

EL PASTO KIKUYO Y SU APOORTE A LA NUTRICIÓN DE VACAS LECHERAS

JORGE SÁNCHEZ G.

Ingeniero Agrónomo

Especialista en Nutrición Animal Rumiante

Jefe Laboratorio de Bromatología de Forrajes y

Miembro de la Comisión Curricular y

Docencia de la Escuela de Zootecnia de Costa Rica

jorge.sanchezgonzalez@ucr.ac.cr

Costa Rica

INTRODUCCIÓN

Por su producción de biomasa y valor nutricional, el pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*, *Pennisetum clandestinum*) es la mejor opción de gramínea forrajera C₄ para las fincas ganaderas tropicales ubicadas entre los 1300 y 2700 msnm. El manejo integral de esta pastura es fundamental para sacar provecho de su aporte de nutrimentos a la alimentación económica del hato de ganado lechero, destacándose entre las prácticas de manejo el establecimiento del momento apropiado para pastorear esta gramínea y la duración de los ciclos de pastoreo para cada finca en particular. Investigaciones realizadas en Australia y la adopción de las mismas en países del continente americano han demostrado que el pastoreo del kikuyo cuando tiene de cuatro y media hojas a cinco hace que se logren las mayores cantidades de proteína metabolizable, fibra degradable y energía metabolizable por unidad de superficie. El nutrimento más limitante para la producción de leche con base en esta gramínea son los carbohidratos no fibrosos, por lo que el nutricionista debe considerar la suplementación con fuentes de almidones, azúcares y pectinas en forma regulada, para evitar problemas de acidosis ruminal. El contenido alto de potasio de esta pastura hace que las vacas prontas al parto que lo consumen sean susceptibles a sufrir hipocalcemia clínica (fiebre de leche) o subclínica, así como hipomagnesemia. Para prevenir estas enfermedades de la producción que causan tantas pérdidas económicas a la empresa lechera, se recomienda dar a las vacas durante las cuatro o tres semanas previas al parto, dietas bajas en calcio (10 a 12 gr. de calcio disponible) y que aporten magnesio (0,40% de la materia seca de la ración total). Inmediatamente después del parto los animales deben recibir dietas de lactancia con 20% de calcio o más. Las dietas de vacas lactantes, secas y prontas, deben considerar el suministro de microelementos como cobre, zinc, manganeso, yodo, selenio y cobalto, los cuales deben ser suministrados por materias primas de alta biodisponibilidad.

El inicio del siglo XXI se caracteriza por la crisis energética y de alimentos, la cual ha afectado no solo la calidad de vida de las personas sino también los sistemas de producción agropecuaria. Lo anterior ha obligado a repensar la producción de ganado lechero haciendo un uso más intensivo de los recursos propios de las fincas y a darle valor agregado a la leche fluida y a los productos de su industrialización.



El pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) es originario de África y crece naturalmente en Kenia, Etiopía, Uganda, Tanzania y La República Democrática de El Congo. Este pasto se introdujo con gran éxito en países andinos como Colombia, en la cordillera volcánica central y de Talamanca en Costa Rica, en las zonas altas de Chiriquí, Panamá, Australia, Nueva Zelanda y Hawái; donde crece a altitudes entre los 1300 y los 2700 msnm, en regímenes de precipitación de 1000 a 2000 mm (Marais 2003) y constituye el principal recurso forrajero para la alimentación del ganado lechero de estas zonas. Las regiones geográficas donde crece este forraje por lo general tienen la suficiente humedad durante todo el año, para permitirle crecer en forma continua y producir cantidades de biomasa que oscilan entre los 20 y 30 t de materia seca por hectárea por año. Así mismo, su forma de crecimiento cubre y protege al suelo de la erosión permitiendo una producción sostenible. En las zonas altas y montañosas de Costa Rica existen fincas que durante los últimos 80 años, han producido leche con base en este forraje de una manera intensiva y continúan haciendo frente a los desafíos que imponen la globalización del mercadeo de la leche.

El kikuyo es el pasto tropical de mayor valor nutricional y tiene niveles medios de proteína de 22%, carbohidratos no fibrosos de 10%, fibra detergente neutro de 60% y su contenido de energía neta de lactancia es de alrededor 1,45 Mcal por kilogramo de materia seca, lo que equivale a 2,2 Mcal de energía metabolizable. Estos valores son similares a los de pastos de zonas de clima templado, o sea gramíneas forrajeras C₃. El contenido de carbohidratos no fibrosos es la fracción nutricional que más difiere entre el kikuyo (12% de la MS) y los pastos de clima templado (20%) debido a aspectos genéticos y ambientales. Sin embargo, el buen manejo agronómico del kikuyo y su utilización en el momento oportuno, permite reducir la brecha entre

el aprovechamiento por parte de la vaca de este pasto y los de clima templado.

El objetivo de esta ponencia es analizar aspectos de la fisiología del pasto kikuyo, que deben tomarse como criterios para determinar la frecuencia con que debe ser pastoreado, para producir una buena cantidad de biomasa de alto valor nutricional. Así mismo, se examinará la capacidad de este pasto para aportar nutrientes al ganado lechero en producción y se propondrán prácticas de alimentación para complementarlo y mejorar su aprovechamiento. Lo anterior, permitirá mejorar la producción de leche, los índices reproductivos y contribuirá a reducir la incidencia de enfermedades de la producción.

MANEJO AGRONÓMICO EDAD FENOLÓGICA DE LA PLANTA

El manejo de las pasturas debe tener como objetivo principal la producción de cantidades grandes de biomasa, la cual a su vez debe ser de buen valor nutricional y aprovechada eficientemente para la producción de leche. Todo esto debe de estar enmarcado dentro de un concepto de persistencia de las pasturas y de agricultura sostenible.

La determinación de la edad o del estado fisiológico que se debe utilizar o cosechar los pastos, 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, es decir, cuando se obtiene la mayor producción de materia seca digestible (o energía digestible) por unidad de superficie por año. En el caso del pasto kikuyo esto se da cuando la pastura tiene la mayor cantidad de hojas, debido a que la misma tiene más proteína y energía metabolizable que el tallo. A diferencia de otros pastos, que tienen tallos verdaderos solo durante su estado reproductivo como el rye grass el kikuyo tiene tallos en su estado vegetativo.



