

UTILIZACIÓN EFICIENTE DE LAS PASTURAS TROPICALES EN LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO LECHERO

Jorge Ml. Sánchez

Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
E-mail: jmsanche@cariari.ucr.ac.cr

RESUMEN

La ganadería tropical debe basar la alimentación en el uso intensivo de los pastos y forrajes, ya que éstos pueden producir a bajo costo una parte sustancial de los nutrimentos requeridos por nuestros hatos de ganado bovino. Para que las pasturas realmente hagan aportes significativos a la economía de la finca, el productor debe conocer el estado fisiológico de mayor producción y mejor calidad en que debe cosecharlas, así como sus bondades y limitaciones para satisfacer las necesidades nutricionales de los animales. Utilizando el programa de evaluación de sistemas de alimentación del NRC (2001), se evidencia que la energía en su forma de carbohidratos fácilmente disponibles en el rumen es el primer nutrimento limitante para la nutrición, los cuales determinan la cantidad de leche que puede producir una vaca, o gramos de peso que puede ganar una novilla de reemplazo, en nuestros sistemas de pastoreo. Cuando los pastos son de los géneros *Cynodon*, *Pennisetum*, *Brachiaria* o *Panicum* y las producciones de leche son superiores a 6 o 7 kg/vaca/día, la suplementación proteica también debe considerarse. Una alimentación bien balanceada no sólo permite una producción rentable de leche, si no también buenos índices reproductivos y ganancias de peso.

Palabras clave: pastos tropicales, suplementación, calidad de forrajes, contenido energético.

INTRODUCCIÓN

Los pastos constituyen la principal fuente de nutrimentos para la alimentación del ganado bovino en las regiones tropicales. Sin lugar a dudas, el principal atributo de los pastos tropicales es su gran capacidad para producir

materia seca, lo que los hace ideales para suministrar proteína, energía, minerales, vitaminas y fibra al ganado bovino especializado en la producción de leche, así como al doble propósito y de carne. La gran capacidad que tienen los forrajes tropicales para producir biomasa se debe a que son C₄; o sea que sus procesos fotosintéticos son muy eficientes; a que su selección estuvo orientada hacia la producción de materia seca y a que se desarrollan en regiones geográficas donde la irradiación solar y la temperatura ambiente les permite crecer en forma más o menos continua durante todo el año (siempre y cuando dispongan de suficiente humedad) (Minson 1990; Van Soest 1994). Producciones de biomasa de 15 a 30 toneladas de materia seca (t MS)/ha/año son comunes en pastos como kikuyo, estrella, brachiarias y guineas.

El pasto estrella bien manejado; cuyos contenidos de proteína cruda y energía metabolizable son 18 % y 2,15 Mcal/ kg de MS, respectivamente; puede aportarle a una vaca lechera la proteína cruda requerida para producir alrededor de 17 kg leche/día, mientras que con la cantidad de energía que ese pasto le suministra puede producir sólo de 4 a 6 kg de leche. Así mismo, una novilla de reemplazo que pastorea esa misma gramínea forrajera puede consumir la proteína necesaria para ganar 2 kg por día. Sin embargo, el consumo de energía le permite ganar entre 300 a 350 g/día. Lo anterior pone en evidencia la importancia de conocer el estado fisiológico en que se deben cosechar los pastos, así como sus bondades y limitaciones para satisfacer las necesidades nutricionales de los animales. Esto nos permite desarrollar prácticas de manejo de las pasturas y de suplementación nutricional de los animales que potencien el uso de los forrajes y la capacidad productora de nuestros hatos de ganado bovino.

En un mundo globalizado, los países tropicales tienen que basar la producción lechera en el uso de sus propios recursos: los pastos y forrajes. Las pasturas, además de ser la fuente de nutrimentos más barata que se puede producir en nuestro medio, tienen la particularidad de estimular la producción de compuestos que le dan valor agregado a la leche, tales como el ácido linoleico conjugado. En los últimos años ha habido gran interés por este ácido graso ya que se ha demostrado que es un anticancerígeno potente y que las vacas cuya alimentación se basa en el uso intensivo de las gramíneas forrajeras lo secretan en cantidades mayores que los animales que están en estabulación (Ip *et al.*, 1994; Belury, 1995; Kelly *et al.*, 1998). A los alimentos que son fuente de sustancias como el ácido linoleico conjugado se les denomina alimentos funcionales y la producción y comercialización de éstos tienen un gran futuro en las sociedades concientes de su calidad de vida.

El objetivo de esta ponencia es analizar aspectos de la fisiología de la planta que determinan sus ciclos o períodos de pastoreo o cosecha, la producción y valor nutricional de las pasturas tropicales, sus limitaciones para nutrir al hato de ganado bovino, así como dar las bases para la suplementación del mismo.

LA BIOLOGÍA DE LA PLANTA Y SU UTILIZACIÓN

El manejo de las pasturas debe orientarse a la producción de cantidades grandes de biomasa, la cual a su vez debe ser de buen valor nutricional y aprovechada por los animales. Todo esto dentro de un concepto de persistencia de las pasturas y de agricultura sostenible.

La determinación de la edad o del estado fisiológico al que se deben pastorear o cosechar los forrajes es crítica para obtener el mejor aprovechamiento posible de los mismos. Ese mejor aprovechamiento se logra cuando se obtiene el mejor balance entre la producción de materia seca y la calidad de la misma; o sea cuando se obtiene la mayor producción de materia seca digestible (o energía digestible) por unidad de superficie por año.

Cuando la planta es pastoreada o cosechada pierde las hojas en forma parcial o total y a partir de ese momento sobrevive gracias a la energía que le aportan las reservas de carbohidratos solubles en agua de las partes remanentes de la planta. Esas reservas las usa para producir rebrotes y así recobrar su capacidad de fotosintetizar y producir follaje nuevamente. Durante este período de defoliación las raíces detienen su crecimiento y la duración del mismo puede ser de varios días e incluso semanas, dependiendo de la especie forrajera y de cuán severa hubiera sido la pérdida de las hojas. Cuando la planta se recupera y aparecen los primeros rebrotes es el momento en que el forraje recobra su capacidad de fotosintetizar y de acumular nuevamente carbohidratos solubles, lo que constituye una señal para que las raíces reanuden su crecimiento. Según Fulkerson y Donaghy (2001) el período mínimo al que deben pastorearse las gramíneas está determinado por el momento en que la planta ha recuperado su capacidad plena para almacenar carbohidratos solubles en agua, lo cual varía entre especies forrajeras. Si las plantas se pastorean antes la pastura no puede recuperarse y muere, propiciándose la invasión de malezas. Así mismo, el período máximo de pastoreo está dado por el momento en que aparecen las primeras hojas senescentes y la pastura empieza a perder su calidad nutricional. Investigaciones realizadas por Reeves y Fulkerson (1996) en el manejo de pastos tropicales como el kikuyo, indican que el estado adecuado para pastorear este forraje es de 4,5 hojas de crecimiento. Este estado vegetativo corresponde al período de cosecha en que se obtiene la mayor producción de materia seca digestible por año.

Forrajes de corte como los del género *Pennisetum* deben cosecharse en su estado de prefloración, el maíz en su estado de leche, el sorgo en el estado de masa y la caña de azúcar cuando la planta está madura. Ésta última tiene la ventaja de que conserva su calidad nutricional durante un período largo, por lo que es un excelente recurso forrajero para suplementar durante el verano.

En relación al valor nutricional de los pastos y forrajes debe considerarse que cuando

éstos maduran sus contenidos de proteína cruda y de carbohidratos no fibrosos se reducen y que el contenido de pared celular y su grado de lignificación se incrementa, por lo que su valor nutricional y el consumo se deprimen (Van Soest, 1994). Lo anterior pone en evidencia la necesidad de determinar cuál es el mejor período de pastoreo de los forrajes de una finca en particular.

