



Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)



Claudia Soto¹, Zoot; Alexander Valencia¹, Zoot; Rubén D Galvis², Zoot, MSc; Héctor J Correa², Zoot, MSc.

¹Profesional independiente;

²Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, AA 1779, Medellín Colombia. rdgalvis@unalmed.edu.co

(Recibido: 4 agosto, 2004; aceptado: 24 enero, 2005)

Resumen

Con la finalidad de evaluar el efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el contenido de energía neta de lactancia (ENL) y los parámetros de degradabilidad ruminal de la proteína cruda (PC) del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), se seleccionó un potrero del Centro de Producción Paysandú de la Universidad Nacional, donde se delimitaron 16 parcelas a las cuales se les asignó al azar uno de los siguientes tratamientos: T1 (30 días de corte y 0 kg/N/Ha/Corte), T2 (60 días de corte y 0 kg/N/Ha/Corte), T3 (60 días de corte y 50 kg/N/Ha/Corte) y T4 (30 días de corte y 50 kg/N/Ha/Corte). Luego de 120 días de tratamiento se recolectaron 5 submuestras de cada parcela con las que se conformó una muestra final para cada parcela en las que se analizó el contenido de PC, fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), PC insoluble en detergente neutro (PCIDN), PC insoluble en detergente ácido (PCIDA), Cenizas (Cen), Extracto etéreo (EE), y carbohidratos no estructurales (CNE) a partir de los cuales se realizó la estimación del contenido de ENL. Estas muestras se sometieron así mismo a una prueba de degradabilidad ruminal por el método *in situ*. Los resultados mostraron que los tratamientos no afectaron el contenido de PC (19.04%), FDN (56.6%), FDA (30.4%), PCIDN (3.6%), PCIDA (1.37%), los CNE (10.8%) ni los parámetros de cinética ruminal de la PC del pasto kikuyo ($p > 0.05$), mientras que el contenido de Cen fue menor en el pasto fertilizado (9.02%, $p < 0.05$), el de EE fue más alto en el pasto fertilizado y cortado a 60 días (4.46%, $p < 0.05$) y, en consecuencia, el contenido de ENL fue mayor en éste (1.1 Mcal/kg de MS, $p < 0.05$). Se concluye que las edades de corte y los niveles de fertilización nitrogenada a los que fue sometido el pasto kikuyo en este trabajo afectaron ligeramente su calidad nutricional.

Palabras clave: cinética ruminal, evaluación nutricional, NRC 2001.

Introducción

El pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) es una de las gramíneas más ampliamente utilizadas en los sistemas de producción de lechería especializada en el departamento de Antioquia (10) la cual se caracteriza por su alto contenido de proteína cruda (PC) y bajo contenido de carbohidratos no estructurales (CNE)

(15, 31). Esto se debe posiblemente a los altos niveles de fertilización nitrogenada a la que es sometido (22, 33, 39) y que determina, además, el incremento en la fracción soluble de la PC (fracción *a*) en detrimento de la fracción potencialmente degradable (fracción *b*) (33). La edad de corte es otro factor que puede

afectar la composición química de los forrajes (5) pero que en el caso particular del pasto kikuyo parece tener un menor impacto debido a su hábito de crecimiento. El kikuyo es un pasto que forma estolones sobre la superficie del suelo con entrenudos cortos a partir de los cuales surgen raíces que fijan los estolones al suelo, de tal manera que lo que queda al acceso de los animales son principalmente hojas. Por tal razón, este pasto se caracteriza por tener una alta relación hoja: tallo que impide que la composición química del pasto se modifique tan marcadamente como sucede en otros (43).

La composición química, sin embargo, no es suficiente para establecer el valor nutricional de los alimentos (14). El Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos (26) ha planteado nuevas metodologías para establecer el valor nutricional de los alimentos que pueden ser utilizados en sistemas de alimentación de ganado lechero y que representan un avance con relación a la propuesta publicada previamente (25). Las diferencias más significativas tienen que ver con la estimación del contenido de energía y proteína de los alimentos. El modelo más reciente estima el contenido de energía de acuerdo a la propuesta de Weiss (42) que se basa en la composición química de los alimentos y en un factor de corrección para la disminución en la digestibilidad en función del consumo de materia seca (CMS). El valor proteico, por su parte, requiere de la estimación de los parámetros de cinética ruminal mientras que la estimación de la tasa de pasaje (kp) esta basada en el CMS. Esto quiere decir que tanto la estimación de los aportes de energía como de proteína son dinámicos a diferencia de los valores estáticos y tabulados de las ediciones anteriores. Esta nueva propuesta implica la evaluación de un mayor número de parámetros, razón por la cual la información existente para establecer el valor nutricional de los alimentos es limitada, lo que hace necesario evaluarlos bajo las nuevas metodologías.

La finalidad de este trabajo fue establecer el efecto de la edad de corte y el nivel de fertilización nitrogenada sobre el contenido energético y proteico del pasto kikuyo estimados bajo las metodologías propuestas por el NRC 2001 (26).