Cuando la planta es pastoreada o cosechada pierde las hojas en forma parcial o total y a partir de ese momento los tallos dependen de las reservas de carbohidratos solubles para sobrevivir y reiniciar su crecimiento. Durante ese período de sobrevivencia 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. Una vez que las hojas empiezan a emerger y la planta tiene suficiente área foliar vuelve a fotosintetizar y a producir y a acumular carbohidratos, lo cual le permite a la nueva hoja expandirse totalmente y a la planta reiniciar un nuevo ciclo de crecimiento. En este momento el crecimiento de las raíces se reactiva. El tiempo requerido para que emerja una hoja se llama 'intervalo de aparición de la hoja' y está determinado por la temperatura ambiente; entre mayor sea la temperatura, menor será ese intervalo. Si la pastura se pastorea en este momento cuando tiene únicamente una hoja y las reservas de carbohidratos apenas empiezan a formarse, la planta no cuenta con suficiente energía para pasar por otro ciclo de recuperación, lo cual debilita la planta y la pradera es susceptible a la invasión de malezas y a perderse (Fulkerson y Donaghy 2001).

Conforme la planta crece produce más hojas y aumenta su capacidad para producir y acumular más reservas de carbohidratos. 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. Asimismo, 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 el de 4,5 hojas nuevas. Este estado vegetativo corresponde al período de cosecha en que se obtiene la mayor producción de materia seca digestible por unidad de superficie por año. Osea en este momento se da la mayor producción de energía aprovechable por la vaca, la cual puede utilizar para sus diferentes funciones, entre ellas la producción de leche. Después de este estado de crecimiento, por cada hoja nueva que emerja, la hoja más vieja de la planta muere, produciéndose una acumulación de material senescente que es de menor valor nutricional. Además, después del estado de las 4,5 hojas la proporción de tallos se incrementa, lo que deteriora el valor nutritivo de la pastura.

Si el pastoreo no se da en el momento oportuno (4,5 hojas), la producción de leche por unidad de superficie es menor y la rentabilidad de la empresa lechera se reduce.

En investigaciones realizadas por el Centro de Investigaciones en Nutrición Animal de la Universidad de Costa Rica en fincas comerciales de ganado lechero, se ha encontrado que bajo estas condiciones el estado fenológico adecuado para pastorear el kikuyo es cuando éste tenga de 4,5 a 5 hojas (Peters 2008), El número de días requerido para alcanzar ese número de hojas varía de finca a finca, aunque éstas estén en una misma zona de vida o climática (**Cuadro 1**). Los suelos, la fertilización, el manejo de las pasturas y la carga animal; determinan el tiempo requerido para que emerjan las hojas y el momento propicio que las vacas pastoreen un potrero en particular.

El concepto de edad fenológica de la planta es una herramienta muy valiosa para determinar el momento en que el kikuyo debe utilizarse en aquellas fincas de ganado lechero, que tienen un buen manejo de las pasturas y que desmenuzan el 'colchón vegetal' que con frecuencia se forma en los potreros de esta gramínea.

**Cuadro 1. Edad de rebrote óptima (4,5 a 5 hojas) a la que se pastorea el kikuyo en cuatro fincas ubicadas en la zona montañosa central de Costa Rica.**^{1,2}

N° de finca	Período de rebrote (días)	Disponibilidad (kg de MS/ha/cosecha) ³	Prot. cruda (%)	Cont. Energía EM/kg de MS (2X)
1	35	6266	18,5	2,33
2	37	10181	19,0	2,27
3	31	6185	18,7	2,25
4	33	10365	18,6	2,21

¹ Peters (2008)² Promedio de seis observaciones.³ Este forraje disponible tiene un aprovechamiento del 30 al 35%.

PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA (MS)

En investigaciones realizadas en Australia, Colombia y Costa Rica se han obtenido producciones de biomasa que oscilan entre 0,5 y 5 t de MS por ha por ciclo de pastoreo, los cuales oscilan entre 18 y 60 días. Lo anterior, corresponde a producciones de 3 a 30 ton. de materia seca por hectárea por año (Sánchez et al. 1985, Fulkerson et al. 1999, Ramírez y García 2004). Esos rangos de producción tan amplios se deben a una serie de factores entre los cuales están la fertilidad del suelo y su manejo, temperatura ambiente, irradiación solar, disponibilidad de agua y manejo de la planta (edad, estado vegetativo, frecuencia e intensidad de pastoreo, nivel y clase de fertilizante utilizado, control de malezas, plagas y enfermedades) (Hopkins 2000). Lo anterior pone de manifiesto el gran potencial de producción de materia seca que tiene el kikuyo y su respuesta tan favorable al uso de técnicas de manejo apropiadas, en especial a la fertilización nitrogenada. En Australia, Skerman y Riveros (1990) han obtenido incrementos en la

producción de materia seca de 17 a 24 kg por hectárea por cada kilogramo de nitrógeno aplicado. Así mismo, según Marais (2003), el kikuyo responde a la fertilización de 300 a 500 kg de nitrógeno por hectárea por año. No obstante en la actualidad hay que repensar estos sistemas de fertilización en que se usan cantidades tan altas de nitrógeno, debido a aspectos medioambientalistas y económicos.

Fulkerson et al. (1999) en Australia, reportan producciones (pastoreo estacional) de materia seca en potreros de kikuyo de 13,6 ton., cuando estos fueron cosechados en el estado de cuatro hojas y a una altura de 6 cm. Esta materia seca estaba constituida por 77% de hojas, 11% de tallos y 12% de material senescente. Por ser las hojas la estructura de la planta de mayor valor nutricional, entre mayor sea el aporte de las hojas a la materia seca producida por la pradera, mayor será el suministro de nutrimentos de la misma a la vaca. Mientras las hojas tienen 19,5% de proteína cruda, los tallos tienen 11,9% (Andrade 2007). El éxito



en la producción de kikuyo de buen valor nutricional radica en evitar la acumulación de tallos y del 'colchón vegetal' que frecuentemente forma en estas pasturas (Fulkerson et al. 1999).

En Costa Rica, en un estudio realizado en cuatro fincas de ganado lechero con manejo intensivo de las pasturas, ubicadas en una región clasificada como Bosque Húmedo Montano Bajo, con altitudes que oscilan entre los 1900 a 2400 msnm, una temperatura media anual de 12 a 17 C°, una precipitación promedio anual de 1800 mm y en suelos andisoles (de origen volcánico), se obtuvo una disponibilidad (pasto en oferta) promedio de 7470 kg de materia seca por hectárea por ciclo de pastoreo de 34 días (Peters 2008). La utilización de este pasto oscila entre 30 y 35%, por lo que la cantidad de materia seca producida y aprovechada fue de 2230 a 2600 kg por hectárea por mes, o 26,8 a 31,2 t por hectárea por año. El programa de fertilización promedio en las cuatro fincas donde se realizó la investigación consiste en la aplicación de 180 a 250 kg por hectárea por año, 20 a 40 de fósforo, 10 a 20 de potasio, 30 a 40 de magnesio y 10 a 20 de azufre.