En el Cuadro 1 se denotan las edades o estados fisiológicos recomendados para pastorear o cosechar diferentes especies de pastos. Los rangos nos indican que para cada finca, en las cuales difiere el clima, los suelos, la fertilización y la carga animal, debemos buscar el mejor momento para utilizar las pasturas.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE LOS PASTOS TROPICALES

En Cuadro 1 se indican valores de producción de materia seca de algunos pastos y forrajes utilizados frecuentemente en la alimentación del ganado bovino en zonas tropicales. Como se puede observar el rango de producción de materia seca de las diferentes especies es amplio, lo cual se debe a una serie de factores entre los cuales podemos citar la especie de planta o accesión de la misma, fertilidad del suelo, temperatura ambiente,

irradiación solar, disponibilidad de agua y manejo de la planta (edad, estado vegetativo, frecuencia e intensidad de pastoreo o cosecha, nivel y clase de fertilizante utilizado, control de malezas, plagas y enfermedades) (Hopkins, 2000).

En este cuadro se indican los períodos a que se deben pastorear o cosechar los forrajes para obtener los mayores rendimientos de biomasa de buena calidad nutricional. Los rangos de utilización son amplios; ya que la producción de forraje y su calidad está dada por los factores antes citados. Por lo tanto, para cada finca hay que determinar cuál es el mejor tiempo de utilización de las pasturas, el cual debería de estar dentro de los rangos propuestos. La experiencia de los técnicos de la zona o el personal de campo de la finca es muy valiosa para establecer estos períodos de pastoreo o cosecha.

En fincas comerciales de ganado lechero en el trópico húmedo de Costa Rica (distrito de Quesada, cantón de San Carlos); donde se ha establecido la edad óptima de cosecha del pasto estrella (producciones de 28,5 t MS/ha /año y contenidos de 18,5 % de PC y 2,52 Mcal de ED/kg MS o 1,32 de ENL); hemos evaluado la disponibilidad y utilización de este pasto durante un período de dos años, encontrando los valores que se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Producción de materia seca de algunos forrajes de uso común en el trópico.

Especie	Producción t MS/ha	Observaciones (Edad de rebrote o corte)
Kikuyo (<i>P. clandestinum</i>)	20 a 25 por año	30 a 40 días. Pastoreo
Estrella africana (<i>C. lemfuensis</i>)	20 a 30 por año	20 a 30 días. Pastoreo
Brizantha (<i>B. brizantha</i>)	20 a 25 por año	21 a 28 días. Pastoreo
Toledo (<i>B. brizantha</i> cv. Toledo)	25 a 30 por año	21 a 28 días. Pastoreo
Dictyoneura (<i>B. dictyoneura</i>)	10 a 15 por año	25 a 30 días. Pastoreo
Humidícola (<i>B. humidicola</i>)	8 a 10 por año	25 a 30 días. Pastoreo
Mulato (<i>Brachiaria</i>)	25 a 30 por año	21 a 28 días. Pastoreo
Jaragua (<i>H. rufa</i>)	12 a 20 por año	35 a 40 días. Pastoreo
Guinea (<i>P. maximum</i>)	18 a 28 por año	30 a 40 días. Pastoreo
Tanzania (<i>P. maximum</i>)	20 a 25 por año	30 a 40 días. Pastoreo
Mombaza (<i>P. maximum</i>)	20 a 28 por año	30 a 40 días. Pastoreo
King Grass, Camerum, Taiwán (<i>P. purpureum</i>)	6,5 a 8,5 por corte	40 a 75 días. Corte
Sorgo (<i>S. vulgare</i>)	5 a 6 por corte	45 a 75 días. Corte
Caña de azúcar (<i>S. officinarum</i>)	30 a 45 por corte	Corte anual.
Maíz (<i>Z. mayz</i>)	8 a 10 por corte	75 a 90 días. Corte
Maní forrajero (<i>Arachis pintoii</i>)	5 a 7 por corte	60 a 90 días. Corte
Cratylia (<i>Cratylia argentea</i>)	3 a 5 por corte	75 a 90 días. Corte

Fuente: Peters *et al.* (2003).

Cuadro 2. Disponibilidad y porcentaje de utilización promedio durante un período de dos años del pasto estrella, en tres fincas comerciales de ganado lechero en el trópico húmedo de Costa Rica.

Nº de finca	Período de rebrote días	Disponibilidad kg MS/ha/cosecha	% de utilización
1	27	4.790	41,8
2	30	4.663	43,3
3	29	6.390	43,5

CALIDAD DE LOS PASTOS Y FORRAJES TROPICALES

Aporte de nutrimentos de los pastos y forrajes tropicales

Los nutrimentos que deben analizarse de rutina son proteína cruda, fibra detergente neutro, energía estimada (total de nutrimentos digestibles, energía digestible, metabolizable o neta) o bien digestibilidad *in vitro* de la materia seca. Además, calcio, fósforo, magnesio y potasio.

La proteína cruda consumida por los animales rumiantes puede ser degradada por los microorganismos del rumen o bien sobrepasar el mismo, por lo que es deseable conocer cuánto de esa proteína es degradable en el rumen (fuente de nitrógeno para el crecimiento microbial) y cuánta no degradable en el mismo, pero digerida a nivel intestinal (fuente dietética de aminoácidos para el animal).

Por ser la energía uno de los nutrimentos más limitantes para la producción del ganado lechero que se alimenta con pastos y forrajes tropicales es necesario conocer el contenido de la misma. La determinación directa del contenido de energía de un alimento es sumamente costosa, por lo que hay que acudir a métodos indirectos como las ecuaciones de regresión para estimarla. Durante los últimos 10 años hemos utilizado

con mucho éxito, en la Universidad de Costa Rica el modelo mecanístico adoptado por el NRC (NRC 2001, Weiss *et al.*, 1999) para lograr este objetivo. Este modelo se basa en fracciones uniformes de los alimentos y en la digestibilidad

verdadera. No es específico para una población y responde a cambios en la concentración de aquellos nutrimentos que afectan el contenido de energía disponible, tales como la proteína cruda, el extracto etéreo, los carbohidratos no fibrosos, la fibra detergente neutro (FDN), la fibra detergente ácido (FDA), nitrógeno en FDN y FDA, la lignina y las cenizas. Durante el desarrollo de este modelo, el mismo se probó en granos, subproductos agroindustriales y forrajes, entre los cuales algunos eran tropicales (Weiss *et al.*, 1999; W. P. Weiss, comunicación personal).

El contenido de fibra de los forrajes es un buen indicador de la calidad de los mismos. Los forrajes con cantidades menores de fibra por lo general son más digestibles y se consumen en cantidades mayores que los forrajes con cantidades mayores de esta fracción nutricional. Las raciones del ganado lechero requieren de una cantidad mínima de fibra de composición química y características físicas apropiadas para mantener un consumo de materia seca y energía adecuados, mantener la fermentación ruminal normal, el porcentaje de grasa láctea y contribuir a la prevención de desbalances metabólicos durante el periparto (Van Soest, 1994; Ishler *et al.* 1996).

Por lo general los microminerales no se analizan en forma rutinaria. Los análisis de microelementos practicados a forrajes del trópico americano indican que los minerales cobre, zinc, yodo, selenio y cobalto son deficientes para la nutrición del ganado lechero, por lo que los suplementos minerales de buena calidad deben contener dichos minerales. Por ser el manganeso de tan baja biodisponibilidad, se recomienda su incorporación en los suplementos minerales para garantizar un buen suministro del mismo.

Los forrajes se deben analizar en invierno y en verano y una vez que se tenga una idea clara del valor nutricional de los forrajes de una finca, se deben analizar solo aquellos nutrimentos que son indicadores, tales como la proteína cruda y si es posible la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (Cowan y Lowe, 1998). La comparación de estos parámetros con valores previos de la finca o región sugiere la

frecuencia con que se deben analizar las pasturas.

Una vez que se obtengan los resultados del laboratorio, éstos deben analizarse de una manera crítica ya que durante el muestreo o el análisis se pudieron haber cometido errores. La comparación de los resultados reportados por el laboratorio con valores promedio para la zona puede ayudar a detectar posibles errores. Si todos los valores del laboratorio lucen sospechosos pudo haber ocurrido un error de muestreo. Si por el contrario los valores dudosos son pocos, el error puede tener otras causas. Otra de las maneras de analizar la validez de los resultados es analizando las relaciones que existen entre los nutrimentos, por ejemplo la relación proteína cruda: fibra. Los forrajes con concentraciones altas de proteína cruda por lo general contienen cantidades bajas de fibra (Cherney, 2000).

