puede causar laminitis, condición que es frecuente en algunos de nuestros hatos de ganado lechero. El suministro de dietas bajas en fibra efectiva, altas en almidón y con una relación forraje : alimento balanceado baja, hacen que el pH ruminal descienda a niveles inferiores a 5,6, lo cual conduce a una acidosis. Esta condición se puede dar en los hatos con

niveles de producción altos, en donde hay necesidad de sacrificar el contenido de fibra efectiva de la ración para aumentar el contenido energético de la misma. La condición de acidosis ruminal causa una proliferación de las bacterias que producen ácido láctico, lo cual hace que el pH del rumen baje aún más. La acidosis hace que algunas especies de microorganismo del rumen mueran con la posterior liberación de endotoxinas e histaminas. Estas sustancias pueden lesionar los vasos sanguíneos del corion, causando hemorrágeas y reducción en el suministro de oxígeno y nutrimentos a este tejido. Estos cambios a nivel de corion afectan el crecimiento y salud de la pezuña y originan la laminitis (Hoblet, 2000).

Pared Celular

Los carbohidratos estructurales (pared celular o fibra detergente neutro) y los no estructurales o no fibrosos (azúcares y almidones), son fermentados por los microorganismos del rumen para producir ácidos grasos volátiles; los cuales aportan alrededor del 80% de la energía que requiere una vaca lactante (Ishler *et al.*, 1996). Aunque la producción de energía es una de las funciones principales de los carbohidratos, ésta no es su única función, ya que la pared celular también es requerida para mantener el funcionamiento normal del rumen y además puede tener implicaciones sobre el consumo voluntario (Ishler *et al.*, 1996; Mertens, 1992). La pared celular se caracteriza por ser de lenta degradación, mientras que los carbohidratos no fibrosos se fermentan rápidamente. Éstos últimos aportan la energía requerida por los microorganismos del rumen para utilizar la fracción soluble de las proteínas y sintetizar proteína microbiana, la cual aporta aminoácidos a nivel intestinal para la síntesis de la leche (Hoover y Stokes, 1991). En general, la fibra hace aportes importantes de energía en los hatos de baja y mediana producción, mientras que en los de producción alta la fibra es requerida para mantener un rumen sano, mantener la calidad de la leche, reducir la incidencia de desórdenes metabólicos como el desplazamiento del abomaso, así como de problemas reproductivos.

En los Cuadros 1 y 2 se presentan los contenidos de fibra detergente neutro o pared celular de los pastos en discusión. En los Cuadros 3 y 4 se indica el contenido de fibra del banano verde, la cáscara de banano, la pulpa de cítricos, la melaza y el pericarpio del maíz. Desde el punto de vista de una práctica de alimentación, las diferencias que existen en los porcentajes de pared celular de los forrajes objeto de estudio, entre épocas climáticas no es tan importante, como sí lo es la disponibilidad de forraje y el consumo de materia seca. Consumos bajos de forrajes y por consiguiente de fibra, pueden incrementar la susceptibilidad de las vacas a los problemas citados anteriormente. Por lo tanto cuando la disponibilidad de forraje es baja, debe acudir a la suplementación de fuentes de fibra larga o efectiva, tales como el heno de buena calidad. La fibra corta de algunos subproductos como el pericarpio del maíz, puede satisfacer hasta un 25% de los requerimientos de los animales (NRC, 2001).

Una de las propiedades de la pared celular es que ésta ocupa volumen dentro del rumen, por lo que algunos autores la han asociado con el llenado físico del animal y por consiguiente con el consumo

voluntario. Según el Dairy Reference Manual (1995) el consumo esperado de materia seca de un forrajes como el Kikuyo con 61% de fibra detergente neutro es de 2,2 a 2,0% del peso vivo del animal, mientras que en el caso del pasto Estrella (74% de pared celular), éste sería inferior a 1,8% del peso vivo. Por lo tanto un animal de 550 kg de peso vivo que pastorea pasto Kikuyo tendrá un consumo estimado de forraje de 11,55 kg de materia seca, mientras que si el forraje es Estrella, el consumo será de 9,9 kg. Aunque la comparación no es del todo válida puesto que ambos pastos se cultivan en zonas diferentes, el pasto Kikuyo tiene ventajas sobre el Estrella en cuanto al consumo voluntario de la materia seca y de energía.