En el **cuadro 2** se denota el comportamiento de la disponibilidad de la materia seca (pasto en oferta antes del pastoreo) del kikuyo en el estudio antes indicado. La disponibilidad a lo largo del año osciló y siguió el mismo comportamiento que las horas luz y la radiación solar. La disponibilidad promedio anual por ciclos de pastoreo realizados cada 34 días fue de 7420 kg de materia seca, destacándose una disponibilidad de + 3080 kg por ha por período de pastoreo sobre el promedio anual durante los meses de marzo y abril, así como una disponibilidad de - 1720 kg durante los meses de julio y agosto, con respecto al promedio anual. Estos aspectos del comportamiento de la disponibilidad de la materia seca, son esenciales de considerar al planificar el sistema de pastoreo que queremos implementar en una finca (Peters 2008). Este sistema de manejo de las pasturas debe

tomar en cuenta la frecuencia de pastoreo, la intensidad del mismo, la conservación de la materia seca (heno, silo, silopacas), carga animal, fertilización y control de las malezas, entre otros. Así mismo, la disponibilidad y calidad de las pasturas deben de ser la base de las prácticas de alimentación que se utilizarán en el hato de ganado lechero en sus diferentes estados fisiológicos.

PRÁCTICAS DE ALIMENTACIÓN ANIMAL

VALOR NUTRICIONAL DEL KIKUYO

En los **cuadros 3, 4, 5 y 6** se presentan diferentes componentes que determinan el valor nutricional del pasto kikuyo. Esta información proviene de una investigación que se realizó durante un período de dos años en 21 fincas de ganado lechero ubicadas en las diferentes zonas de Costa Rica donde se cultiva esta pastura. El estudio comprendió el análisis de 157 muestras, que se tomaron simulando pastoreo en fincas que tienen programas de fertilización definidos y pastoreo rotacional, con períodos de descanso o rebrote de 28 a 38 días, dependiendo de la altitud a que está ubicada la finca. El análisis crítico de esta información; al igual que de la literatura universal; indica que el kikuyo es la gramínea forrajera tropical (C₄) de mayor valor nutricional y la mejor opción forrajera para aquellas fincas situadas en zonas tropicales a altitudes que oscilan entre los 1300 y 2700 msnm.

En promedio, el valor nutricional del kikuyo varía poco entre épocas climáticas (por lo general las zonas montañosas donde se cultiva son húmedas durante el verano); sin embargo, las diferencias entre fincas puede ser importante dependiendo del grado de tecnología que se utilice en su manejo. El valor nutricional de esta pastura es muy sensible a la intensidad de pastoreo (carga animal y permanencia de los animales), ya que



Cuadro 2. Variaciones en la disponibilidad (materia seca en oferta) y aprovechamiento de la materia seca del kikuyo a lo largo del año, en fincas ubicadas en la zona montañosa central de Costa Rica ¹

Período	Disponibilidad de MS (MS en oferta) (kg/ha/ciclo de pastoreo)	Horas luz	Radiación solar (Mj/ m ²)
Enero – Febrero	7000	5,5	22
Marzo – Abril	10500	7,4	21
Mayo – Junio	7800	5,5	13
Julio – Agosto	5700	4,8	12
Setiembre – Octubre	7700	5,2	15
Noviembre – Diciembre	6100	5	17

cuando se subpastorea hay acumulación de tallos y posteriormente se forma un ‘colchón vegetal’, el cual deteriora la calidad del pasto en oferta (Fulkerson et al. 1999).

El único componente de esta pastura que varía de una manera importante entre épocas climáticas es el contenido de materia seca; lo que podría comprometer el consumo de nutrimentos; ya que Vérité y Journete (1970) han encontrado que cuando los rumiantes consumen dietas con menos de 18% de materia seca se deprime el consumo. Lo anterior tiene implicaciones importantes sobre el consumo de energía, ya que es precisamente durante el invierno cuando por razones climáticas se reduce el tiempo efectivo de pastoreo.

La relación entre las necesidades nutricionales del ganado lechero (NRC 2001) y la composición nutricional del kikuyo, indica que la energía en su forma de carbohidratos no fibrosos (CNF) es la fracción nutricional limitante para la producción de leche. Mientras que este pasto tiene en promedio entre 8 y 10% de CNF, el NRC (2001) sugiere que para que haya una buena fermentación

ruminal y que los nutrimentos de la ración mixta total sean bien aprovechados, la ración debe tener alrededor de 36 a 38% de CNF. Para sistemas productivos basados en el pastoreo no se han establecido niveles de CNF requeridos para promover una fermentación ruminal adecuada. Uno de los criterios que podría considerarse para determinar la cantidad de CNF que debería contener la ración de un animal en pastoreo es la cantidad de estos carbohidratos requerida por los microorganismos del rumen para hacer un buen uso de la gran cantidad de proteína soluble y degradable a nivel ruminal que aporta el kikuyo. Según el programa de evaluación de raciones del NRC (2001) ese valor sería alrededor 18 a 20%.

A un mismo estado vegetativo, el kikuyo es uno de los forrajes tropicales con mayor contenido de CNF, aspecto que le permite ser un pasto muy nutritivo.

El kikuyo es uno de los forrajes tropicales con menores contenidos de fibra detergente neutro o pared celular, la cual es de buena calidad dado su grado bajo de lignificación. Los mayores contenidos



de fibra se dieron durante el invierno. Sin embargo, si las condiciones ambientales limitan el número de horas efectivas de pastoreo, la suplementación con fuentes de fibra larga o efectiva como el heno debe considerarse para prevenir problemas de acidosis ruminal, así como niveles bajos de grasa láctea.

En promedio, la cantidad de lignina determinada en esta pastura es baja y según el modelo de NRC (2001) no tiene un efecto negativo importante sobre la degradabilidad de la pared celular. Los valores altos encontrados (4 a 5% de la MS) corresponden a muestras tomadas

en fincas donde no ha habido un manejo adecuado del kikuyo, lo cual ha promovido la acumulación de tallos con estructuras más lignificadas.

En el **cuadro 4** se denota el fraccionamiento de la proteína cruda, según sea el comportamiento de éstas en el tracto gastrointestinal de la vacas. Alrededor de un 40% de la proteína cruda del kikuyo es soluble. Esta forma de nitrógeno o proteína cruda está constituida por nitratos, nitritos, amino ácidos libres y péptidos, compuestos que se degradan en forma instantánea en el rumen y se requiere de la disponibilidad de

Cuadro 3. Valor nutricional (% de la MS) del kikuyo pastoreado en 21 fincas ubicadas en la zona montañosa central de Costa Rica y evaluados durante dos años.