Materiales y métodos

El trabajo de campo se llevó a cabo en el Centro de Producción Paysandú de la Universidad Nacional de

Colombia, Sede Medellín, localizado en el corregimiento de Santa Elena (Antioquia), a 2300 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 16 °C, perteneciente a una zona ecológica de bh-MB. En este Centro de Producción se seleccionó un potrero sembrado con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en el que se delimitaron 16 parcelas a las cuales se les asignó al azar uno de los siguientes cuatro tratamientos (cuatro parcelas/tratamiento): T1 (30 días de corte y 0 kg/N/Ha/Corte), T2 (60 días de corte y 0 kg/N/Ha/Corte), T3 (30 días de corte y 50 kg/N/Ha/Corte) y T4 (60 días de corte y 50 kg/N/Ha/Corte). De esta manera los tratamientos se organizaron en un diseño completamente al azar en un arreglo factorial 2 x 2 (dos edades de corte y dos niveles de fertilización nitrogenada). Las parcelas de los T1 y T2 tuvieron un área de 12 m², mientras que las asignadas al T3 tuvieron un área de 400 m² y las asignadas al T4 fueron de 800 m². Las diferencias en el tamaño de las parcelas fueron debidas a que, paralelo a esta investigación, se realizó un experimento que utilizó el forraje de los cuatro tratamientos en proporciones dietarias desiguales, entonces a priori se determinaron las áreas necesarias para suplir las necesidades de forraje del experimento paralelo. Lo anterior se tuvo en cuenta al momento del muestreo, de tal modo que las muestras de cada tratamiento fueran representativas. Las parcelas de los T1 y T3 fueron sometidas a cuatro periodos de corte de emparejamiento en tanto que las parcelas de los T2 y T4 fueron sometidas a dos periodos de corte con su respectiva fertilización entre cortes. Las diferencias en los periodos de corte de emparejamiento son debidas a que el periodo destinado para el preensayo fue de 4 meses, por lo tanto T1 y T3 (edad de corte de 30 días) alcanzaron a tener 4 cortes de emparejamiento, mientras que T2 y T4 (edad de corte de 60 días), alcanzaron en este periodo sólo dos cortes. La fuente de nitrógeno que se utilizó fue urea con 46% de nitrógeno.

Una vez cumplida la edad de corte se tomaron cinco submuestras al azar de cada parcela que luego se mezclaron homogéneamente para conformar una sola muestra. Estas fueron inmediatamente transportadas bajo refrigeración hasta el laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional, Sede Medellín donde se secaron a 65 °C por 48 horas en una estufa de aire forzado y se tomaron dos submuestras una de las cuales se utilizó para llevar a cabo una prueba de degradabilidad ruminal y la otra se almacenó hasta que se realizaron los análisis químicos necesarios. Las

muestras que se reservaron para la prueba de degradabilidad ruminal fueron molidas hasta un tamaño de 2.0 mm mientras que las que se reservaron para los análisis químicos se molieron a 1.0 mm. En estas últimas se determinó el contenido de cenizas (Cen), extracto etéreo (EE) y proteína cruda (PC) de acuerdo a métodos descritos previamente (3), en tanto que la determinación del contenido de fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA) y lignina (Lig), se llevaron a cabo por los métodos descritos por Van Soest y Robertson (38). La Lig se determinó en una muestra resultante de la mezcla de una submuestra de cada una de las cuatro repeticiones de cada tratamiento. En los residuos de la FDN y de la FDA se estableció el contenido de PC para determinar la PC insoluble en detergente neutro (PCIDN) y la PC insoluble en detergente ácido (PCIDA). El contenido de CNE se calculó por diferencia (26).

Para establecer el valor energético de las muestras de pasto kikuyo se recurrió al procedimiento propuesto por Weiss (42), que parte de estimar las digestibilidades verdaderas de los CNE (dvCNE), de la PC (dvPC), del FDN (dvFDN) y del EE (dvEE), así:

$$dvCNE = 0.98 * (100 - ((FDN - PCIDN) + PC + EE + Cenizas))$$

$$dvPC = PC * \exp(-1.2 * (PCIDA/PC))$$

$$dvFDN = 0.75 * (FDN - PCIDN - Lig) * (1 - (Lig / (FDN - PCIDN)))^{0.667}$$

Se asumió que la dvEE en el pasto kikuyo es del 100%.

El contenido de nutrientes digestibles totales (NDT) del forraje se calculó así:

$$NDT (\% \text{ de la MS}) = dvCNE + dvPC + dvFDN + dvEE - 7.$$

En vista de que al incrementarse el consumo de alimento se reduce la digestibilidad del mismo, la propuesta de Weiss (42) introduce una ecuación empírica para calcular el porcentaje de disminución en la digestibilidad (F) en función del consumo de materia seca (CMS):

$$F = [(NDT - ((0.18 * NDT) - 10.3)) * CMS] / NDT$$

Fue asumido que el CMS correspondió al 3.5% del peso vivo.