Valor nutricional

Con respecto al valor nutricional de los pastos y forrajes tropicales, la relación entre la composición química y biológica de los mismos y los requerimientos nutricionales de nuestros

hatos de ganado bovino, indica que nuestros pastos y forrajes son de mediano a bajo valor nutricional. Los forrajes que crecen en el trópico tienen alrededor de 15 unidades de digestibilidad menos que aquellos que se desarrollan en clima templado, lo que se debe a que tienen una cantidad mayor de pared celular y un contenido menor de carbohidratos de fácil fermentación en el rumen, o sea carbohidratos no fibrosos (CNF). Así mismo, esa pared celular es más lignificada y por lo tanto menos digestible. La poca cantidad de carbohidratos no fibrosos de los pastos tropicales no permite una utilización adecuada de la proteína dietética por parte de los microorganismos del rumen (Van Soest, 1994).

En Cuadro 3 se presenta la composición nutricional promedio de algunos pastos y forrajes tropicales. El primer valor corresponde a los valores más frecuentes encontrados durante la época seca o de menor precipitación y el segundo valor se obtuvo durante la época lluviosa. Esta información proviene de fincas ganaderas comerciales ubicadas en diferentes zonas del trópico húmedo de Costa Rica.

Cuadro 3. Composición nutricional de algunos forrajes de uso frecuente en fincas de ganado bovino en el trópico, los cuales se han analizado en Costa Rica.

Especie	Nutrimento					
	MS	PC	FDN	CNF	ED	ENL
	% de MS				Mcal/kg MS	
Kikuyo	19-14	21-23	60-62	9,0-10,0	2,8-3,0	1,3-1,4
Estrella	25-22	13-18	72-70	5,0-8,0	2,2-2,6	1,1-1,3
Brizantha	25-21	10-12	70-69	7,0-9,0	2,4-2,6	1,2-1,3
Toledo	25-20	9-11	69-67	8,0-10	2,4-2,7	1,2-1,3
Dictyoneura	31-22	7-10	72-71	7,0-8,0	2,4-2,5	1,2-1,3
Mulato	20	11,5	65	9,0	2,6	1,3
Jaragua	35-20	4-8	75-69	5,0-8,0	1,8-2,1	0,9-1,0
Guinea	19	11	68	8,0	2,3	1,2
King Grass	17	9	72	6,0	2,1	1,1
Camerún	17,5	8,6	71	8,0	2,2	1,1
Maralfalfa (<i>Pennisetum</i> sp.)	28,7	7,5	71	9,0	2,25	1,1
Sorgo	23	9,0	61	18	2,5	1,3
Caña de azúcar	27	3,6	61,9	30	2,8	1,5
Cogollo de caña	26	7,0	63,3	12	2,4	1,2
Maíz	28	8,5	47	30	3,0	1,5
Ensilaje de maíz	34	8,9	46	8	3,0	1,5
Maní forrajero	21	23	61	15	2,6	1,3
Cratylia	28	16	70	9,0	2,2	1,1

Fuente: Sánchez y Soto, 1997 a y b; Sánchez y Soto, 1999 a y b.

Aunque la composición mineral de los forrajes es variable por estar determinada por la fertilidad del suelo, la especie de forraje y su edad de cosecha o pastoreo (Mc Dowel *et al.*, 1997), para tener una idea global sobre los minerales más limitantes para la producción del ganado bovino en nuestro medio, en el Cuadro 4 se presentan valores promedio del contenido de macro y microminerales analizados en cientos de muestras de forrajes cosechadas en Costa Rica.

LIMITACIONES DE LOS FORRAJES TROPICALES PARA SATISFACER LAS NECESIDADES DEL GANADO BOVINO

Para estimar la cantidad de leche que se puede producir con base en forrajes de uso frecuente en el trópico americano y determinar los nutrimentos que son más limitantes para la alimentación del ganado lechero en la región, se hicieron balances nutricionales utilizando el Modelo del NRC (2001). Como animal promedio se tomó una vaca de 500 kg de peso que produce leche con 3,60 % de grasa, 3,3 de proteína y 4,85 de lactosa. Para determinar los nutrimentos más limitantes para alimentar novillas de reemplazo se hizo una simulación similar, utilizando en este caso una novilla de 300 kg de peso vivo. Se asume que los animales consumen forraje a libre voluntad.

Al analizar la capacidad de los forrajes

para suplir nutrimentos al ganado lechero en producción se encontró que la energía es el nutrimento más limitante y por lo tanto el que determina la cantidad de leche que puede producir un animal (NRC 2001), con base en forrajes. Las vacas que consumen los pastos estrella, brizanta, mulato, dictioneura y tanzania reciben alrededor de 16,9; 16,2; 16,4; 15,4 y 15,5 Mcal de Energía Neta de Lactancia (EN_L) por día. Si se asume que estos animales caminan de los potreros o apartos a la sala de ordeño alrededor de 250 m por día en un terreno quebrado o 1500 m en uno plano, con ese suministro de energía pueden producir alrededor de 5,4; 5,4; 5,7; 4,3 y 4,4 kg de leche con 3,35 % de grasa por día, respectivamente. Se asume que la leche producida proviene únicamente de la energía consumida.

Debido a la similitud que existe en el valor nutricional del pasto *Brachiaria brizantha* con otras especies del género *Brachiaria* como *B. decumbens* y *B. brizantha* cv. Toledo, los comentarios que haremos con respecto a la *B. brizantha* se pueden aplicar a las otras. De igual manera para los pastos Tanzania y Guinea.

La energía que los forrajes les suministran a las vacas, proviene especialmente de la celulosa y hemicelulosa de la pared celular y de los azúcares y almidones o sea los

Cuadro 4. Contenido mineral de algunos forrajes de uso frecuente en fincas de ganado bovino en el trópico americano, los cuales se han analizado en Costa Rica.

Especie	Nutrimento					
	Ca	P	Mg	K	Zn	Cu
	% de MS			mg/kg MS		
Kikuyo	0,37	0,33	0,30	3,5	26	10
Estrella	0,32	0,30	0,20	2,8	36	8
Brizantha	0,35	0,20	0,25	2,7	30	6
Toledo	0,35	0,25	0,23	2,9	36	8
Dictyoneura	0,22	0,22	0,21	2,3	25	5
Jaragua	0,35	0,22	0,20	1,8	21	7
Guinea	0,40	0,33	0,30	2,0	40	12
King Grass	0,38	0,30	0,28	2,2	38	3
Sorgo	0,50	0,21	0,27	1,8	30	9
Caña de azúcar	0,44	0,19				
Cogollo de caña	0,47	0,51				
Maíz	0,28	0,26	0,20	1,4	25	6
Maní forrajero	0,80	0,35	0,32	3,6	45	10
Cratylia	0,50	0,33	0,32	3,5	26	10

Fuente: Sánchez, J. Ml. (Información no publicada)

carbohidratos no fibrosos presentes en el contenido celular. Si los forrajes se pastorean o cosechan en un estado vegetativo adecuado dichos carbohidratos son muy disponibles y el forraje aporta más energía. Si por el contrario los forrajes se utilizan en su estado maduro, los almidones y azúcares en ese estado vegetativo ya se han convertido parcialmente en pared celular, la cual a su vez es poco digestible por la lignificación que caracteriza a los forrajes maduros (Van Soest, 1994). Las proteínas y grasas de los forrajes también son fuentes de energía; sin embargo, ellas son de menor importancia en los pastos en cuanto al aporte de energía (NRC, 2001). Lo anterior indica que los forrajes deben pastorearse o cosecharse en el momento en que exista una buena producción de biomasa y a su vez una buena digestibilidad y aprovechamiento de la misma.

De las 16,9; 16,2; 16,4; 15,4 y 15,5 Mcal de EN_L que pueden consumir por día las vacas que pastorean los pastos Estrella, *B. brizantha*, Mulato, *B. dictyoneura* o Tanzania aproximadamente 3,7 Mcal de EN_L son utilizadas para pastorear y recorrer la distancia de los potreros a la sala de ordeño. Con esta cantidad de energía los animales podrían producir alrededor de 5 kg de leche con 3,35 % de grasa (NRC, 2001). El ahorro de energía que tienen las vacas en los sistemas estabulados y semiestabulados, al no tener que trasladarse o trasladarse menos veces al día de los potreros a la sala de ordeño, es una de las principales ventajas que esos sistemas de producción.