MINERAL	Época Seca (77) ¹			Época Lluviosa (80) ¹		
	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	MAX
MS	17,7	18,9	20,1	12,9	14,2	15,9
PC	17,9	22,7	23,9	18,7	23,3	25,6
FDN	43,6	59,2	68,5	45,1	62,0	70,1
FDA	21,7	27,9	33,0	24,6	28,5	35,9
LIGNINA	1,27	2,73	5,1	1,41	2,52	4,11
CNF	4,5	10,2	22,7	4,0	8,5	18,0

¹ Número de muestras

formas de carbohidratos de fácil disponibilidad como los azúcares y los almidones, para que los microorganismos puedan hacer un buen uso de las mismas (Van Soest 1994).

La proteína insoluble aprovechable corresponde a un 52% de la proteína cruda, está constituida por albúminas, glutelinas, prolaminas y extensinas. Según Combs (1998) y Jones-Endsley et al. (1997) alrededor del 50% de esta proteína se degrada en el rumen y la otra mitad se digiere en forma enzimática en el intestino. La fracción insoluble no aprovechable corresponde

al 8% de la proteína cruda y no es aprovechada por el animal, ya que esta proteína es lignificada.

En los **cuadros 5 y 6** se indican diferentes formas de expresar el contenido de energía de los alimentos. Estos valores han sido estimados utilizando el modelo mecanístico adoptado por el NRC en el año 2001. En la validación de este modelo se incluyó forrajes tropicales y desde el año 1998 (Weiss et al. 1992) ha sido utilizado con éxito en el Centro de Investigaciones en Nutrición Animal de la Universidad de Costa Rica, no solo en kikuyo, sino también en otros pastos de piso



como estrella y diferentes especies de los géneros *Brachiaria* y *Setaria*. En especies de corte como las del género *Pennisetum*, también se ha validado satisfactoriamente.

En el **cuadro 5** se indican los contenidos de energía estimada del kikuyo. Los valores de Total de Nutrientos Digestibles (TND) y Energía

Digestible (ED) están a nivel de mantenimiento (1X), es decir están expresados a un nivel de consumo de energía que solamente satisface las necesidades de mantenimiento del animal, con este nivel de consumo la vaca no gana ni pierde peso y no produce leche. Los valores de Energía Metabolizable (EM) y Energía Neta de Lactancia

Cuadro 4. Fracciones proteicas del kikuyo pastoreado en fincas ubicadas en la zona montañosa central de Costa Rica, expresadas como porcentaje de la proteína total.

	Época Seca (77) ¹	Época Lluviosa (80) ¹
Fracción	Promedio	Promedio
Proteína cruda (% de la MS)	22,6	23,3
Proteína soluble	39	41
Proteína insoluble aprovechable	53	50,5
Proteína insoluble No aprovechable	8	8,5

¹ Número de muestras

(EN_L) se expresan a un nivel productivo de dos veces mantenimiento (2X), osea la vaca consume energía para satisfacer sus necesidades de mantenimiento y otra cantidad igual que le permite pastorear y producir leche. Las necesidades de mantenimiento de una vaca Jersey con un peso vivo de 425 kg son de 7,5 Mcal de EN_L y los de una vaca Holstein de 550 kg son 9,1. En términos generales, cuando una vaca que pastorea kikuyo consume una cantidad de energía equivalente a 2X, ese animal puede producir alrededor de 8 kg de leche con 3,5% de grasa, que es la cantidad de leche que puede producir un animal con la energía proveniente del pasto kikuyo.

Los valores de energía obtenidos para el kikuyo son de los mayores obtenidos para un pasto

tropical (C_4) y de 10 a 15% menores que los de un pasto de clima templado (C_3).

Debido a que en la mayoría de fincas de ganado lechero se suplementa con alimentos balanceados para suplir más energía a los animales y sacar provecho del potencial genético de los hatos, en el Cuadro 5 se presenta información sobre el contenido de energía del kikuyo a un nivel de consumo de 3X. Como se observa, los niveles de EM y EN_L a 3X son alrededor de 5% inferiores a los expresados a 2X, lo cual a su vez se debe a que al incrementarse el consumo de materia seca se reduce la digestibilidad de la misma (NRC 2001).

En investigaciones realizadas en el laboratorio de Bromatología de Forrajes del CINA de la Universidad de Costa Rica, se ha encontrado que la degradabilidad de la fibra detergente neutro de



este forraje oscila entre 28 y 32%, dependiendo de la época del año. Aunque el kikuyo mantiene su buen valor nutricional durante varios días (una

semana), el análisis de la degradabilidad de la pared celular de los forrajes tropicales debe ser objeto de análisis, ya que se ha demostrado que los forrajes

Cuadro 5. Energía estimada del kikuyo pastoreado en fincas ubicadas en la zona montañosa central de Costa Rica, expresada en Mcal/ kg de MS.¹

	Época Seca (77) ²	Época Lluviosa (80) ²
Tipo de energía	Promedio	Promedio
TND (% de la MS)	59,15	59,55
ED	2,74	2,81
EM (2X)	2,31	2,40
EN _L (2X)	1,44	1,50

¹ Se asume que el animal consume solo pasto. El consumo de energía equivale a dos veces (2X) las necesidades de mantenimiento.

² Número de muestras

Cuadro 6. Energía estimada del kikuyo pastoreado en fincas ubicadas en la zona montañosa central de Costa Rica, expresada en Mcal/ kg de MS.

	Época Seca (77) ²	Época Lluviosa (80) ²
	Promedio	Promedio
TND (% de la MS)	59,15	59,55
ED	2,74	2,81
EM (3X)	2,21	2,28
EN _L (3X)	1,36	1,42

¹ Se asume que el animal consume pasto y un alimento balanceado. El consumo de energía equivale a tres veces (3X) las necesidades de mantenimiento. El alimento balanceado tiene 16% de PC y 1,7 Mcal de EN_L/kg.

² Número de muestras

con fibras más degradables son consumidos en grandes cantidades por los animales y contribuyen a la producción de cantidades mayores de leche. Oba y Allen (1999) al realizar un análisis estadístico de la respuesta animal al consumo de forrajes de clima templado encontraron que un

incremento de una unidad porcentual de degradabilidad de la pared celular produce un aumento en el consumo de la materia seca de 0,17 kg, lo cual a su vez se asocia con un incremento en la producción de 0,25 kg de leche corregida al 4% de grasa.