En la propuesta de Weiss (42) el cálculo de la energía digestible (ED) se hace posterior al cálculo del factor F y este se realiza multiplicando el contenido estimado de digestibilidades verdaderas de las fracciones energéticas, por sus respectivos calores de combustión haciendo una corrección por la energía metabólica fecal. Es así como para la mayoría de los alimentos, incluidos los forrajes, se tiene que:

$$ED (\text{Mcal/kg}) = (dvCNF/100) * 4.2 + (dvFDN/100) * 4.2 + (dvPC/100) * 5.6 + (EE/100) * 9.4 - 0.3$$

La corrección por energía metabólica fecal (0.3 Mcal/kg) resulta de multiplicar un valor constante de pérdida asumida en NDT de 7% por su calor de combustión (4.4 Mcal/kg).

La ED calculada en el paso anterior se multiplicó por el F para obtener la ED corregida (EDc):

$$EDc = ED * F$$

En la propuesta de Weiss (42), la EM es calculada a partir de la ED utilizando la misma ecuación que se empleaba en la versión NRC 1989 (25), pero haciendo una corrección que implica un incremento en 0.0046 % por cada unidad de incremento en el contenido de EE por encima de 3%, lo que implica que se incrementa el valor de EM de alimentos altos en EE:

$$EM (\text{Mcal/kg de MS}) = [1.01x(EDc) - 0.45] + 0.0046x(EE - 3)$$

Para estimar el contenido de ENL de los alimentos se empleó la ecuación que hace la estimación a partir de la EM para alimentos con más de 3% de grasa:

$$ENL = [0.703xEM] - 0.19 + [(0.097 * EM + 0.19) / 97] * [EE - 3]$$

Las pruebas de degradabilidad ruminal de la PC se llevaron a cabo mediante la técnica *in situ* (32). Para ello se utilizaron cuatro vacas adultas de la raza Holstein que estaban secas, vacías y dotadas de cánulas ruminales de goma. Así mismo se utilizaron 128 bolsas de nylon de 5 x 10 cm en cada una de las cuales se empacaron aproximadamente 3.0 gramos de muestra y se incubaron en el rumen de las cuatro vacas durante 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 y 72 horas, usando una bolsa para cada tiempo de incubación y para cada tratamiento en cada uno de los cuatro animales. Antes

de empacar las muestras en las bolsas de nylon, tanto éstas como las muestras del pasto se secaron a 60 °C por 48 horas. Las bolsas se sujetaron a mosquetones metálicos, fijados a una cadena metálica de un metro de longitud; que se introdujo en la parte ventral del rumen y se sujetó a la parte externa de la tapa de la cánula ruminal mediante un cordel de cáñamo. Las bolsas se incubaron en el rumen comenzando con el tiempo más largo (72 horas) prosiguiendo hasta las 0 horas (20 minutos) de tal manera que al final de la incubación, todas las bolsas se extrajeron al mismo tiempo y se lavaron simultáneamente con agua de grifo hasta que el agua salió limpia (29).

Las bolsas con los residuos se secaron a 60 °C durante 48 horas, se colocaron al ambiente hasta que su temperatura se estabilizó y se pesaron. En el residuo que quedó en cada bolsa incubada se determinó el contenido de MS y de PC cuyos datos se utilizaron para estimar la degradabilidad ruminal (DR), la fracción soluble (*a*), la fracción potencialmente degradable (*b*) y la constante de la cinética de degradabilidad ruminal (*kd*) de la PC. Para ello se utilizó el modelo propuesto por Ørskov y McDonald (32): $DR = a + b(1 - e^{-kdt})$, donde *t* es el tiempo de incubación. Cuando los datos mostraron la presencia de un tiempo de retraso en el inicio de la degradación (*Lag*) se utilizó la ecuación de McDonald (20):

$$DR = a + b(1 - e^{-c*(t-Lag)}).$$

La estimación de los parámetros de la cinética ruminal de la PC se llevó a cabo mediante los procedimientos no lineales del programa estadístico SAS (35).

Las variables de respuesta se analizaron estadísticamente mediante el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + E_j + FE_{ij} + \epsilon_{ijk},$$

donde Y_{ijk} es la variable respuesta; μ es la media poblacional; F_i es el efecto del *i*-ésimo nivel de fertilización; E_j es el efecto de la *j*-ésima de la edad de corte; FE_{ij} es el efecto de la interacción entre el *i*-ésimo nivel de fertilización y la *j*-ésima edad de corte; y ϵ_{ijk} es el error experimental asociado a la *k*-ésima unidad experimental. El análisis estadístico se realizó utilizando el PROC GLM del paquete estadístico SAS (35).