Según el NRC (2001) los requerimientos mínimos de fibra detergente neutro de las vacas con niveles de producción de 25 a 54 kg de leche por día oscilan entre 35 a 25% de la materia seca, donde los forrajes deben de proveer entre 19 y 15% de fibra detergente neutro. Las necesidades de fibra detergente ácida son de 21 a 17%, para esos mismos niveles de producción. Así mismo, los valores de carbohidratos no fibrosos oscilan entre 36 a 44%. Si estimamos una buena disponibilidad y consumo de forrajes, los pastos considerados, más los alimentos balanceados para ganado lechero de uso común en nuestros países (con aproximadamente 20% de fibra detergente neutro), pueden satisfacer las necesidades de los diferentes tipos de fibra que requieren nuestras vacas en producción para mantener un rumen saludable, un consumo de materia seca óptimo, una producción de leche adecuada tanto en cantidad como en calidad y además prevenir desbalances tales como el desplazamiento del abomaso. Cuando los vacas consumen pasto Kikuyo y producen más de 35 kg de leche por día, es conveniente que las materias primas utilizadas para balancear los alimentos aporten una cantidad apropiada de fibra efectiva, tales como la semilla de algodón que tiene una fibra con un valor de 75 a 100% de fibra efectiva, así como la harina de soya cuyo valor es de 23%. Esta recomendación también es válida para aquellos casos en que la disponibilidad y consumo de forraje no es adecuada.

El pericarpio de maíz es un subproducto de la industrialización de este cereal que se caracteriza por su alto contenido de fibra (74%) (Cuadro 8). En Costa Rica este subproducto frecuentemente se usa en niveles de 0,7 kg por animal por día (Cruz, 2000).

Pasto Kikuyo:

Producción de leche a partir de la ENL consumida: 11,4 kg

Producción de leche a partir de la PM: 27,7 kg
Balance de proteína degradable: + 185 g/día
Balance de proteína metabolizable: + 750 g/día

Pasto Estrella:

Producción de leche a partir de la ENL consumida: 6,4 kg

Producción de leche a partir de la PM: 18,1 kg
Balance de proteína degradable: + 13 g/día
Balance de proteína metabolizable: + 483 g/día

El pericarpio de maíz, al igual que otras fuentes de fibra disponibles en el trópico, pueden suplir hasta una cuarta parte de la fibra que requiere una vaca lactante (25 a 35% de FDN) (NRC, 2001). Estas materias primas se constituyen en un recurso alimenticio muy valioso para el productor cuando el consumo de forraje se ve limitado por la carga animal alta en la finca o bien por la producción baja de materia seca. Fuentes buenas de fibra como el pericarpio de maíz, que tiene 1,34 Mcal de ENL por kg de materia seca, pueden contribuir a mantener o mejorar la producción de leche como en los casos antes indicados.

Minerales

El análisis de los Cuadros 5, 6, 7 y 8 indica que los pastos Kikuyo cultivado en la zona Central de Costa Rica y el Estrella producido en el trópico húmedo, no satisfacen las necesidades de calcio, fósforo, magnesio, zinc y cobre del ganado lechero de dichas zonas. Además, los niveles altos de potasio en ambos pastos podrían favorecer la incidencia de desbalances metabólicos, tales como hipocalcemia e hipomagnesemia.