FERMENTACIÓN RUMINAL

Como se discutió anteriormente, el 65% de la proteína cruda del kikuyo es degradable en el rumen (15% de la MS) y para que ésta sea utilizada por los microorganismos del rumen se requiere del suministro de una fuente de energía de fácil disponibilidad, la cual está constituida por los carbohidratos no fibrosos. Según Firkins (2002) por cada unidad de proteína degradable que ingiere una vaca lechera deben suministrarse 4 unidades de CNF. Este balance proteína degradable : CNF constituye un reto para el nutricionista que trabaja en sistemas de pastoreo con kikuyo, ya que este forraje contiene solamente de 8 a 12% de CNF y el suministro de cantidades excesivas de azúcares y almidones puede causar acidosis ruminal y posteriormente problemas de pezuñas como laminitis.

Una vaca lechera que pastorea en pasturas de kikuyo con abundante disponibilidad de MS puede consumir de 400 a 450 de proteína degradable en exceso (NRC 2001). Si el animal no se suplementa con fuentes de CNF, ese exceso de proteína degradable debe ser eliminado del organismo y excretado por la orina en forma de urea. Este proceso de desintoxicación requiere de energía, la cual podría haber sido orientada hacia la producción de leche. Así mismo, en la actualidad la sociedad ha tomado conciencia sobre el impacto que tiene la actividad lechera no tecnificada sobre el ambiente.

Si un animal que consume kikuyo se suplementa 2 kg de una fuente de CNF (maíz molido, melaza de caña de azúcar, pulpa de cítricos seca o arroz quebrado) los procesos de fermentación ruminal se vuelven más activos y se incrementa tanto la utilización de esa proteína degradable en el rumen para convertirse en proteína microbiana, como la producción de ácidos grasos volátiles para incrementar el suministro de energía y la producción de leche. Según el modelo de evaluación de raciones del NRC (2001) esa

suplementación de 2 kg de fuentes de CNF permite la utilización de 150 g de proteína degradable y el incremento de 4 a 5 kg de leche con 3,5% de grasa por vaca por día. Lo anterior, pone en evidencia la importancia de la suplementación con CNF y por este motivo es que se recomienda que los alimentos balanceados para vacas lecheras en sistemas de pastoreo contengan más de 50% de CNF.

Si una vaca adulta dispone de suficiente cantidad de CNF y proteína cruda, ésta puede producir entre 1,5 y 2,5 kg de proteína microbiana por día (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 darle a un animal.

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 4 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).

PRODUCCIÓN DE LECHE CON BASE EN EL KIKUYO Y LAS NECESIDADES DE SUPLEMENTACIÓN

Para estimar la cantidad de leche que puede producir una vaca con base en kikuyo y determinar los nutrimentos que son más limitantes para la alimentación del ganado lechero que lo consume, se hicieron balances nutricionales utilizando el modelo del NRC (2001). Como animal promedio se tomó una vaca adulta de 550 kg de peso que está en un cuarto mes de lactación y produce leche con 3,50% de grasa, 3,2 de proteína y 4,85 de lactosa. Se asume que hay una buena disponibilidad de pasto y que la vaca consume el equivalente a 2,36% de su peso vivo en materia seca.

El análisis del balance nutricional indica que la energía en su forma de CNF es el nutrimento limitante y que determina la cantidad de leche que puede producir ese animal. El consumo de energía proveniente del kikuyo es de 19 Mcal de EN_L por día, de las cuales 9,1 se destinan a satisfacer sus necesidades de mantenimiento y las restantes 7,2 se usan para el pastoreo (1,3 Mcal de EN_L / día), caminatas a la lechería o sala de ordeño y la síntesis de leche. La cantidad de energía que se destina a las caminatas depende tanto de la distancia a recorrer como de la topografía del terreno, la vaca necesita más energía para subir terrenos empinados que para caminar en terrenos planos. Para descender necesita una cantidad de energía intermedia (NRC 2001). Si

la vaca modelo objeto de este ejercicio camina 250 m del aparto o potrero a la lechería en un terreno empinado o 1500 m en uno plano; cuatro veces al día; ese animal gasta 3 Mcal de EN_L / día para movilizarse. Las restantes 5,6 Mcal de EN_L las destina a la producción de 8 kg de leche por día. Si la vaca está movilizandando sus reservas energéticas o sea de grasa y perdiendo condición corporal, la síntesis de leche recibirá este complemento energético y la producción será mayor. En promedio, una vaca de 550 kg de peso vivo que pierde un punto de condición corporal al pasar de 3,5 a 2,5 pierde 50 kg de peso o 345 Mcal de EN_L , con las cuales puede sintetizar 500 kg de leche con 3,5% de grasa.

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 (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).

Lo ideal es que una vaca para 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 2008).

El monitoreo del balance energético de la vaca lechera durante su ciclo de producción es importante para obtener buenas producciones de leche, animales sanos y con índices reproductivos buenos. Según Weiss (2008) balances energéticos adecuados son: -5 a -6 Mcal de EN_L por día durante el primer mes de lactación, -2 a -3 durante



el segundo, -1 a +1 durante el tercer a cuarto y +1 a +2 del quinto mes al final de la lactancia. La cantidad y la calidad del alimento balanceado a suplementar a cada grupo de animales debe tener como objetivo lograr esos balances de energía.

El suministro de fuentes energéticas y proteicas no solo ayuda a incrementar la producción de leche, sino que también contribuye a mejorar la condición corporal, 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 se incrementa a 0,62 (Bargo et al. 2003).

En hatos que pastorean kikuyo y con niveles de producción de leche promedio inferiores a 30 kg por día se recomienda suplementar con alimentos balanceados con 14% de proteína cruda. Si la producción es mayor, el contenido de proteína debe incrementarse a 16%; igualmente, las fuentes proteicas utilizadas deben ser ricas en proteína sobrepasante de buena calidad (Sánchez 2005).

Los hatos con niveles de producción altos y con balances energéticos negativos, se benefician con la suplementación con grasa sobrepasante. Nuestra experiencia indica que la grasa sobrepasante debe utilizarse a partir de niveles de producción de 20 kg por 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 por día.

Las buenas prácticas de manejo de forrajes y pastoreo deberían de satisfacer las necesidades de fibra larga de la vaca lechera. Sin embargo, durante los meses en que las condiciones climáticas reduce el número de horas de pastoreo efectivo se hace necesaria la suplementación con fuentes de fibra larga como el heno, pasto de corte o el ensilaje. Nuestra experiencia al trabajar con kikuyo nos indica que el balance nutricional de la dieta total debe tener de 22 a 23% de FDN proveniente de este pasto.