Resultados

En la tabla 1 se presentan los resultados del efecto de la edad de corte y nivel de fertilización nitrogenada sobre la composición química del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Como se puede apreciar no hubo efecto de los tratamientos sobre el contenido de PC del pasto. Los valores oscilaron entre 17.98 y 20.09% de la MS ($p > 0.05$). Por el contrario, se evidenció un efecto del nivel de fertilización sobre el contenido de Cen, siendo más alto con el pasto sin fertilizar ($p < 0.05$). Así mismo, hubo efecto del nivel de fertilización y la edad de corte sobre el contenido de EE siendo más alto en el pasto fertilizado y cosechado a los 60 días de edad ($p < 0.05$). Al igual que con la PC, no hubo efecto de los tratamientos sobre la FC, la FDN, la FDA, PCIDN, PCIDA y los CNE ($p > 0.05$).

En cuanto al contenido de ENL, este fue afectado únicamente por el nivel de fertilización ($p < 0.05$) (véase Tabla 2) obteniéndose el valor más alto con el pasto fertilizado. La edad de corte no afectó el contenido de energía del pasto kikuyo.

Los parámetros de cinética de la degradación ruminal de la PC (véase Tabla 3) no fueron afectados por los tratamientos. La fracción *a* correspondió en promedio al 31.44% mientras que la fracción *b* representó el 61.04% de la PC. La *kd* fue de 0.043/h en tanto que el tiempo *Lag* alcanzó un valor promedio de 4.91 h.

Discusión

Desde la década de los años cincuenta del siglo pasado, en que la urea comenzó a producirse industrialmente, se ha incrementado la aplicación de este fertilizante sobre pasturas, resultando en un incremento en la producción de biomasa por unidad de área (4, 16). Este incremento, a su vez, aumentó la capacidad de carga de las praderas y, en consecuencia, incrementó la producción por hectárea. Por otra parte, la fertilización nitrogenada ha permitido el pastoreo a edades más tempranas con lo que los animales han tenido acceso a un forraje con mayor digestibilidad, incrementándose el consumo del mismo y, en consecuencia, mejorándose la producción por animal (33).

Tabla 1. Efecto del nivel de fertilización nitrogenada (F) y la edad de corte (E) sobre la composición química del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

Fracción química % de la MS	Tratamientos ¹				Media	P ²			
	SF		CF			F	E	FxE	CME ³
	30d	60d	30d	60d					
PC	18.47	19.60	20.09	17.98	19.04	NS	NS	NS	1.456
FDN	57.55	57.25	54.17	57.32	56.57	NS	NS	NS	4.586
FDA	31.07	29.25	30.50	30.82	30.41	NS	NS	NS	1.274
PCIDN	3.41	3.82	3.79	3.45	3.62	NS	NS	NS	0.054
PCIDA	0.99	2.17	1.30	1.00	1.37	NS	NS	NS	0.617
EE	3.86b	3.96b	4.46a	3.93b	4.05	**	**	NS	0.027
Cen	9.92a	10.13a	9.28ba	8.77b	9.53	**	NS	NS	0.359
CNE	10.18	9.05	11.97	11.98	10.80	NS	NS	NS	2.428
Lignina ⁴	5.0	7.1	6.0	7.4	6.38	-	-	-	-

¹ SF: sin fertilización; CF: con fertilización; 30 d: corte a 30 días de edad; 60 d: corte a 60 días de edad.

² NS: no significativo; **: p< 0.05

³ Cuadrado medio del error

⁴ De la lignina solamente se realizó un análisis a una muestra resultante de la mezcla de las cuatro repeticiones por tratamiento.

Tabla 2. Efecto del nivel de fertilización nitrogenada (F) y la edad de corte (E) sobre el contenido de ENL del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

ENL (Mca/Kg)	Tratamientos ¹				F	P ²		
	SF		CF			E	FxE	CME ³
	30d	60d	30d	60d				
ENL (Mca/Kg)	1.11	0.97	1.15	1.04	**	NS	NS	0.0008

¹ SF: sin fertilización; CF: con fertilización; 30 d: corte a 30 días de edad; 60 d: corte a 60 días de edad.

² NS: no significativo; **: p< 0.01

³ Cuadrado medio del error

Tabla 3. Efecto del nivel de fertilización nitrogenada y la edad de corte sobre los parámetros de cinética de la degradación ruminal de la PC del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

Parámetros de cinética ruminal	Tratamientos ¹				F	P ²		
	SF		CF			E	FxE	CME ³
	30d	60d	30d	60d				
Fracción a	31.13	30.92	29.88	33.83	NS	NS	NS	8.370
Fracción b	61.80	59.49	63.37	59.53	NS	NS	NS	64.67
kd	0.0395	0.0501	0.0485	0.0365	NS	NS	NS	0.0002
Lag (horas)	3.517	4.962	5.516	5.646	NS	NS	NS	1.902

¹ SF: sin fertilización; CF: con fertilización; 30 d: corte a 30 días de edad; 60 d: corte a 60 días de edad.