Si las vacas se encuentran en el inicio de la lactancia producen más leche de lo que les permite la cantidad de energía suministrada por el forraje y esto se debe a la movilización de los reservas de grasa, o sea su condición corporal empieza a reducirse gradualmente. Una vaca de 500 kg de peso vivo al pasar de una condición corporal de 3,5 a 3 pierde una cantidad de grasa que produce 150 Mcal de EN_L, energía con la cual puede producir alrededor de 200 kg de leche con 3,35% de grasa (NRC 2001). Lo ideal es que una vaca con una condición corporal de 3,5 y que durante el pico de la lactancia (segundo a tercer mes de lactación) pierda de medio a un punto de condición, el cual debe de

ganar durante la segunda mitad de la lactancia (Weiss, 2006a).

Las vacas con mediano o alto potencial para la producción de leche que están en pastoreo y que no se suplementan adecuadamente durante el parto y el inicio de la lactancia están sometidas a un balance negativo importante, el cual 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 (Chandler, 1997; Combs, 1998). Si el animal no tiene grasa para movilizar producirá tanta leche como se lo permita la cantidad de energía presente en la dieta (Davidson *et al.*, 1997; Drackley, 1997).

Para prevenir en el hato de ganado lechero los problemas antes discutidos y evitar que se caiga en una situación de niveles bajos de producción, condición corporal pobre e índices reproductivos bajos debemos acudir a la suplementación energética.

El análisis de las raciones basadas en forrajes indica que la energía en su forma de carbohidratos no fibrosos es el primer nutrimento limitante y que estos no solo limitan el nivel de producción de leche, sino también el aprovechamiento de la proteína que aportan pastos como estrella. Las vacas que consumen pasto estrella con 18 % de PC están ingiriendo un exceso de 250 g de proteína degradable en el rumen. Para que los microorganismos del rumen puedan utilizar ese exceso de proteína degradable y que el animal pueda producir más leche, la vaca debe suplementarse con fuentes de carbohidratos no fibrosos, o sea fuentes de azúcares (melaza de caña de azúcar), pectinas (frutas y los subproductos de su procesamiento) y almidones (granos como el maíz, sorgo, trigo o arroz, así como los subproductos de su procesamiento). Se recomienda que los alimentos balanceados contengan más de 50 % de CNF.

Los pastos estrella, brizanta, mulato, dictioneura y tanzania contienen niveles de carbohidratos no fibrosos de 7,5; 10; 11; 9 y 9 %, respectivamente; aunque no hay información

sobre el nivel óptimo de estos nutrimentos en raciones basadas en forrajes, sí se sabe que los mismos son muy bajos para promover una buena fermentación ruminal. El NRC (2001) recomienda niveles de carbohidratos no fibrosos de 38 % para la ración total.

Cuando las novillas de reemplazo se crían a base de forrajes abundantes y de buen valor nutricional, éstas pueden recibir del pasto estrella alrededor de 16 Mcal de energía metabolizable por día. Si los forrajes son brachiarias o guineas el consumo de energía será de 15,5. Con esta energía de la dieta la ganancia de peso esperada es 300 a 350 g/día o 200 a 250 g, respectivamente. En ambos casos la energía en su forma de carbohidratos de fácil disponibilidad es el primer nutrimento limitante, tal y como lo es para las vacas en lactación (NRC, 2001).

PRODUCCIÓN DE LECHE CON BASE EN LOS FORRAJES DE USO FRECUENTE EN EL TRÓPICO AMERICANO Y LAS NECESIDADES DE SUPLEMENTACIÓN

Si a animales que consumen pasto estrella se les suple 2 kg melaza/día, los niveles de producción de leche se pueden incrementar a 8,0 - 8,5 kg/vaca/día. Para lograr niveles de producción mayores, además de los carbohidratos no fibrosos, la proteína cruda debe considerarse en la suplementación. Alimentos balanceados con 15 a 16 % de proteína cruda y 1,7 a 1,8 Mcal de energía neta de lactancia, o 3,0 a 3,2 de energía digestible por kilogramo son adecuados.

En el trópico húmedo de Costa Rica (Turrialba) se implementó y evaluó durante un período de 13 años, un sistema de producción de leche basado en el uso intensivo de los pastos. El hato estaba constituido por animales producto del cruce Criollo Centroamericano x Jersey, los cuales pastoreaban pasto estrella con una edad de rebrote de 21 a 24 días y fertilizado con 250 kg N/ha/año. La carga animal era de 6,67 animales/ ha o 5,0 UA/ ha. El ordeño se realizaba dos veces al día en forma mecánica y durante el mismo las vacas recibían el único suplemento nutricional (2 kg de melaza con 60 g

de urea/vaca/día). La evaluación global del sistema indica valores promedio de producción de forrajes de 18,8 t MS/ha/año, el cual tenía 11,2 % de PC y 55 % de DIVMS. El consumo de MS del pasto estrella se estimó en 2,36 % del peso vivo de las vacas, o sea 7,5 kg MS/vaca/día. Las vacas produjeron 9 kg de leche/día. Aunque la producción por animal fue modesta, la buena producción de biomasa del pasto estrella permitió una producción de leche por hectárea muy favorable: 11.790 kg/ha/año. El intervalo entre partos fue de 13 meses. Los indicadores analizados revelaron que el sistema fue biológicamente factible y económicamente viable. El análisis económico indica que la relación costo/beneficio fue 1,29 y que los costos de producción fluctuaron entre el 41 y 89 % del precio de la leche en el mercado interno (Pezo *et al.*, 1999). Algunas lecciones que ha dejado este sistema intensivo de producción de leche indican que los potreros no deben sobrepastorearse, deben renovarse con cierta periodicidad (por ejemplo cada 5 a 7 años) y fertilizarse regularmente según lo indiquen los análisis de suelo. Así mismo, la cría de reemplazos debe de adoptar los sistemas de manejo y alimentación que han emergido en los últimos años (Heinrichs, 2004 y 2006).

Cuando los animales pastorean brachiarias o guineas y los niveles de producción de leche son superiores a 6 a 7 kg/día, la proteína cruda empieza a ser limitante, teniendo que acudir a la suplementación de energía y proteína. La proteína puede ser suplida por asociaciones de gramíneas y leguminosas, bancos de proteína o bien alimentos balanceados, los cuales es deseable que tengan entre 16 y 18 % de PC. Los suplementos líquidos y los bloques nutricionales son una buena alternativa. Las prácticas de suplementación deben considerar que la proteína de los forrajes se degrada en un 60 % en el rumen, un 20 % se digiere en el intestino y el 20 % restante no es aprovechable (Combs, 1998; Jones-Endsley *et al.*, 1997).

Si una vaca adulta dispone de suficiente cantidad de CNF y proteína cruda (parte de la cual puede ser nitrógeno no proteico), ésta puede producir entre 1,5 y 2,5 kg de proteína microbial por día, con lo cual puede producir

entre 13 y 25 kg de leche (Ishler *et al.*, 1996). La proteína de los microorganismos del rumen tienen una composición de aminoácidos similar y en algunos casos mejor, que la que tienen las fuentes de proteína de origen animal y vegetal más utilizadas en la alimentación del ganado lechero. Según Santos *et al.* (1998) la proteína microbiana es considerada una de las mejores fuentes de lisina y metionina entre todas las fuentes de proteína sobrepasante. La metionina y la lisina son los dos aminoácidos más limitantes en la producción del ganado lechero (NRC, 2001). Mientras la harina de pescado tiene 17,2 % de lisina y 6,3 de metionina, la proteína microbiana tiene 17,3 y 5,2, respectivamente (NRC, 2001). Esto hace que la proteína microbiana sea una fuente excelente de aminoácidos para complementar a todas las fuentes proteicas que podamos utilizar en la formulación de las dietas para el ganado lechero en las zonas tropicales. Así mismo, la proteína microbiana es la fuente proteica más barata que podemos suministrarle a un animal.