NUTRICIÓN MINERAL Y PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES DE LA PRODUCCIÓN

El contenido mineral de los pastos depende de la especie de gramínea, fertilidad del suelo, manejo de la planta, producción de biomasa, época del año y edad de cosecha o pastoreo. Sin embargo, estudios realizados en América Latina indican que por lo general los pastos de la región no satisfacen las necesidades de calcio, fósforo, magnesio, sodio, cobre, zinc, selenio, yodo y cobalto del ganado lechero en lactación (2001). Así mismo, los análisis indican que estos forrajes frecuentemente contienen cantidades elevadas de potasio, hierro y manganeso. No obstante, la suplementación de este último mineral debe considerarse debido a que su biodisponibilidad es de tan solo 1% (Mc Dowell y Artington 2005; NRC 2001; Vargas et al. 1992).

En el **cuadro 6** se indica el contenido de macroelementos y la relación catión – anión del pasto kikuyo analizado en la zona montañosa central de Costa Rica y se puede observar; que al igual que en los estudios realizados globalmente en América Latina, los niveles de calcio, fósforo, magnesio y sodio no satisfacen las necesidades del ganado lechero que consume este forraje. Por el contrario, los niveles de potasio del kikuyo son



excesivos para la nutrición del ganado lechero en sus diferentes estados fisiológicos. Ese exceso interfiere de una manera importante con el metabolismo del magnesio y del calcio en la vaca lechera durante el periparto, predisponiendo al animal a sufrir hipomagnesia, hipocalcemia o ambas enfermedades de la producción (Sánchez y Goff 2006; Goff, Sánchez y Horst 2005; Sánchez 2000).

Los suelos de la zona donde se realizó el estudio en análisis tienen una acidez moderada (5,6 a 5,8), mientras que las concentraciones de calcio y magnesio disminuyen de media a baja conforme se asciende en la zona montañosa de 1200 a 2700 msnm. Los niveles calcio descendieron de 6,37 a 2,85 y los de magnesio de 2,52 a 1,19 cmol (+)/L. Así mismo, los niveles de potasio fueron altos (0,86 a 0,92 cmol (+)/L) en los estratos comprendidos entre los 1.200 y 2.200 msnm) y bajos (0,45 cmol (+)/L) a altitudes de 2200 a 2700 msnm. Lo que sugiere que los suelos de la zona donde se cultiva el kikuyo en Costa Rica tienen contenidos de magnesio y de potasio que al ser absorbidos e incorporados en los tejidos de este pasto predisponen a la vaca pronta que los consume a sufrir de hipocalcemia. Sin embargo, se puede sacar ventaja de los bajos contenidos de calcio en los suelos y en la planta de kikuyo, para emplear prácticas de alimentación que se basan en el aporte de cantidades bajas de calcio a las vacas prontas al parto, con el objeto de prevenir la hipocalcemia (Sánchez y Goff 2006).

Los niveles elevados de potasio que caracterizan al kikuyo predisponen a las vacas prontas que lo consumen a una alcalosis metabólica compensada, la cual predispone a la vaca a sufrir una fiebre de leche o hipocalcemia subclínica. Estudios realizados 'in vitro' sugieren que la conformación de los receptores de la hormona paratiroidea se altera, haciendo a los tejidos menos sensibles al estímulo de esta hormona. La pérdida de respuesta del hueso a la hormona paratiroidea inhibe la activación de la

resorción osteoclástica del hueso, y por consiguiente, el aporte que el tejido óseo puede hacer para mantener normales los niveles de calcio en el plasma sanguíneo y así compensar la captación y utilización del calcio por la glándula mamaria y prevenir una hipocalcemia. De esta forma, al no responder el tejido renal a la acción de la hormona paratiroidea no se libera la enzima 1 a hidroxilasa, la cual es la responsable de hidroxilar a la 25 hidroxivitamina D para convertirla en 1, 25 hidroxivitamina D, la cual a su vez estimula la absorción de calcio de la dieta a nivel intestinal para reestablecer los niveles normales de este mineral en el organismo (Sánchez y Goff 2005).

El magnesio también juega un papel importante en la homeostasis del calcio. La hipomagnesemia afecta el metabolismo del calcio de dos formas: 1) reduce la secreción de la hormona paratiroidea cuando el animal sufre de una hipocalcemia y 2) reduce la sensibilidad de los tejidos a la acción de la hormona paratiroidea, con las consecuencias antes descritas (Sánchez y Goff 2006; Goff, Sánchez y Horst 2005).

Para prevenir la hipocalcemia existen a la fecha dos enfoques: a) balance de las dietas por su contenido de cationes (Na^+ y K^+) y aniones (Cl^- y S^{2-}), b) utilización de dietas con niveles bajos de calcio (que no satisfaga las necesidades de la vaca de este mineral) (Sánchez y Goff 2006).

El kikuyo crece de una manera muy favorable y produce cantidades abundantes de biomasa en suelos con contenidos altos de potasio. En el **cuadro 7** se denota que este pasto tiene cantidades promedio de potasio de 3,5% de la materia seca y que muestras individuales tienen cantidades tan altas como 6%. El consumo de esta gramínea forrajera por el animal produce un grado de alcalosis que no es posible neutralizarlo con sales aniónicas, por lo que hay necesidad de acudir a las dietas bajas en calcio. Cuando las vacas consumen cantidades de calcio menores a las requeridas, se produce un



balance negativo de este elemento que a su vez causa una reducción leve en los niveles de calcio en el plasma sanguíneo. Esta condición metabólica estimula la secreción de la hormona paratiroidea, la cual hace que se active la resorción osteoclástica del hueso y la producción renal de la 1, 25 dihidroxivitamina D. Cuando la vaca se somete a un balance negativo de calcio durante un período mínimo de dos a tres semanas, la exposición prolongada del tejido óseo y renal a la acción de cantidades elevadas de la hormona paratiroidea hace que estos tejidos se sobrepongan a la resistencia a la misma causada por la alcalosis metabólica (Sánchez y Goff 2006). Así, cuando la vaca parea, el metabolismo del calcio está muy activo y la fuga de calcio hacia la glándula mamaria puede ser compensada fácilmente. Después del parto el animal debe consumir cantidades suficientes de calcio para satisfacer las necesidades de lactancia de este mineral.