² NS: no significativo; **: p< 0.01

³ Cuadrado medio del error

La fertilización nitrogenada, igualmente, afecta la calidad nutricional de las pasturas (22, 33, 39). En este trabajo, sin embargo, este efecto no fue muy marcado, no obstante que las parcelas a las que se les

asignaron los tratamientos sin fertilización no se les aplicó urea durante al menos 120 días (cuatro cortes en el tratamiento de 30 días y dos cortes en el de 60 días). Solamente se presentó una disminución en el

contenido de cenizas y un incremento en el EE del pasto fertilizado.

Esto pudo ser debido al fertilizante remanente en el suelo del potrero en el que se instalaron las parcelas experimentales. Este, al igual que los demás potreros del Centro de Producción Paysandú que son asignados a las vacas en producción, son fertilizados periódicamente con fertilizantes nitrogenados como la urea. Ha sido reportado que la aplicación excesiva de nutrientes como el nitrógeno (N) y el fósforo (P), más allá de los requerimientos del cultivo, conducen a una sobrecarga de estos sobre el suelo y sobre las aguas de drenaje (19). Los análisis de suelos que se han realizado en el Centro de Producción Paysandú muestran un incremento histórico en el nivel de P incrementándose desde 15 ppm en 1998 a 46.5 ppm en el año 2004. Es de esperarse que haya sucedido una situación similar con el N en los suelos.

Knowlton (19) ha estimado que en el condado de Rockingham (Virginia, Estados Unidos), una región en la que existe una alta concentración de hatos lecheros que se explotan intensivamente, más del 90% de los suelos presentan niveles excesivos de P que indican que durante al menos 10 años no habría necesidad de aplicar fertilizantes fosforados al suelo. Algo similar habría de presentarse con el N, sugiriendo que la aplicación de fertilizantes nitrogenados luego de cada pastoreo es innecesaria.

La sobrecarga de nutrientes en los suelos ha incrementado la necesidad de precisar cada vez más los programas de fertilización de los cultivos forrajeros (4), los que necesariamente tienen que basarse en la estimación más precisa de las demandas de nutrientes del cultivo y de las fuentes de fertilización. Es probable que en este último aspecto sea donde más errores se cometen ya que el aporte de los nutrientes se calcula teniendo en cuenta únicamente la concentración de los mismos en los fertilizantes que se aplican y en la cantidad aplicada. Sin embargo, no se tiene en cuenta la cantidad de nutrientes que se reciclan a través de las heces y la orina (19, 28). Ha sido señalado que, en promedio, el N excretado en las heces y en la orina representan el 32.1 y el 36.8% del N consumido, respectivamente (17). Es decir, que en su conjunto, cerca del 70% del N consumido se recicla en las heces y en la orina y que solo el 30% se retiene en la leche y en los tejidos; esto es considerando el balance total de nitrógeno en el sistema de producción. Bajo las

condiciones de alimentación que prevalecen en la zona oriente de Antioquia, la retención del N es mucho más baja promediando el 18% del N consumido (7). Esto es debido, posiblemente, a que la concentración de N en el pasto kikuyo es mucho más alta que la requerida por los animales (7, 23) y a que la utilización de la proteína degradable en rumen para la síntesis de proteína microbiana es muy baja (34, 21), con lo que un porcentaje importante del N consumido es absorbido como N amoniacal, que luego de ser transformado en urea en el hígado, es principalmente eliminado en la orina (11).

Lo anterior indica la necesidad de establecer un balance de nutrientes en el hato que permita calcular la cantidad de nutrientes que ingresan y la cantidad de nutrientes que se exportan del hato, con la finalidad de minimizar las sobrecargas de nutrientes a los animales, a los suelos y al agua (9).

El contenido más alto de ENL en el pasto fertilizado fue consecuencia de la disminución en la concentración de Cen y del incremento en la concentración de EE. Dado que los minerales no aportan energía, una reducción en su concentración mejora el valor energético del alimento. En vista que el modelo del National Research Council (26) asume que los ácidos grasos contenidos en el EE de los alimentos son totalmente digestibles, un incremento en su concentración mejora el valor energético del pasto.

La fertilización nitrogenada mejora el contenido de proteína del forraje (22, 33, 39) debido principalmente al incremento en el N soluble y el NNP, es decir, en la fracción *a*, en detrimento de la fracción *b* (33). La fracción *c* no parece modificarse por la fertilización nitrogenada (33) o puede manifestar un incremento (22). En este trabajo la fertilización nitrogenada tampoco afectó la cinética de la degradación ruminal de la PC del pasto kikuyo.