Así mismo, en estudios realizados en el Centro de Investigaciones en Nutrición Animal de la Universidad de Costa Rica (Vargas et al., 1992), se ha encontrado que los contenidos de selenio y de cobalto de los pastos Kikuyo y Estrella no satisfacen las necesidades de nuestros hatos de ganado lechero. Además, la literatura universal (Chilean Iodine Educational Bureau; citado por Underwood, 1981) y las experiencias a nivel de finca en Costa Rica, indican la necesidad de suplementar con fuentes de Yodo. Estudios realizados en América Latina indican que los problemas de nutrición mineral citados son comunes en nuestros países (Mc Dowell *et al.*, 1997).

Cuadro 5. Contenido de Macroelementos (% de la Materia Seca) y Balance Catión:Anión (mEq/kg de MS)¹ del Pasto Kikuyo de la Zona Alta de Costa Rica.

Mineral	Época Semiseca	Época Lluviosa	Promedio
Calcio	0.37	0.42	0.40
Fósforo	0.27	0.36	0.32
Magnesio	0.33	0.33	0.33
Sodio	0.04	0.03	0.04
Potasio	3.14	2.56	2.85
Cloro	1.05	1.11	1.08
Azufre	0.18	0.21	0.20
Balance Catión:Anión	637	486	567

¹ Promedio de 40 muestras por estación
² 35 a 45 días de rebrote.

Cuadro 6. Contenido de Microelementos (mg/ kg de MS)¹ del Pasto Kikuyo de la Zona Alta de Costa Rica

Mineral	Época Semiseca	Época Lluviosa	Promedio
Hierro	270	227	249
Manganeso	67	61	64
Cobre	10	11	11
Zinc	39	32	36
Selenio	0.13	0.10	0.12
Cobalto	0.14	0.09	0.12

¹ Promedio de 40 muestras por estación
² 35 a 45 días de rebrote.

CALCIO. La fiebre de leche o hipocalcemia es el problema más común asociado con la nutrición inapropiada de calcio (excesos durante el período de transición o deficiencias durante la lactancia). Cuando la deficiencia de este elemento es muy marcada se afecta la producción de leche y la reproducción (Horst, *et al.* 1997; Sánchez, 1995a; Weiss, 2000b).

Diferentes investigaciones han demostrado que niveles bajos de calcio en las dietas de las vacas prontas (dos a tres semanas previas al parto) reducen la incidencia de fiebre de leche (Horst *et al.* 1997). En América Latina, en donde las gramíneas forrajeras; entre ellos el Kikuyo (0,40%) y el Estrella (0,37%); se caracterizan por contener niveles bajos de calcio, no es difícil lograr dietas bajas en calcio (Cuadros 5 y 7). El uso de alimentos balanceados durante el período de vaca pronta bajos en este elemento (alrededor de 0,20%) y sales minerales también bajas en calcio (6-8%), contribuyen a lograr ese objetivo. Los animales que reciben este tipo de dietas ingieren entre 20 y 30 g de calcio por día, lo cual contribuye a reducir la incidencia de fiebre de leche (Sánchez, 1995a; Sánchez, información no publicada; Horst, *et al.* 1997).

Cuadro 7. Contenido de Macroelementos (% de la Materia Seca) y Balance Cation:Anión (mEq/kg de MS)¹ del Pasto Estrella Africana en el Trópico Húmedo de Costa Rica

Mineral	Época Semiseca	Época Lluviosa	Promedio
Calcio	0.37	0.37	0.37
Fósforo	0.29	0.31	0.30
Magnesio	0.13	0.19	0.16
Sodio	0.01	0.03	0.02
Potasio	3.36	2.0	2.68
Cloro	1.05	1.11	1.08
Azufre	0.18	0.21	0.20
Balance Cation:Anión	484	121	303

¹ Promedio de 40 muestras por estación
² 21 a 25 días de rebrote.

Cuadro 8. Contenido de Microelementos (mg/ kg de MS)¹ del Pasto Estrella Africana del Trópico Húmedo de Costa Rica.

Mineral	Época Semiseca	Época Lluviosa	Promedio
Hierro	178	111	144
Manganeso	72	115	94
Cobre	6	9	7
Zinc	44	31	37
Selenio	0.13	0.10	0.12
Cobalto	0.14	0.09	0.12

¹ Promedio de 40 muestras por estación
² 21a 25 días de rebrote.