Para incrementar los niveles de proteína cruda en las pasturas de estrella o los pastos del género *Brachiaria* podemos asociarlas con leguminosas como maní forrajero, *Centrosema* y *Stylosanthes*, las cuales son comunes en el trópico americano y se caracterizan por hacer buenas asociaciones con los pastos antes citados; ser palatables, contener niveles altos de proteína (Cuadro 3) que enriquecen la dieta que consume el animal (no solo porque ellas mismas aportan proteína, sino también porque incrementan el nivel de proteína en la gramínea con la que se asocian) y además fijan cantidades importantes de nitrógeno al suelo (Peters, 2003; Kemp *et al.*, 2002), obteniéndose niveles de fijación de nitrógeno de hasta 300 kg/ha/año. Este nitrógeno estimula la producción de la gramínea y algunos autores informan de un incremento en la producción de *B. decumbens* asociada con maní forrajero de 620 kg MS/ha, en potreros pastoreados cada 35 días (Argel y Villarreal, 1998).

Debido a que el suministro excesivo e inadecuado de los carbohidratos fácilmente fermentables puede conducir a una acidosis ruminal y posteriormente a una laminitis (Hoblet, 2000), se recomienda que la ración total tenga

un mínimo de fibra proveniente del forraje o fibra larga (o sea aquella fibra que promueve la rumia) y un máximo de CNF. Las buenas prácticas de alimentación suministran las fuentes de CNF en varias comidas durante el día, mantienen una relación entre el contenido de CNF y la proteína degradable de 3 a 1 o bien un contenido mínimo de 20 % de fibra detergente neutro (FDNf) proveniente del forraje y un máximo de 38 % de CNF en la ración total (Firkins, 2002; NRC, 2001).

Para determinar la cantidad de alimento balanceado y forraje que debe consumir una vaca para satisfacer sus necesidades de energía se utiliza la siguiente fórmula (Weiss, 2002):

$$EN_{Lr} = EN_{Lc} (X) + EN_{Lp} (CMS - X)$$

$$X = (EN_{Lr} - CMS * EN_{Lp}) / (EN_{Lc} - EN_{Lp})$$

Donde:

CMS: consumo de materia seca (kg/ día)

EN_{Lr}: EN_L requerida (Mcal/ día)

EN_{Lc}: EN_L del alimento concentrado (Mcal/ kg)

EN_{Lp}: EN_L de los pastos (Mcal/ kg)

X: kg de concentrado a suministrar

CMS - X : kg de pasto consumido

La suplementación con fuentes energéticas y proteicas no solo contribuye a incrementar la producción de leche, sino que también contribuye a mejorar la condición corporal (o sea el balance energético de la vaca), lo cual beneficia sustancialmente los índices reproductivos en el ganado lechero (NRC, 2001, Barton, 1996). La condición corporal debe monitorearse durante toda la lactancia para tener un sistema de producción de leche sostenible.

La suplementación con alimentos balanceados (hasta 10 kg de MS) incrementa el consumo total de materia seca, la producción de leche y el contenido de proteína de la misma, no así su nivel de grasa. Sin embargo, hay que considerar el efecto sustitutivo que se da durante la suplementación. Cuando la disponibilidad de la pastura es baja la tasa de sustitución es de 0,20 kg de pasto por kg de alimento balanceado. Así mismo, cuando la

disponibilidad del pasto es alta, la tasa de sustitución de 0,62 (Bargo *et al.*, 2003).

Los hatos con niveles de producción altos, así como aquellos sometidos a estrés calórico, se benefician con la suplementación con grasa. Nuestra experiencia indica que la grasa sobrepasante debe utilizarse a partir de niveles de producción de 20 kg/día en vacas de la raza Holstein. Para animales de la raza Jersey la suplementación de las grasas debe considerarse a partir de niveles de producción 15 kg (Sánchez, 2005). Un animal no debe consumir más de 500 g de grasa sobrepasante/día.

Si la dieta de los animales se basa en los forrajes como en el caso en discusión; y si los animales lo consumen a libre voluntad; éstos deberían satisfacer las necesidades de 20% o más de fibra larga de las vacas (NRC, 2001). En general, la fibra hace aportes importantes de energía en los hatos de baja y mediana producción.

Con respecto a la nutrición mineral, la relación entre los requerimientos del ganado lechero y los niveles de los mismos en los pastos y forrajes, indica que los pastos y forrajes tropicales por lo general no satisfacen las necesidades de calcio, fósforo, magnesio, zinc, cobre, manganeso, selenio, cobalto y yodo. Así mismo, los niveles de potasio por lo general son elevados y pueden interferir con la utilización del magnesio, causando desórdenes metabólicos durante el parto (McDowell *et al.*, 1997; NRC, 2001; Sánchez, 1995; Sánchez, 2000; Sánchez y Goff, 2006; Goff *et al.*, 2005).

Además de los minerales antes indicados debe considerarse la suplementación con sal blanca ya que los forrajes tropicales se caracterizan por ser deficientes en cloro y especialmente en sodio (Cowan y Lowe, 1998).

En relación a los niveles marginales de magnesio y a la relación magnesio: potasio amplia en las dietas a base de forrajes tropicales, éstos pueden conducir a una hipomagnesemia o tetania de los pastos. Los niveles altos de potasio en nuestros pastos pueden interferir con la absorción del magnesio y causar una deficiencia metabólica o secundaria

de este mineral, la cual a su vez interfiere con el metabolismo del calcio, provocando fiebre de leche o hipocalcemia subclínica. Para ajustar los niveles de magnesio en la dieta por los niveles altos de potasio, se ha desarrollado la ecuación: $K : (Ca + Mg)$. Esta relación asume que las cantidades de calcio en la dieta están balanceadas y satisfacen las necesidades de las vacas. Cuando esta relación es mayor a 2 se requiere la adición de más magnesio. El nivel de magnesio no debe ser superior a 0,35 % de la MS de la dieta total. Cuando los pastos de la finca son brachiarias que se desarrollan en zonas húmedas, los niveles de potasio en la dieta total son superiores a 2,5 % en la materia seca, lo cual hace susceptibles a las vacas a la hipomagnesemia e hipocalcemia. Debido a los niveles altos de potasio en los pastos y forrajes, para prevenir la hipocalcemia clínica o fiebre de leche en las vacas en sistemas pastoriles se recomienda el uso de dietas bajas en calcio durante las dos a tres semanas previas al parto, para estimular la homeostasis de este mineral y que el animal pueda satisfacer la alta demanda de calcio que se produce al inicio de la lactancia. Nuestra investigación sugiere fuertemente que el suministro de 10 a 12 g Ca disponible/vaca/día contribuye a reducir sustancialmente la incidencia de este desbalance metabólico en los sistemas de producción que se basan en el uso intensivo de las pasturas (Sánchez, 2000; Sánchez y Goff, 2006; Goff *et al.*, 2005).

En los sistemas de producción de ganado bovino que se basan en el pastoreo, además del magnesio, el cobre también requiere de especial consideración. La ingestión de tierra reduce la biodisponibilidad de este mineral, por lo que se recomienda suministrar un 25 a 50 % más que de los 15 mg/kg en la ración total recomendado por el NRC (2001), o sea la ración total debe tener de 19 a 23 mg de cobre/kg de materia seca (Weiss, 2006b).

Las materias primas que se usan para suplir los minerales deben de ser de alta disponibilidad, tales como el fosfato dicálcico, el óxido de magnesio, carbonato de hierro, sulfatos de cobre, zinc, manganeso y cobalto, yoduro de potasio y selenito de sodio.

LOS FORRAJES EN LOS SISTEMAS DE SEMICONFINAMIENTO Y CONFINAMIENTO

Algunos cultivares de la especie *Pennisetum purpureum* tales como King Grass, Taiwán, Gigante, Elefante Enano y Camerún son muy utilizadas en el trópico americano como forrajes de corte para los sistemas de semiestabulación y estabulación. Estos se caracterizan porque producen cantidades altas de materia seca, reportándose en la literatura producciones de 6,5 a 8,5 t MS/ha cuando se cosechan entre los 40 y 75 días. Estos forrajes deben cosecharse a ras del suelo y la producción media anual oscila entre 40 y 50 toneladas por hectárea por año. Sin embargo, el King Grass cuando se maneja en forma intensiva pueden producir entre 80 y 120 t MS/ha/año.