El valor promedio para la fracción *a* hallada en este trabajo (31.44%), fue más bajo que el reportado por Carulla (8) (40.3%), Gaitán y Pabón (15) (50.0%) y Bernal y Montoya (6) (42.9%), pero más alto que el reportado por Agudelo y Restrepo (1) (19%) y por Correa y Marín (12) (19.4%), para muestras de pasto kikuyo con un contenido similar de PC. La fracción *b*, por su parte (61.04%), fue muy similar a la reportada por Agudelo y Restrepo (1) (61.84%), pero más alta que las reportadas por Gaitán y Pabón (15) (44.0%),

Correa y Marín (12) (54.4%), Carulla (8) (42%) y Bernal y Montoya (6) (45.26%). La kd (0.043/h), fue más alta que la reportada por Bernal y Montoya (6) (0.031/h) y por Agudelo y Restrepo (1) (0.032/h), pero más baja que la reportada por Gaitán y Pabón (15) (0.0783/h) y por Correa y Marín (12) (0.0668/h). Estas diferencias en los parámetros de cinética ruminal pueden ser debidas a un manejo agronómico diferencial de las pasturas y a la metodología utilizada, particularmente en lo que tiene que ver con el tamaño de partícula del material a incubar en rumen. Ha sido señalado que mientras mayor es el tamaño de la partícula de las muestras incubadas en las bolsas de nylon, menor es la pérdida de material por los poros de la bolsa (40). En el presente trabajo las muestras de alimento fueron molidas hasta un tamaño de 2 mm mientras que en el de Gaitán y Pabón (15), Agudelo y Restrepo (1) y Bernal y Montoya (6) las muestras fueron molidas hasta 1 mm. Aunque en el trabajo de Correa y Marín (12) las muestras fueron molidas a 0.5 mm, se realizó una corrección debido a la pérdida de material por los poros de la bolsa, reportando los datos corregidos.

La presencia de un tiempo *Lag* estaría corroborando lo anterior. Sin embargo, este es un concepto que ha generado muchas discusiones. McDonald (20) definió por primera vez el concepto de tiempo *Lag* o fase de latencia como el periodo en el cual no ocurre una desaparición del sustrato que se encuentra en la bolsa debido a que los microorganismos ruminales necesitan un tiempo mínimo para adherirse a este, por lo tanto, al principio no hay una pérdida de materia seca en la bolsa, de hecho podría haber un pequeño incremento. Neal y Martin (27) coincidiendo con este concepto, señalan que el tiempo *Lag* está posiblemente relacionado con la accesibilidad de los microorganismos a la fibra de los alimentos, indicando que todas las diferencias físicas y químicas de la fibra pueden afectar de alguna manera los parámetros de cinética ruminal (tiempo *Lag*, constante la cinética de degradación ruminal y degradabilidad efectiva). Sin embargo, Sauvart (36) critica la manera como se concibe que la degradabilidad se relaciona con el tiempo *Lag*, al señalar que existe una presunción errónea de que la fase *Lag* ocurre antes de que dé inicio la degradación. En vista de que las partículas del alimento tienen condiciones físicas y químicas particulares, es de esperarse que la degradación comience en el mismo momento en que éstas ingresan al rumen, incrementándose en la medida en que las limitaciones

de este tipo sean superadas. Es por ello que resulta poco creíble pensar en una digestión cero (13, 20) durante el período *lag* y que superado éste, se inicie instantáneamente la degradación (37).

Se ha reconocido que las gramíneas presentan mayor contenido de fibra que las leguminosas como la alfalfa. Por tal razón las gramíneas tienden a ser digeridas a tasas más lentas, con un tiempo *Lag* más prolongado que las leguminosas (30). Alvir y González (2), sin embargo, reportaron un tiempo *Lag* para la PC de alfalfa más prolongado que el hallado en este trabajo para la PC del pasto kikuyo. Estos autores encontraron que este valor osciló entre 5.31 y 6.25 h. Gaitán y Pabón (15), por su parte, reportaron un tiempo *Lag* para la PC de pasto kikuyo más bajo (3.9 h) que el hallado en este trabajo (4.91h), al igual que el reportado por Villa y Fernández (41) para la PC de hojas de yuca (2.76 h).

La estimación del tiempo *Lag*, cuando los datos indican que este existe, es fundamental para el cálculo de la degradabilidad efectiva (DE) (13). Villa y Fernández (41) encontraron que el cálculo de la proteína degradable en rumen (PDR) es superior cuando se emplea el modelo Ørskov y McDonald (32) que cuando se utiliza el modelo de McDonald (20), siendo más confiable este último ya que reduce los errores de estimación de la degradabilidad de la proteína. Gaitán y Pabón (15), por su parte estimaron que la inclusión del tiempo *Lag* afecta el valor estimado de PDR y de proteína no degradable en rumen (PNDR) de los alimentos, disminuyendo la PDR a favor de la PNDR. El modelo del National Research Council 2001 (26), no incluye el tiempo *Lag* en los cálculos para estimar la PDR y PNDR de los alimentos, lo que podría indicar en el caso de alimentos que presenten un tiempo *Lag* y que este sea prolongado, que se estaría sobrevalorando la degradabilidad de la proteína en el rumen y subvalorando el aporte de proteína no degradable hacia tracto posterior. En este sentido parece apropiado utilizar el modelo de McDonald (20) en lugar del modelo de Ørskov y McDonald (32), para la estimación tanto de los parámetros de la cinética ruminal de las proteínas, como de la degradabilidad efectiva de las mismas cuando se presume la existencia del tiempo *Lag*.