FÓSFORO. En la actualidad se recomiendan niveles de 0,32% de este mineral en la dietas de vacas en producción y

0,22% en las prontas. Debido a que los pastos Kikuyo y Estrella en promedio (0,32% y 0,30% de la MS) apenas satisface las necesidades de las vacas en producción y a la variabilidad que presenta el contenido de este nutrimento en los forrajes; tanto las vacas en producción como las secas deben suplementarse con este elemento (Cuadros 5 y 7). Por lo general los forrajes tropicales tienen niveles de fósforo inferiores a los encontrados en los pastos Kikuyo y Estrella en Costa Rica. El suministro de fósforo debe realizarse a la luz de los conceptos de suplementación que se han generado en los últimos años (Beede, 1999; NRC, 2001), con el objeto de evitar excesos en la dieta y preservar nuestro ambiente y a la vez tratar de no incurrir en gastos innecesarios en nuestras prácticas de alimentación.

MAGNESIO. Las deficiencias dietéticas o metabólicas de este mineral pueden conducir a la hipomagnesemia o tetania de los pastos. Los niveles altos de potasio en nuestros pastos (2,85% y 2,68% en los pastos Kikuyo y Estrella) pueden interferir con la absorción del magnesio y causar una deficiencia metabólica, que a su vez provoca hipomagnesemia o fiebre de leche (Cuadro 5 y 7). Para ajustar los niveles de magnesio por los niveles altos de potasio en las dietas, se ha desarrollado una ecuación muy útil: $K : (Ca + Mg)$. Esta relación asume que las cantidades de calcio en la dieta están balanceadas. Cuando la relación es mayor a 2 se requiere la adición de magnesio. Por lo general, este es el caso de los pastos Kikuyo y Estrella. Así como de otros forrajes de nuestro medio que contienen niveles de potasio superiores a 2,5% en la materia seca.

Los requerimientos de magnesio para las vacas lactantes oscilan entre 0,18% y 0,21%, los cuales probablemente están bien cuando los niveles de potasio en la dieta no son altos. Cuando los niveles de potasio en nuestros forrajes sea superior a 2,5%; lo cual es frecuente en pastos de zonas húmedas; se requiere adicionar magnesio, según lo indique la fórmula antes citado. El requerimiento actual de las vacas prontas es de 0,16%. Si los niveles de potasio en las dietas de las vacas en transición son superiores a 1,1%, debe de considerarse la adición de niveles mayores de magnesio. En algunas ocasiones es necesario utilizar niveles tan altos como 0,4%. Niveles superiores a éste pueden llegar a causar toxicidad (NRC, 1989, Sánchez, 2000; Weiss, 2000b).

ZINC. La deficiencia de este mineral causa problemas reproductivos en los toros. Los requerimientos de zinc del ganado lechero en producción oscilan de 43 a 55 mg/ kg de materia seca, lo cual corresponde a unos 1000 mg por animal por día. Los animales que se encuentran en el parto o sometidos a estrés pueden beneficiarse con niveles de 60 a 80 mg/ kg de materia seca. Algunas investigaciones han mostrado que la suplementación con zinc-metionina reduce el conteo de células somáticas y mejora la salud de las pezuñas. Estos estudios sugieren que dietas con niveles de hasta 100 mg/ kg de materia seca pueden ser beneficiosas para los animales. La relación zinc : cobre puede afectar la biodisponibilidad del elemento, por lo que se recomiendan relaciones de 5 : 1 (Zn : Cu) (Weiss, 2000b).

Bajo nuestras condiciones el pasto Kikuyo muestra valores de 36 mg/ kg de materia seca y el Estrella 37 mg/ kg (Cuadros 5 y 8).

Lo cual indica la necesidad de suplir este mineral tanto a vacas en producción como en el estado de transición. Los forrajes tropicales frecuentemente son deficientes en este mineral.