Estos forrajes de corte se caracterizan por tener cantidades bajas de proteína cruda, con niveles que oscilan entre 8 y 12 % cuando se les cosecha en la prefloración (40 a 75 días dependiendo de la altitud a la que se cultivan). Sus contenidos de energía (2,1 a 2,2 Mcal de ED o 1,0 a 1,1 de EN_L/ kg de MS) y carbohidratos no fibrosos (6 a 10 %) son de medios o bajos y los valores de fibra detergente neutro o pared celular son altos (70 a 72 %). Cuando estos forrajes representan una parte importante de la alimentación del ganado lechero el primer nutrimento limitante que se debe suplementar es la energía en su forma de CNF. A niveles de producción de leche arriba de los 5 kg/vaca/día debe de suplementarse también con fuentes de proteína degradable, tales como las leguminosas, entre las cuales tenemos *Cratylia argentea*, gandul, leucaena o bien materias primas que aportan proteína como la harina de soya, la semilla de algodón, los destilados de maíz secos con solubles (DDGS), o bien alimentos balanceados que contienen de 16 a 18 % de proteína cruda.

Una de las principales consideraciones que se debe tener cuando se cultivan estos forrajes de corte es que ellos pierden su valor nutricional rápidamente, por lo que deben cosecharse en la prefloración. Así, Araya y Boschini (2005) han encontrado que el contenido de proteína cruda promedio de diferentes

cultivares de este género, cuando se cosechan a los 70, 84 (floración), 98 y 112 días de rebrote fueron 13,5, 11,9, 10,4 y 8,9 % en la materia seca de la planta completa y sus relaciones hoja:tallo fueron 1,14, 0,98, 0,92 y 0,80, respectivamente.

Cratylia es una leguminosa arbustiva que se ha constituido en un suplemento proteico importante para la época de verano, ya que su sistema radical le permite ser muy tolerante a la sequía. Cuando se cosecha cada 60 a 90 días y a una altura de un metro se obtiene un buen valor nutricional. Se puede usar en forma fresca (oreada), en pastoreo o bien conservada como heno o ensilado. A nivel de fincas comerciales hemos encontrado contenidos de 16 a 18 % de proteína cruda; aunque a nivel de parcelas experimentales se informa de valores tan altos como 25 %. Un 55 a 60 % de la proteína es degradable, por lo que debe suministrarse con fuentes de CNF como la melaza o la caña de azúcar para que los microorganismos del rumen hagan un buen uso de la misma. Se recomienda no incluir en el follaje el tallo duro (café o marrón) del arbusto, ya que éste por su alto nivel de lignina reduce en forma significativa su valor nutricional. Es un excelente suplemento nutricional para las vacas que pastorean forrajes tropicales, los cuales por lo general contienen entre 10 y 12 % de proteína cruda, especialmente durante el verano. Para calcular el área de *Cratylia* a sembrar para una lechería debe considerarse que los arbustos se siembran cada metro entre plantas y 1,5 m entre hileras, la producción es de 0,7 a 1 kg de materia verde por planta cuando se le cosecha a una altura de un metro cada 60 a 90 días. Si una vaca de mediana producción consume 14 kg MS/día y un 20 % de su dieta está constituido por *Cratylia*, se requerirán de 8 a 12 plantas por animal/día. Si la suplementación se realiza sólo durante la época seca (seis meses al año), la producción de la época de invierno se puede ensilar para usarla en el verano y de este modo se puede reducir el área a sembrar con *Cratylia*.

El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) tiene mucha tradición en el trópico americano. Este cultivo se caracteriza por su alta producción de follaje (100 a 140 t materia verde o 30 a 45 t MS/ha/año),

por ser una excelente fuente de energía (en la forma de azúcares) y por ser un 'silo vivo' muy oportuno para la alimentación del ganado bovino durante el verano. Estas características hacen que este forraje sea una de las principales fuentes de energía en los sistemas semiestabulados. La caña de azúcar debe cosecharse cuando está madura y tiene la particularidad de conservar su valor nutricional durante varios meses, por lo que ésta se cosecha y se ofrece fresca a los animales durante el verano, época en que otras labores agrícolas no demandan mucha mano de obra. Su estado de madurez lo alcanza cuando el jugo tiene más de 12 a 16 grados Brix (Preston, 1986).

La caña de azúcar es alta en energía y a la vez en pared celular, lo cual contribuye a reducir la incidencia de acidosis ruminal cuando el ganado bovino consume esta fuente rica en carbohidratos no fibrosos. Este forraje tiene 30 % de materia seca (valor que es superior al que tienen muchos forrajes de corte), 3,3 proteína cruda, 59 % de pared celular, 2,48 Mcal de ED/kg de MS o 1,25 de EN_L. Lo anterior indica que para que el animal haga un buen uso de este forraje debe de propiciarse un buen ambiente ruminal para la producción de proteína microbiana y ácidos grasos volátiles, y a la vez complementar estos productos de la fermentación ruminal con ingredientes que sobrepasan el rumen, pero que sean digeridos a nivel intestinal. El primer nutrimento que se debe suplementar cuando se utiliza la caña de azúcar es la proteína, especialmente en su forma de proteína degradable.

Entre las fuentes de proteína que se utilizan para suplementarla está la urea, recomendándose el uso de 10 g urea/kilo de caña de azúcar fresca. Cuando se usa la urea los animales deben adaptarse a la misma, para lo cual se ofrece a las vacas durante una primera semana una tercera parte del total de urea a suministrar en la dieta, si los animales aceptan esa urea sin problemas, durante la segunda semana se dan dos terceras partes y en la tercera semana el total de urea a suministrar por día. Otras fuentes de nitrógeno son *Leucaena*, madero negro, poró y *Cratylia*, estos pueden constituir un 20 % de la MS de la dieta. Para

suplir alimentos sobrepasantes a nivel intestinal se suplementan subproductos ricos en lípidos y proteína, entre los cuales están las puliduras del arroz y del trigo y los subproductos de la industria del aceite como las tortas de soya, algodón y palma africana. Estos últimos también se pueden usar hasta en un 20 % de la MS. Las vacas pueden consumir de 10 a 12 kg de caña de azúcar fresca, si no se les suplementa con fuentes proteicas los animales no producen leche. Sin embargo, si se les suplementa con las fuentes de proteína en las cantidades antes mencionadas se pueden lograr niveles de producción de 6 a 8 kilos de leche/vaca/día. Para tener niveles de consumo buenos, la caña debe picarse de 1 a 2 cm (Preston, 1986).

Por las razones antes citadas el ensilaje de caña no es común. Si se desea ensilar debe evitarse el crecimiento de levaduras, ya que éstas convierten los azúcares en alcohol y esto reduce su calidad nutricional. La formación de levaduras se controla incorporando amoníaco en el ensilaje a razón de 24 g/kg de caña de azúcar en base seca. El ensilaje puede ser una alternativa para las épocas de invierno en que la caña no está madura y contiene pocos azúcares, además durante esta época puede ser difícil el acceso a los cañales.

El cogollo de la caña de azúcar representa de un 16 a 18 % de la planta y está constituido por las hojas verdes, las vainas y la caña inmadura. Una de las principales limitaciones que tiene su uso es que la producción del cogollo es estacional; sin embargo, éste puede ensilarse en bolsas plásticas o en silos de costo bajo (Maseeven, 1986). El cogollo fresco contiene niveles de 21% de materia seca, 5 % de PC, 60 de FDN, 45 de FDA, 2,45 Mcal de ED/kg de MS y 1,15 de EN_L, lo cual indica que su valor nutricional es bajo y que su uso debe limitarse a animales de baja y mediana producción de leche. El valor nutricional varía según sea su composición de hojas verdes, vainas y caña. Cuando se usa en sistemas semiestabulados, los otros ingredientes de la dieta deben aportar en primer lugar proteína (especialmente degradable en el rumen) y luego energía en su forma de CNF. La semilla de algodón, la melaza y los subproductos de la molinería del arroz son buenos complementos

para este forraje. El cogollo es palatable y el animal puede consumir el equivalente a 1,5 % de su peso vivo; sin embargo, si éste no se complementa con sus nutrimentos limitantes, el animal pierde condición corporal y en el mejor de los casos se mantiene.

Cuando el cogollo se ensila hay que agregarle al material de 3 a 5 % de melaza (en base fresca) y alguna fuente de nitrógeno como la urea. Esta última se usa a razón de 4 a 5 % del cogollo en base seca, o sea de 0,8 a 1,0% en base fresca. El ensilaje resultante es comparable al que se produce con otras gramíneas forrajeras propias de las regiones tropicales bajas (Maseeven, 1986).