La edad de corte puede modificar la composición química del pasto kikuyo. En el presente trabajo la edad de corte afectó ligeramente la composición

química de este pasto. Esto pudo ser debido a que, como se señaló anteriormente, el hábito de crecimiento del kikuyo favorece la relación hoja: tallo, ya que la misma no se modifica substancialmente con la edad, lo que impide que la composición química del pasto cambie tan marcadamente como sucede en otras gramíneas forrajeras (43). Otros trabajos, han reportado cambios de la composición química de este pasto con la edad de corte. Es así como Naranjo (24), encontró que la concentración de PC se redujo en tanto que la de FDN se incrementó al recolectar muestras de kikuyo cada 7 días desde el día 21 hasta el día 63 de rebrote. En este trabajo, no se hicieron repeticiones suficientes para adelantar un análisis estadístico que demostrara que las diferencias observadas fueran significativas. El contenido de PC reportado al día 21 fue de 18.72%, mientras que para el día 56 este dato fue de 18%. En el caso de la FDN la situación no es muy diferente, ya que pasó de una concentración de 58.6% a los 28 días, a una de 60.9% a los 49 días. Es probable que sí se hubieran hecho suficientes repeticiones, no se habrían encontrado diferencias significativas para estas dos fracciones, ya que la desviación estándar para la PC y la FDN fueron 1.2 y 2.1%, respectivamente, mientras que las diferencias

para estas dos fracciones en los datos reportados por Naranjo (24), citados anteriormente fueron 0.72 y 2.3%, respectivamente.

Otros autores también encontraron que a medida que aumenta la edad de rebrote del pasto kikuyo, el contenido de PC disminuye mientras se incrementan los de fibra cruda y de lignina (18). Esto en las islas de Hawaii en donde los pastos se ven sometidos a periodos de luz más prolongados y estables y a menores alturas sobre el nivel del mar que en la zonas frías de la región andina, de tal manera que los resultados no son comparables con los obtenidos bajo condiciones en las que se realizó el presente trabajo.

Bajo las condiciones en las que se realizó este trabajo, los niveles de fertilización nitrogenada y las edades de corte a las que se sometió el pasto kikuyo, no afectaron marcadamente su calidad nutricional, debido posiblemente al nitrógeno remanente en los suelos y al hábito de crecimiento de este pasto. Estos resultados sugieren que no es necesario fertilizar esta gramínea con fuentes nitrogenadas luego de cada pastoreo y que el corte a los 60 días puede conservar su calidad nutricional.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado como parte del proyecto “Caracterización del metabolismo del nitrógeno en vacas lactantes en un hato lechero del oriente antioqueño” financiado por la Dirección de Investigaciones de la Universidad Nacional, sede Medellín (código DIME: 030803684).

Summary

Effects of the cutting age and the level of nitrogen fertilization over the energetic and proteic value of the grass ‘Kikuyo’ (Pennisetum clandestinum).

To evaluate the effect of cutting age and the nitrogen fertilization level over the net content of energy of lactation (NEL) and the ruminal degradation standards of the crude protein (CP) grass kikuyu (Pennisetum clandestinum), a grass-field sector was selected at ‘National University’s Paysandu Production Center, where 16 parcels were delimited. The following treatments were randomly assigned: T1 (30 days of cutting and 0kg/N/Ha/Cutting), T2 (60 days of cutting and 0 kg/N/Ha/Cutting), T3 (30 days of cutting and 50 kg/N/Ha/Cutting) and T4 (60 days of cutting and 50 kg/N/Ha/Cutting). After 120 days of treatment, 5 sub samples of each parcel were collected conforming a final sample for each parcel in which the CP content was analyzed (CP), fiber in neutral detergent (FND), fiber in acid detergent (FAD), insoluble CP in neutral detergent (CPIND), insoluble CP in acid detergent (CPIAD), ashes (Ash), ethereal extract (EE), and nonstructural carbohydrates (NEC) from which the estimation of the EN_L content was made. These samples were also put under a ruminal degradation test by the in situ method. Results showed that the treatments did not affect the CP content (19.04%), FND (56.6%), FAD (30.4%), CPIND (3.6%), CPINEC(1.37%), NEC (10.8%) nor the parameters of kinetic ruminal of CP kikuyu grass ($p>0.05$).

whereas the content of Ash was smaller in the fertilized grass (9.02%, $p<0.05$), the EE was higher in the fertilized grass and with to 30 days of cutting (4.46%, $p<0.05$) and, consequently, the ENL content was greater in this one (1.1 Mcal/kg of MS, $p<0.05$). It could be concluded that the cutting ages and the nitrogen fertilization levels to which the kikuyo grass was submitted, affected slightly its nutritional quality.

Key words: kinetic ruminal, nutritional evaluation, NRC 2001.