COBRE. Las recomendaciones actuales del NRC (2001) para vacas en producción y secas oscilan de 12 a 18 mg/ kg de materia seca. Sin embargo, información reciente basada en estudios en que se ha evaluado la respuesta inmune y la resistencia a la mastitis han encontrado que niveles de 15 a 20 mg/ kg en la materia seca de la dieta total son mejores, por lo que este es un mineral a suplementar en nuestros hatos de ganado lechero (Weiss, 2000b). Los pastos Kikuyo y Estrella contienen 11 y 7 mg/ kg, respectivamente.

SELENIO. Los requerimientos actuales para el ganado lechero según el NRC (2001) son de 0,3 mg/kg de materia seca. Lo cual equivale a 6 a 8 mg por día para vacas lactantes y de 2 a 3 mg para vacas secas. Para que los animales que consumen nuestras dietas alcancen estos niveles de selenio, necesariamente debemos recurrir a la suplementación del mineral (Vargas *et al.* 1992). Una práctica común en el manejo de la vaca en su estado de transición es la inyección de 50 mg de selenio tres semanas antes del parto, para reducir la incidencia de retención de placenta y mastitis, en zonas deficientes en este mineral. Esta dosis ha sido establecida para animales con pesos de 550 a 600 kg. Para nuestras condiciones en que los animales frecuentemente pesan menos, una dosis de 0,08 mg/kg de peso es más apropiada (Weiss, 2000b).

COBALTO. Los requerimientos de este mineral son 0,11 mg/ kg de materia seca (NRC, 1989). Debido a que nuestros forrajes presentan niveles marginales o deficientes de este mineral (Vargas *et al.* 1992), el cobalto debe incorporarse en los suplementos minerales que suministramos a nuestros hatos de ganado lechero.

YODO. Una práctica común para prevenir la deficiencia de este elemento es la suplementación con sal que contenga 0,01 a 0,02% de yodo. Los requerimientos de yodo del ganado bovino oscilan de 0,88 mg/ kg de materia seca para las vacas de alta producción a 0,27 mg/ kg en novillas en crecimiento. Las fuentes de yodo por lo general son de alta disponibilidad y los excesos de Yodo en la dieta incrementan la secreción de este elemento en la leche, lo cual puede afectar la salud humana. Cuando los niveles de Yodo en la dieta de las vacas en lactación son adecuados, la leche y en general los productos lácteos se consideran una buena fuente de yodo para los humanos. En Costa Rica no existe información sobre el contenido de Yodo en los forrajes ni en los suelos. Sin embargo, por estar nuestro país en una zona deficiente en este elemento, los suplementos minerales que se producen en el país deben incluir este mineral (Sánchez, 1995b).

Además de los minerales antes señalados, nuestros hatos de ganado lechero también deben de suplementarse con sal blanca (cloruro de sodio), suplementación que debe incrementarse en las zonas cálidas de nuestros países. Lo anterior debido a los niveles bajos de sodio y cloro que caracterizan a los forrajes tropicales (Cowan y Lowe, 1998).