El ensilaje de maíz ha sido el más popular en las explotaciones de ganado lechero semiestabuladas y estabuladas; sin embargo, el sorgo forrajero y el sorgo de grano tienen características para ensilar y de producción de materia seca que les permite competir con el maíz. Cuando un productor decide producir ensilajes de sorgo de grano o forrajero debe considerar que la producción de materia seca y la calidad de éstos están muy influenciadas por el estado de madurez de la planta a la cosecha. En diferentes estudios se ha encontrado de una manera muy consistente que cuando el sorgo se cosecha en el estado de masa, se obtienen cantidades mayores de materia seca por hectárea que cuando se cosecha en los estados de leche o de grano duro. Así mismo, las variedades de sorgo de grano producen ensilajes con cantidades mayores de proteína cruda y niveles de pared celular menores que las variedades de sorgo forrajero y la respuesta animal ha sido mejor. Además, las variedades de grano tienen un valor nutricional más homogéneo y consistente que el que presentan las variedades forrajeras (Bolsen, 2004).

La selección de la variedad de sorgo a sembrar es muy importante para tener éxito con el ensilaje, ya que hay diferencias importantes en cuanto a la altura de la planta, contenido de materia seca, producción de grano y producción de materia seca total, las cuales son determinantes en el rendimiento y valor nutricional del ensilaje (Bolsen, 2004). En Costa Rica se han obtenido producciones de sorgo de

5 a 6 t MS/ha/corte, cuando éstos son realizados entre los 45 y 75 días (Vargas, 2004). Una de las ventajas que tiene el cultivo de sorgo con respecto al maíz es que mientras del maíz se obtiene solo una cosecha, del sorgo se pueden obtener varias. El sorgo negro o perenne (*Sorghun almun*) puede producir durante 5 o 6 años, si se le maneja en forma apropiada. El contenido de proteína cruda del sorgo es moderado (9 %) y la digestibilidad de la misma es menor que la del maíz. Sus niveles de energía son altos (2,5 Mcal de ED/ kg de MS) y equivalen a un 90 a 95 % de la energía que contiene el maíz. Constituyen una buena fuente de fibra para el ganado lechero al tener de 60 a 65 % de pared celular. Esta pared celular es de inferior calidad que la del maíz por ser más lignificada y por lo tanto menos digestible; sin embargo, es una buena fuente de fibra y energía para los sistemas estabulados y semiestabulados (NRC, 2001). Para satisfacer las necesidades del ganado lechero de fibra proveniente del forraje, o sea de fibra larga (aquella que estimula la producción de saliva), el sorgo debe picarse a 0,5 pulgadas o 1,3 centímetros. Los productores no deben depender totalmente del ensilaje de sorgo en grano por el riesgo de obtener una producción pequeña de materia seca durante los años con un verano muy seco (Bolsen, 2004).

La planta de maíz tiene características ideales para ser uno de los principales ingredientes en la alimentación de los hatos de lechería estabulados y semiestabulados. Este cultivo produce cantidades grandes de materia seca (8 a 10 t MS/ ha) cuando se le cosecha a los 75 a 90 días, su contenido de carbohidratos fácilmente fermentables es alto, especialmente en la forma de carbohidratos solubles en agua, contiene de 30 a 38 % de materia seca cuando está en el estado de leche y además tiene baja capacidad buffer, estas características le permiten producir ensilajes de muy buena calidad. Así mismo, aporta cantidades importantes de energía y fibra de muy buena calidad. Cuando el maíz se ensila debe picarse de 9 a 12 mm, cuando no se procesa y si éste se procesa la longitud de picado debe de ser de 18 a 20 mm. Estos tamaños de partícula permiten compactar bien el silo y reducir la presencia de oxígeno en el mismo. Además,

estas partículas son fuente de fibra larga para el animal. Para obtener un buen silo, éste debe abrirse después de 2 a 4 semanas de fermentación. Un silo de buena calidad tiene alrededor de 35 % de MS, 3,0 Mcal de ED/kg de MS o 1,5 de EN_L, 45 % de pared celular y 8,8 % de proteína cruda. Así mismo, debe tener las siguientes características físico-químicas: pH: 3,7 a 3,9; concentración de ácido láctico: 4 a 7 %; ácido láctico: 1 a 3 %; ácido butírico: menos de 0,1 % y amonio menos de 7 % (Weiss, 2004).

El ensilaje de maíz contiene cantidades bajas de proteína cruda y minerales para la alimentación del ganado lechero, por lo que los otros constituyentes de la ración total deben considerar esos nutrimentos. Conforme aumentan los niveles de producción del hato, la suplementación de proteína sobrepasante se hace más importante, así como la de calcio, fósforo, magnesio y los microelementos críticos para la producción de ganado de leche en el trópico americano, a saber cobre, zinc, yodo, selenio, cobalto y manganeso.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Para obtener el mejor aprovechamiento de los forrajes de su finca establezca la mejor carga animal, intervalo entre pastoreos y duración de los mismos. Esto le permitirá producir una cantidad mayor de biomasa de mejor valor nutricional, así como tener una producción animal mayor y más sostenible.
2. Evite pastorear o cosechar los forrajes sazones (maduros), ya que la pared celular de los mismos contiene mucha lignina y ésta reduce su digestibilidad y aprovechamiento. Además, los forrajes sazones son pobres en proteína y carbohidratos no fibrosos y su consumo es bajo.
3. Los carbohidratos fácilmente fermentables en el rumen, o carbohidratos no fibrosos, por lo general son los nutrimentos más limitantes para la utilización eficiente de los forrajes. Los animales que pastorean forrajes tropicales, o que se suplementan con forrajes de corte, deben de suplementarse con fuentes de carbohidratos como las melazas o subproductos de las frutas, evitando causar una sobrealimentación que pueda conducir a una acidosis ruminal.
4. La suplementación de CNF en una relación 3 : 1 con la proteína degradable de la dieta, permite la utilización eficiente de la proteína de los forrajes y la síntesis de proteína microbial, la cual es de excelente calidad.
5. Para evitar la acidosis ruminal, el suministro de cualquier fuente de CNF (alimentos balanceados o subproductos agroindustriales) debe realizarse en forma fraccionada. Así mismo, las raciones deben balancearse por sus contenidos de CNF y carbohidratos estructurales. Las raciones totales (pasto más alimento balanceado) deben contener un nivel máximo de CNF de 38 % y valores mínimos de 29 % de FDN, 20 % de FDN aportada por los forrajes (fibra larga) y 19 % de FDA.
6. Las vacas cuya dieta se basa en el consumo de los forrajes tienden a perder condición corporal de una manera importante al inicio de la lactancia, por lo que el manejo de la alimentación debe tender a que el animal para con una condición de 3,5, que durante el inicio de la lactancia pierda de 0,5 a 1 punto de condición corporal y a que esta pérdida de peso la recuperen durante la segunda mitad de la lactancia. Si no se tiene ese control sobre la nutrición, las vacas tienen problemas reproductivos, picos de producción bajos y lactancias poco persistentes.
7. Si la disponibilidad y consumo de los forrajes es buena, las vacas que consumen el pasto estrella deben suplementarse con alimentos balanceados que contengan de 15 a 16 % de proteína cruda. Si el forraje es una *Brachiaria* o guinea el nivel de proteína cruda del suplemento balanceado debe incrementarse a 17 o 18 %.
8. El hato de ganado lechero en producción debe suplementarse con suplementos minerales que contengan calcio, fósforo, magnesio, cobre, zinc, cobalto, yodo y selenio.

9. Las vacas prontas (2 a 3 semanas previas al parto) deben de consumir alrededor de 20 g de calcio total por día, o 10 a 12 g de calcio disponible, para prevenir la fiebre de leche y la hipocalcemia subclínica. Si los forrajes tienen más de 2,5 % de potasio, ajuste los niveles de magnesio en la dieta total de 0,3 a 3,5 %. Además suplemente cobre, zinc, selenio, yodo, cobalto y manganeso.
10. Los pastos de corte como King Grass, Taiwán, Gigante, Elefante Enano y Camerún deben de cosecharse en la prefloración y suplementarse con fuentes como la melaza. Cuando la producción del hato es superior a 5 kg/vaca/día y estos pastos forman una parte importante de la dieta, también hay que suplementar con proteína usando fuentes como las leguminosas y la harina de soya, la semilla de algodón o de harina de palma africana.
11. La *Cratylia* es una buena fuente de proteína para el ganado lechero durante la época seca. Debido a su contenido alto de proteína degradable debe de complementarse con fuentes de carbohidratos fácilmente fermentables, tales como la melaza o la caña de azúcar.
12. El sorgo y el maíz producen cantidades altas de materia seca, tienen características que les permiten fermentar con facilidad y los ensilajes elaborados con los mismos son fuentes altas de energía para el ganado lechero. Por ser bajos en proteína cruda, estos forrajes deben complementarse con fuentes proteicas.