Las necesidades de calcio de una vaca pronta de la raza Jersey son de 14 g por día y de 22 para una vaca Holstein (calcio disponible), por lo que los animales deben consumir cantidades inferiores a éstas durante las tres semanas previas al parto. Esta práctica de alimentación se ha implementado con éxito en sistemas de pastoreo en el trópico, ya que por lo general estos forrajes contienen cantidades bajas de calcio (0,35 a 0,40% de la materia seca, **cuadro 7**) y éste a su vez tiene una biodisponibilidad de tan solo el 30% (NRC 2001). Así, si una vaca Jersey en su último mes de gestación consume 7,5 kg de MS de pasto kikuyo, el consumo de calcio total es de aproximadamente 28 g y de calcio disponible será de 8,5g, consumo que somete al animal a un balance negativo de calcio y a un estímulo de la homeostasis de este mineral.

Los suplementos minerales que se suministran a las vacas prontas, deben contener cantidades bajas de calcio (4 a 6 %) al igual que los alimentos balanceados (0,2% de la MS).

En relación al magnesio, el kikuyo contiene en promedio 0,32% de la materia seca de este mineral y los requerimientos según el NRC (2001) de una vaca en su último mes de gestación son de 0,30%. Sin embargo, dado los altos niveles de potasio en este pasto (3,45% de la materia seca) y su efecto antagónico sobre la absorción del magnesio, se recomienda que la ración total de estas vacas contenga 0,4% de magnesio.

La hipocalcemia es la puerta de entrada a una serie de enfermedades infecciosas y metabólicas ya que reduce: a) la función muscular (mayor incidencia de mastitis y desplazamiento del abomaso), b) el consumo de alimentos (más cetosis y desplazamiento del abomaso) y c) la respuesta inmune (más mastitis y retención de placenta), por lo que esta enfermedad de la producción es muy onerosa para la empresa lechera. Se estima que actualmente en Costa Rica un productor de ganado lechero deja de percibir US\$ 400 por cada vaca que sufre fiebre de leche.

Por lo general todas las vacas experimentan algún grado de inmunosupresión durante el período de transición; dos a tres semanas previas y posteriores al parto, acentuándose esta situación en aquellas vacas que han sufrido fiebre de leche o cetosis. Esta depresión del sistema inmune es tanto a nivel de la función neutrófila (inmunidad innata) como linfocítica (inmunidad adquirida) y es la causante de que las vacas durante este período sean más susceptibles a enfermedades tales como retención de placenta, metritis y mastitis. El sistema inmune es muy susceptible a deficiencias dietéticas de vitamina E y los microelementos selenio, cobre y zinc. Es muy probable que las vacas prontas que pastorean kikuyo reciban del forraje la cantidad de vitamina E suficiente para mantener la función inmune (Zúñiga 2004); sin embargo, debe considerarse la suplementación con los microelementos cobre, selenio y zinc en estos animales, pues el kikuyo no logra satisfacer las necesidades del ganado lechero de los mismos (NRC 2001).



Cuadro 7. Contenido de macroelementos (% de la MS) del kikuyo pastoreado en fincas ubicadas en la zona montañosa central de Costa Rica^a

MINERAL	Época Seca (77) ¹			Época Lluviosa (80) ¹		
	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	MAX
Ca	0,23	0,38	0,50	0,18	0,36	0,48
P	0,18	0,30	0,47	0,22	0,36	0,48
Mg	0,16	0,31	0,50	0,21	0,33	0,60
K	1,30	3,36	5,24	1,70	3,53	6,07
Na	0,01	0,04	0,08	0,02	0,03	0,06
Cl	0,55	1,11	1,41	0,62	1,09	1,39
S	0,19	0,24	0,26	0,20	0,25	0,27
BCAD	+64	+416	+819	+145	+455	+1022

^aSánchez, J. Ml. (Información no publicada)

La relación entre los requerimientos de microminerales del ganado lechero en sus diferentes etapas fisiológicas o nutricionales y los niveles de los mismos en el kikuyo analizado en la zona montañosa central de Costa Rica (**Cuadro 7**), indica que este pasto no satisfacen las necesidades de zinc, cobre ni manganeso (NRC 2001; Weiss 2008). Asimismo, Vargas et al. (1992) en investigaciones realizadas con kikuyo ha encontrado que éste en promedio tiene 0,12 mg/kg de MS de selenio, valor que es inferior a las necesidades de este mineral (0,3 mg/kg de MS) (NRC, 2001). Estos autores encontraron que este pasto contiene 0,1 mg/kg de MS de cobalto, los cuales no satisfacen los requerimientos de 0,15 a 0,2 sugeridos por Weiss (2008). En relación al yodo, la información sobre el contenido de este elemento en los forrajes es escasa; sin embargo, los análisis de yodo practicados en suelos de Costa Rica indican que este mineral se encuentra en cantidades muy bajas, lo que sugiere que los pastos también contengan niveles bajos de este mineral. La

respuesta a la suplementación con este mineral en hatos de ganado de leche y carne en los países tropicales siempre ha sido positiva (Mc Dowell y Artington 2005).

En animales en pastoreo, el cobre requiere de especial consideración ya que la ingestión de tierra reduce la biodisponibilidad de este mineral, por lo que se recomienda suministrar de un 25 a 50% más de los 15 mg/kg en la ración total recomendado por el NRC (2001), es decir, la ración total debe tener de 19 a 23 mg de cobre/kg de materia seca (Weiss 2006). La suplementación de fuentes de cobre y zinc ligados a compuestos orgánicos, puede mejorar la absorción y nutrición de estos elementos en condiciones donde compuestos como las arcillas, pueden reducir la biodisponibilidad de los mismos.

Además de los minerales antes indicados debe considerarse la suplementación con sal blanca, ya que los forrajes tropicales se caracterizan por ser deficientes en sodio (Cowan y Lowe 1998). Las materias primas que se usan para suplir los minerales deben de ser de alta biodisponibilidad,



Cuadro 8. Contenido de microelementos (mg/kg de MS) del kikuyo pastoreado en fincas ubicadas en la zona montañosa central de Costa Rica

MINERAL	Época Seca (77) ¹			Época Lluviosa (80) ¹		
	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	MAX
Fe	108,59	339,4	2064,19	86,45	414,23	2192,48
Cu	2,93	9,25	15,19	4,74	10,3	16,06
Mn	36,05	88,58	249,44	31,87	63,24	122,5
Zn	13,36	26,99	42,48	11,66	25,81	42,12

¹ Número de muestras

tales como el fosfato dicálcico, el óxido de magnesio, carbonato de hierro, sulfatos de cobre, zinc, manganeso y cobalto, yoduro de potasio o etilendiaminodiodato y selenito de sodio.