Conclusiones Y Recomendaciones

1. Si la disponibilidad y consumo de materia seca son buenos, las vacas que consumen pasto Kikuyo deben suplementarse con alimentos balanceados que contengan 14% de proteína cruda si la producción promedio del hato es inferior o igual a 30 kg por vaca por día. Si la producción es superior a 30 kg, el nivel de proteína cruda en el alimentos tiene que ser 16%. Para el pasto Estrella, alimentos balanceados con 14% de proteína cruda son apropiados para animales con promedios de 20 kg de leche por día, si el promedio es superior, el nivel de este nutrimento en el alimento debe incrementarse a 16%.
2. Los pastos Kikuyo y Estrella, al igual que la mayoría de los forrajes tropicales podría satisfacer las necesidades de los diferentes tipos de fibra de nuestros hatos de ganado lechero, siempre y cuando la disponibilidad y consumo de materia seca de los pastos sea adecuado. En los hatos con niveles altos de producción es conveniente que el alimento balanceado aporte fibra larga o efectiva, con materias primas tales como el pericarpio del maíz o la cascarilla de soya. Estas materias primas fibrosas también pueden hacer aportes de fibra importantes cuando el consumo de forraje se ve limitado por cargas animales altas, o bien por poco crecimiento del mismo.
3. Dadas las características de la proteína cruda y de los contenidos de carbohidratos no fibrosos de nuestros pastos, las dietas de nuestros hatos de ganado lechero deben balancearse cuidadosamente por sus contenidos de estos nutrimentos. Según el NRC (2001) los requerimientos de fibra detergente neutro del ganado lechero oscilan entre 35 y 25% de la materia seca, y los de carbohidratos no fibrosos entre 36 y 44%, según sea el nivel de producción. Entre los recursos alimenticios del trópico que pueden aportar carbohidratos no fibrosos tenemos el banano verde, la cáscara de banano maduro, la pulpa de cítricos fresca y la melaza de caña de azúcar. Éstos pueden contribuir a mejorar la producción de leche o bien mantenerla en épocas de escasez de forrajes.
4. Debido a que la energía es el nutrimento más limitante para la producción de leche con base en pasturas tropicales, los alimentos balanceados o subproductos que se utilizan para suplementar a nuestros hatos de ganado lechero deben de ser altos en energía.
5. El hato lechero en producción debe suplementarse con sales minerales que contengan calcio, fósforo y magnesio. Los niveles de fósforo no deben exceder los recomendados por el NRC (2001). Así mismo, los niveles de magnesio recomendados por el NRC (2001) deben ajustarse con la fórmula $K : (Ca + Mg)$, especialmente cuando los niveles de potasio en la dieta son altos. En el caso de las vacas prontas, éstas deben suplementarse con fósforo y magnesio. Los niveles de calcio deben mantenerse bajos para prevenir la incidencia de fiebre de leche.
6. Los hatos de vacas lactantes y prontas deben suplementarse con los microelementos zinc, cobre, selenio, cobalto y yodo.

Bibliografía

- AMMERMAN, C.; P. HENRY. 1992. Utilización de subproductos cítricos para ganado. Conferencia internacional sobre ganadería de los trópicos Universidad de Florida. 66p.
- BARTON, B. 1996. Determining If Reproduction is Affected by a Nutrient Imbalance. IN: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana. Pp. 17-32.
- BEEDE, D. 1999. Phosphorus: Nutritional Management for Y2K and Beyond. ? IN: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana. Pp. 51-97.
- CERDAS, R. 1981. Banano de desecho como suplemento a vacas lecheras en pastoreo en diferentes estados de lactancia. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica. UCR/CATIE. 52p.
- CHANDLER, P. 1997. Body condition score can influence milk production, reproduction. Feedstuffs. December 8. Pp. 10-11, 27.
- CHENOST, M; R. SANSOUCY. 2000. Nutritional characteristics of tropical feed sources: natural and improved grasslands, crop residues and agro-industrial by products. Feeding dairy cows in the tropics. FAO. Rome, Italy. 244p.
- COMBELLAS, J.; D. MATA. 1992. Suplementación estratégica en bovinos de doble propósito. IN: Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano. Pp. 99-130.
- COMBS, D. 1998. Grain Supplementation to Grazing Herds. IN: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana. Pp. 51-63.
- COWAN, R. T.; K. F. LOWE. 1998. Tropical and Subtropical Grass Management and Quality. IN: Grass for Dairy Cattle. Eds. J. H. Cherney and D. J. R. Cherney. CABI Publishing. Oxon OX10 8DE. UK. Pp. 101-135.
- CRUZ, M. 2000. Evaluación de la calidad nutricional y económica de los subproductos agroindustriales fibrosos utilizados por la industria de alimentos para animales en Costa Rica. Tesis. Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 168p.
- DAVIDSON, J. A.; L. A. RODRÍGUEZ; D. G. MASHEK; C. C. RISCH; S. J. SCHEUER; T. E. PILBEAM; D. K. BEEDE. 1997. The Beginning is the Most Important Part of the Work: Feeding Fresh Cows Optimally. IN: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana. Pp. 83-104.
- DORMOND, H.; C. BOSCHINI; A. ROJAS. 1998. Efecto de dos niveles de cáscara de banano maduro sobre la producción láctea en ganado lechero. Agronomía Costarricense. 22(1): 3-32.