REFERENCIAS

- Argel, P., Villarreal, M. 1998. Nuevo maní forrajero perenne (*Arachis pintoi* Krapovickas y Gregory) Cultivar Porvenir: Leguminosa herbácea para alimentación animal, el mejoramiento y conservación del suelo y el embellecimiento del paisaje. Ministerio de Agricultura y Ganadería y Centro Internacional de Agricultura Tropical. Boletín Técnico. 32 p.
- Araya, M., Boschini, C. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 16 (1): 37-43.
- Bargo, F., Muller, L.D., Kolver, E.S. Delohoy, J.E. 2003. Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science* 86 (1): 1-42.
- Barton, B. 1996. Determining If Reproduction is Affected by a Nutrient Imbalance. IN: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana. Pp. 17-32.
- Belury, M.A. 1995. Conjugated dienoic linoleate: a polyunsaturated fatty acid with unique chemoprotective properties. *Nutrition reviews* 53: 83-89.
- Bolsen, K.K. 2004. Sorghum silage: A summary of 25 years of research at Kansas State University. In Southeast Dairy Herd Management Conference. Macon, Georgia. Pp. 1-9.
- Chandler, P. 1997. Body condition score can influence milk production, reproduction. *Feedstuffs*. Pp. 10-11, 27.
- Cherney, D.J.R. 2000. Characterization of Forage by Chemical Analysis. In Givens, D.I, Owens, R.F.E. y Omed, H.M., eds. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. CABI Publishing. Oxon, UK. Pp. 281-300.
- Combs, D. 1998. Grain Supplementation to Grazing Herds. In Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana. Pp. 51-63.
- Cowan, R.T., Lowe, K.F. 1998. Tropical and Subtropical Grass Management and Quality. In Cherney, J.H. and Cherney, D.J.R., eds. Grass for Dairy Cattle. CABI Publishing, Oxon, UK. Pp. 101-135.
- Davidson, J.A., Rodríguez, L.A., Mashek, D.G., Risch, C.C., Scheuer, S.J., Pilbeam, T.E., Beede, D.K. 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.
- Drackley, J. 1997. Minimizing Ketosis in High Producing Dairy Cows. In Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana. Pp. 63-81.
- Firkins, J. 2002. Optimizing rumen fermentation. In Tri State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, In. Pp. 39-53.

- Fulkerson, W.J., Donaghy, D.J. 2001. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence- Key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 261-275.
- Goff, J., Sánchez, J.M.L., Horst, R. 2005. Hypocalcemia: Biological effects and strategies for prevention. Tennessee Nutrition Conference. University of Tennessee. Tennessee, USA. 6 p.
- Heinrichs, J. 2004. Transition to ruminant: Rumen Development in Dairy Calves. *In* Curso de Nutrición de Ganado Lechero. Balsa, Atenas, Costa Rica. 9 p.
- Heinrichs, J. 2006. Nutrition and Management of Dairy Heifers. *In* Curso de Nutrición de Ganado Lechero. Balsa, Atenas, Costa Rica. 8 p.
- Hoblet, K.H. 2000. Effects of Nutrition on Hoof Health. *In* Tri-State Dairy Nutrition Conference. Pp. 41-49.
- Hopkins, A. 2000. Herbage production. *In* Hopkins, A. ed. Grass its production and utilization. Blackwell Science, Oxford, UK. Pp. 90-110.
- Ip, C., Scimeca, J.A., Thompson, H.J. 1994. Conjugated linoleic acid: a powerful anticarcinogen from animal fat sources. *Cancer* 74: 1051- 1054.
- Ishler, V.A., Heinrichs, J., Varga, G.A. 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., Cecava, M.J., Johnson, T.R.. 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.
- Kelly, M.L., Kolver, E.S., Bauman, D.E., Van Amburgh, M.E., Muller, L.D. 1998. Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *Journal of Dairy Science* 81: 1630-1636.
- Kemp, P.D., Matthew; C., Lucas, R.J. 2002. Pasture species and cultivars. *In* New Zealand pasture and crop science. Oxford University Press, Victoria, Australia. Pp 83-115.
- Maseeven, R. 1986. Sugarcane tops as animal feed. *In* Sansoucy, R., Aarts, G. y Preston, T.R., eds. Sugarcane as feed. FAO, Roma. Pp.1-13.
- McDowell, L.R., Artington, J.D. 2005. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. 4ª ed. University of Florida, Gainesville. 94 p.
- Minson, D.J. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, Inc. New York. 483 p.
- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, D.C. 381 p.
- Peters, M., Franco, L., Schmidt, A., Hincapié, B. 2003. Especies Forrajeras Multipropósito: Opciones para productores de Centroamérica. Publicación CIAT N° 333, Cali. 113 p.
- Pezo, D.A., Holman, F., Arze, J. 1999. Evaluación bioeconómica de un sistema de producción de leche basado en el uso intensivo de gramíneas fertilizadas en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 23 (1): 105-117.
- Preston, T. E. 1986. Sugarcane as animal feed: an overview. *In* Sugarcane as feed. Sansoucy, R., Aarts, G. y Preston, T.R., eds. FAO, Roma. Pp.1-9.
- Reeves, M., Fulkerson, W.J. 1996. Establishment of an optimal grazing time of Kikuyu pastures for dairy. *In* Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conference. Towomba, Regional Institute. 5 p.
- Sánchez, J. ML, Soto, H. 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., Soto, H. 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., SOTO, H. 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.
- Sánchez, J. ML., Soto, H. 1999b. Contenido de Energía Estimado para el Crecimiento del Ganado Bovino en los Forrajes del Trópico Húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 23 (2): 173-178.
- Sánchez, J. ML. 2000. Hipomagnesemia. Un Desbalance Metabólico Subestimado en La Producción de Ganado Lechero En Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical* 6 (1): 75-95.
- Sánchez, J. ML. 2005. Las grasas en la alimentación del ganado lechero. Aceptado para su publicación en la revista *Nutrición Animal Tropical*.
- Sánchez, J. ML., Goff, J.P. 2006. Strategies for controlling hypocalcemia in dairy cows in confinement and pasture settings. *In* Joshi, N. and Herdt, T.H., eds. *Production diseases in farm animals*. Wageningen Academic Publishers. Wageningen, The Netherlands. 344 p.
- Santos, F.A.P., Santos, J.E.P., Theurer, C.B., HUBER, J.T. 1998. Effect of rumen undegradable protein on dairy cows performance: a 12 year literature review. *Journal of dairy Science* 81: 3182-3213.
- Vargas, E., Solis, R., Torres, M., McDowell, L. 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.
- Vargas, C.F. 2004. Valoración de parámetros nutricionales y degradabilidad de 15 ecotipos de sorgo negro forrajero. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica, Costa Rica. 54 p.
- Van Soest, J.P. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd. Ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, N. York. 476 p.
- Weiss, W.P., Conrad, H. R., St. Pierre, N.R. 1992. A theoretically based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Animal Feed Sci. and Tech.* 39: 95: 110.
- Weiss, W.P. 1999. Energy prediction equations for ruminant feeds. *In* Proc Cornell Nutrition Conference, Rochester, NY. Pp. 176-185.
- Weiss, W.P. 2004. Silage for dairy cattle. *In* Curso de Nutrición de Ganado Lechero. Balsa, Atenas, Costa Rica. 1-10 p.
- Weiss, W.P. 2006a. Energy for Dairy Cattle. *In* Curso de Nutrición de Ganado Lechero. Balsa, Atenas, Costa Rica. 1-10 p.
- Weiss, W.P. 2006b. Update on Mineral Requirements for Dairy Cattle. *In* Curso de Nutrición de Ganado Lechero. Balsa, Atenas, Costa Rica. 1-10 p.