APLICACIONES A NIVEL DE FINCA

1. **Manejo de pasturas.** Para obtener un buen aprovechamiento del kikuyo en su finca establezca el mejor plan de fertilización, carga animal, intervalo entre pastoreos y duración de los mismos. Cuando el kikuyo se pastorea en su estado de cuatro y media hojas a cinco, se produce la mayor cantidad de biomasa aprovechable y el mejor valor nutricional de la misma.
2. **Nutrientes limitantes para la producción de leche con base en kikuyo.** Los carbohidratos fácilmente fermentables en el rumen o carbohidratos no fibrosos (CNF), por lo general son los nutrientes más limitantes para la producción de leche con base en kikuyo. Para que los microorganismos del rumen puedan utilizar el exceso de proteína degradable que aporta esta gramínea, el animal debe suplementarse con 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). El suministro de estas fuentes de CNF debe fraccionarse en varias comidas al día para evitar una acidosis ruminal. La ración total no debe contener más de 36 a 38% de CNF y entre 22 y 23% de pared celular.
3. **Suplementación para mejorar la respuesta animal.** Una vaca puede producir hasta 8 kg de leche con base en la energía que le suministra el kikuyo. Para que los animales produzcan cantidades mayores de leche y tengan una buena condición corporal, la cual está asociada a buenos índices reproductivos; hay que suplementar con alimentos balanceados y/o subproductos agroindustriales. Se recomienda el uso de alimentos balanceados con 14% de proteína cruda cuando la producción del hato es menor a 30 kg y 16% si la producción es mayor. El uso de la grasa sobrepasante debe considerarse en hatos Holstein con producciones mayores a 20 kg, si el hato es Jersey, su uso debe considerarse cuando el nivel es superior a 15 kg.
4. **Prevención de enfermedades de la producción.** Los animales en sus diferentes etapas de la producción deben recibir una suplementación mineral apropiada en forma continua. El hato



de ganado lechero en producción debe recibir un suplemento mineral que contenga calcio, fósforo, magnesio, cobre, zinc, cobalto, yodo y selenio. Las vacas prontas (3 a 4 semanas previas al parto) deben consumir alrededor de 10 a 12g de calcio disponible (para hacer esta estimación use el modelo del NRC 2001), 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 0,4%. Además suplemente cobre, zinc, selenio, yodo, cobalto y manganeso. Inmediatamente después del parto utilice suplementos minerales para vacas en producción, con 20 a 24% de calcio total.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, M. 2006. Evaluación de técnicas de manejo para mejorar la utilización del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov) en la producción de ganado lechero en Costa Rica. Tesis presentada para optar por el título de Ingeniera Agrónoma en el grado académico de Licenciada en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. 225 p.
- BARGO, F.; L. D MULLER; E. S. KOLVER; J. E. DELOHOY. 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.
- 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.
- 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.
- 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.; K. SLACK ; E. HAVILAH. 1999. The effect of defoliation interval and height on growth and herbage quality of kikuyo grass (*Pennisetum clandestinum*). *Tropical Grasslands*. 33: 138-145.
- FULKERSON, W. J.; D. J. DONAGHY. 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.; J. ML. SÁNCHEZ; R. HORST. 2005. Hypocalcemia: Biological effects and strategies for prevention. Tennessee Nutrition Conference. University of Tennessee. Tennessee. USA. 6p.
- 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: Grass its production and utilization. Edited by Alan Hopkins. Blackwell Science. Oxford OX2 0EL. UK. Pp. 90-110.
- ISHLER, V. A.; J. HEINRICH; 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.
- MARAIS, J. P. 2003. Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*)- a review. *Tropical Grasslands*. 35: 65-84.
- MC DOWELL, L. R.; J. D. ARTINGTON. 2005. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Cuarta edición. University of Florida. Gainesville. Fl. USA. 94p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. National Academy Press. Washington, D. C. 381p.
- OBA, M.; M. S. ALLEN. 2000. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fibre from forage: effect on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 82(3): 589-596.
- PETERS, K. 2008. Evaluación del valor nutricional y de la biomasa disponible del pasto kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) en sistemas de pastoreo basados en la edad fenológica de la planta. Tesis presentada para optar por el título de Ingeniera Agrónoma en el grado académico de Licenciada en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. 108 p.
- RAMÍREZ, L. M.; L. L. GARCÍA. 2004. Renovación de pasturas degradadas de kikuyu *Pennisetum clandestinum* Hoescht, con labranza mínima en una región alto andina de Colombia. I Productividad forrajera. *Acta Agronómica*. 53: (3).
- REEVES, M., W. J. FULKERSON. 1996. Establishment of an optimal grazing time of Kikuyu pastures for dairy. IN: Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conference, Towomba, 1996. Regional Institute. 5p.
- SÁNCHEZ, J. ML.; J. COWARD; C. JIMÉNEZ; R. SOSA; C. LÓPEZ. 1985. Efecto de la fertilización nitrogenada en la época seca sobre la producción y el valor nutritivo del pasto kikuyu bajo pastoreo en el cantón de Coronado. *Agronomía Costarricense*. 9 (2): 219-227.
- 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. 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.; J. P. GOFF. 2006. Strategies for controlling hypocalcemia in dairy cows in confinement and pasture settings. IN: Production diseases in farm animals. Ed. Nanda Joshi and Thomas H. Herdt. Wageningen Academic Publishers. Wageningen, The Netherlands. 344p.
- SANTOS, F. A. P.; J. E. P. SANTOS; C. B. THEURER; J. T. HUBER. 1998. Effect of rumen undegradable protein on dairy cows performance: a 12 year literature review. *Journal of Dairy Science*. 81: 3182-3213.
- SKERMAN, P. J.; F. RIVEROS. 1990. *Tropical Grasses*. (FAO, Rome)
- 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.
- VÉRITÉ, R.; M. JOURNET. 1970. Influence de la tenur en eau et de la deshydratation



- de l'herbage sur la alimentaire pour les vaches laiteres. *Annales de Zootechnie*. 19: 255-268.
- VAN SOEST, J. P. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd. Ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, N. Y. U. S. A. 476p.
- WEISS, W. P. 2006a. Energy for Dairy Cattle. . IN: *Curso de Nutrición de Ganado Lechero*. Balsa, Atenas. Costa Rica. 1-10p.
- WEISS, W. P. 2008. Update on Mineral Requirements for Dairy Cattle. . IN: *Curso de Nutrición de Ganado Lechero*. Balsa, Atenas. Costa Rica. 1-10p.
- 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.
- ZÚÑIGA, A. 2004. Determinación del nivel de vitamina E en el plasma sanguíneo durante el parto en vacas lecheras que pastorean kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Tesis presentada para optar por el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. 70 p.