- DRACKLEY, J. 1997. Minimizing Ketosis in High Producing Dairy Cows. IN: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana. Pp. 63-81.
- FIRKINS, J. 2000. Forage Quality and Feeding Systems for Dairy Cattle. IN: Curso de Nutrición de Ganado Lechero. Balsa, Atenas. Costa Rica. 13p.
- HEINRICHS, J.; M. L. O'CONNOR. 1998. Charting body condition score to trouble-shoot dairy nutrition and reproduction problems. IN: Curso de Nutrición de Ganado Lechero. Balsa, Atenas. Costa Rica. 9p.
- HERRERA, C. 2002. Evaluación del valor nutricional de los residuos agroindustriales energéticos altos en humedad utilizados para la alimentación del ganado bovino en Costa Rica. Tesis. Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 130p.
- HOBLET, K. H. 2000. Effects of Nutrition on Hoof Health. IN: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana. Pp. 41-49.
- HONGERHOLT, D. D.; L. D. MULLER; G. A. VARGA; L. L. FALES. 1993. Effect of supplementing grain differing in undegradable intake protein on yield and composition of milk from lactating cows grazing pasture. *Journal of Dairy Science*. 75 (Suppl. 1): 189. (Abstr.).
- HOOVER, W. H.; S. R. Stokes. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *Journal of Dairy Science*. 74 (12): 3630-3644.
- HORST, R. L.; J. P. GOFF; T. A. REINHARDT; D. R. BUXTON. 1997. Strategies for Preventing Milk Fever in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 80 (7): 1269-1280.
- ISHLER, V. A.; J. HEINRICHS; G. A. VARGA. 1996. From Feed to Milk: Understanding Rumen Function. Extension Circular N° 422. College of Agricultural Sciences, Cooperative Extension. The Pennsylvania State University. University Park, Pa. USA. 27 p.
- JONES-ENDSLEY, J. M.; M. J. CECAVA, T. R. JOHNSON. 1997. Effects of dietary supplementation on nutrient digestibility and milk yield on intensively grazed lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 80 (12): 3283-3292.
- MC DOWELL, L. R.; J. VELÁSQUEZ -PEREIRA; G. VALLE. 1997. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Tercera Edición. Centro de Agricultura Tropical. Universidad de Florida. Gainesville, Florida. 84p.

- MERTENS, D. R. 1992. Nonstructural and Structural Carbohydrates. IN: Large Dairy Herd Management. Ed. by H. H. Van Horn and C. J. Wilcox. American Dairy Science Association. Champaign, Il. USA. Pp. 219-235.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th rev. ed. National Academy Press. Washington, D. C. 157p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. National Academy Press. Washington, D. C. 381p.
- PATE, J. L. 1999. Effects of Energy Balance on Ovarian Function. IN: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana. Pp. 33-40.
- PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY. 1995. Dairy Reference Manual. Third Ed. Ed. By R. S. Adams et al. Ithaca, N. Y. 293p.
- PRESTON, T. R. 2000. Matching livestock systems with available resources. Feeding dairy cows in the tropics. FAO. Rome, Italy. 244p.
- REID, R. L.; G. A. JUNG. 1982. Problems of Animal Production from Temperate Pastures. IN: Nutrition Limits to Animal Production From Pastures. (Ed. By J. B. Hacker). Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham House. U. K. Pp. 21-43.
- SAN MARTIN, F.; D. PEZO; M. E. RUIZ; K. VOHNOUT; H. H. LI PUN. 1993. Supplementation of cattle with green banana. I. Effect of digestion parameters of the fibre in sugar cane tops. Producción Animal Tropical. República Dominicana. 8: 215-222.
- SÁNCHEZ, J. ML. 2000. Hipomagnesemia. Un Desbalance Metabólico Subestimado en Nuestros Hatos de Ganado Lechero. Aceptado para su publicación en la Revista Nutrición Animal Tropical.
- SÁNCHEZ, J. ML. 1995a. El Balance Cación Anión en la Nutrición del Ganado Lechero. Nutrición Animal Tropical. 2 (1): 3-29.
- SÁNCHEZ, J. ML. 1995b. El Yodo en la Nutrición del Ganado Bovino. Nutrición Animal Tropical. 2 (1): 95-120.
- SÁNCHEZ, J. ML.; E. VARGAS; C. CAMPABADAL; H. FONSECA. 1986. Contenido proteico y mineral de los forrajes de la zona montañosa central de Costa Rica . Agronomía Costarricense. 10 (1/2): 179-198.
- SÁNCHEZ, J. ML.; H SOTO. 1993. Estimated Values of Net Energy for Lactation of Tropical Pastures. Journal of Dairy Science. 76 (Suppl. 1): 215 (Abst.).

- SÁNCHEZ, J. ML.; H. SOTO. 1997a. Contenido Estimado de Energía para la Producción de Leche de los Forrajes del Distrito de Florencia, Cantón de San Carlos. *Agronomía Costarricense*. 21 (2): 273-278.
- SÁNCHEZ, J. ML.; H. SOTO. 1997b. Estimación de la Calidad Nutricional de los Forrajes del Cantón de San Carlos. III. Energía para la Producción de Leche. *Nutrición Animal Tropical*. 5 (1): 31-49..
- SÁNCHEZ, J. ML.; H. SOTO. 1999a. Niveles de Energía Estimada en los Forrajes de un Distrito de Mediana Producción Lechera, Fortuna de San Carlos en la Zona Norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 23 (2): 179-185.
- STALLINGS, C. C.; F. JANICKI. 1986. Fiber in Dairy Rations. *Feeding and Nutrition*. IN: http://www.inform.umd.edu/EdRes/topic/AgrEm/ndd/feeding/fiber_IN_DAIRY_RATIONS.html
- TYRRELL, H., F.; P. W. MOE. 1975. Symposium-Production Efficiency in the high Producing Cow. Effect of Intake on Digestion Efficiency. *Journal of Dairy Science*. 58: 1151..
- UNDERWOOD, E. J. 1983. *Los Minerales en la Nutrición del Ganado*. 2da. Ed. España, Editorial Acribia. 210p.
- VARGAS, E.; R. SOLÍS; M. TORRES; L. MCDOWELL. 1992. Selenio y Cobalto en Algunos Forrajes de Costa Rica: Efecto de la Época Climática y el Estado Vegetativo. *Agronomía Costarricense*. 16 (2): 171-176.
- VAN SOEST, J. P. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd. Ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, N. Y. U. S. A. 476p.
- VILLARREAL, M. 2000. *Curso de Agrostología*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Santa Clara, San Carlos. Costa Rica. Mimeografiado. Sp.
- WEISS, W. P. 2000a. Energy Nutrition. IN: *Curso de Nutrición de Ganado Lechero*. Balsa, Atenas. Costa Rica. 1-9p.
- WEISS, W. P. 2000b. Update on Mineral Requirements for Dairy Cattle. . IN: *Curso de Nutrición de Ganado Lechero*. Balsa, Atenas. Costa Rica. 1-10p.
- WEISS, W. P. 2000c *Nutritional Management for Dairy Cattle Grazing Intensively Managed Pastures*. IN: *Curso de Nutrición de Ganado Lechero*. Balsa, Atenas. Costa Rica. Pp. 1-6.
- WEISS, W. P. 1997. Energy Values for Feeds. IN: *Tri-State Dairy Nutrition Conference*. Fort Wayne, Indiana. Pp. 171-181.