Referencias

1. Agudelo JM, Restrepo CA. Efecto de la utilización de la Acacia Negra (*A. decurrens*) sobre los niveles de producción y el contenido proteico de la leche en vacas de alto rendimiento. Trabajo de grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2001. 135 p.
2. Alvir M, González J. Efecto de la relación forraje: concentrado de la ración sobre la degradabilidad ruminal de las materias nitrogenadas de cuatro henos. Invest Agr: Prod Sanid Anim 1992; 7: 21 - 27.
3. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis 13th Ed. Washington DC: The association; 1980.
4. Astigarraga L, Peyraud JL, Delaby L. Effect of nitrogen fertiliser rate and protein supplementation on the herbage intake and the nitrogen balance of grazing dairy cows. Anim Res 2002; 51: 279 –293.
5. Bernal EJ. Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo. 3a ed. Bogotá DC (Col): Departamento de Publicaciones del Banco Ganadero; 1994, 575p.
6. Bernal LC, Montoya S. Balance energético y proteico en vacas al inicio de la lactancia y su relación con el estado metabólico. Trabajo de grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2004. 75 p.
7. Cardona MI y González LF. Simulación del metabolismo del nitrógeno en vacas lactantes de raza Holstein en el oriente antioqueño. Trabajo de grado (Sin publicar), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
8. Carulla J. Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la proteína del forraje. En: Memorias Simposio internacional sobre la proteína de la leche. Medellín: Colanta; 1999. p57-63.
9. Chase LE. Animal management strategies – how will they change with environmental regulations? Cornell University, Department of Animal Science 1999; URL: <http://www.ansci.cornell.edu/cgi-/db2www/getdoc.d2w/query?doc=180>
10. Consejo Regional Lácteo. Acuerdo de Competitividad de la Cadena Láctea en Antioquia. Medellín: Consejo Regional Lácteo; 2002. 75 p.
11. Correa HJ, Cuellar AE. Aspecto clave del ciclo de la urea con relación al metabolismo energético y proteico en vacas lactantes. Rev Col Cienc Pec 2004; 17: 29 – 38.
12. Correa LF, Marín MR. Balance energético y proteico en vacas periparturientas y la relación con su estado metabólico. Trabajo de grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 2002. 50 p.
13. Dhanoa MS. On the analysis of dacron bag data for low degradability feeds. Grass Forage Sci 1988; 43: 441-444.
14. France J, Theodorou MK, Lowman RS, Beever ED. Feed avaluation for animal production. In: Theodorou M K, J. France, editors. Feeding systems and feed evaluation models, Wallingford, UK: CABI Publishing; 2000. p. 1 - 10.
15. Gaitán S, Pabón JD. Evaluación energética y proteica de los forrajes utilizados en un hato lechero del oriente antioqueño según el NRC 2001. Trabajo de grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2003. 55 p.
16. Hart JM, Marx ES, Christensen NW, Moore JA. Nutrient management strategies. J Dairy Sci 1997; 80: 2659.
17. Jonker JS, Kohn RA, Erdman RA. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. J Dairy Sci 1998; 81:2681.
18. Kamstra LD, Stanley RW, Ishizaki SM. Seasonal and growth period changes of some nutritive components of kikuyo grass. J range manag 1966; 19:288-291.
19. Knowlton KF. Environmental implications of nutrition and feeding management. Virginia Tech, Department of Dairy Science, 1998; URL: <http://www.dasc.vt.edu/nutritioncc/knowlton98.pdf>.
20. McDonald L. A Revised Model for the Estimation of Protein Degradability in the Rumen. J Agri Sci 1981; 96: 251-252.
21. Mejía DC, y Vargas EA. Efecto de diferentes regímenes de alimentación en vacas Holstein lactantes sobre el flujo de proteína microbiana al duodeno. Trabajo de grado (Sin publicar), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.

22. Messman MA, Weiss WP, Erickson DO. Effects of nitrogen fertilization and maturity of bromegrass on nitrogen and amino acids utilization by cows. *J Anim Sci* 1981; 70: 566.
23. Montoya NF, Pino ID, Correa HJ. Evaluación de la suplementación con papa (*Solanum tuberosum*) a vacas holstein lactantes. (sin publicar) *Rev Col Cienc Pec*.
24. Naranjo H. Evaluación nutricional del pasto kikuyo a diferentes edades de corte. *Despertar Lechero* 2002; 20: 150-167.
25. National Research Council. The nutrient requirement of dairy cattle. 6th; Washington DC: National Academy Press; 1989.
26. National Research Council. The nutrient requirement of dairy cattle. 7th; Washington DC: National Academy Press; 2001.
27. Neal P, Martin NP. Forage Issues in High Producing Dairy Cows. Colorado State University Dairy Nutritional Conference 1999; URL: <http://ansci.colostate.edu/ran/dairy/martin.htm>
28. Newton GL, Johnson JC, Van Horn HH. Dairy manure management. I. A nutrient accounting approach 1996; URL: http://www.ads.uga.edu/annrpt/1996/96_168.htm
29. Nocek JE. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A review. *J Dairy Sci* 1988; 71: 2051-2069.
30. Nocek JE, Russell JB. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J Dairy Sci* 1988; 71:2070.
31. Osorio F. Efecto de la condición corporal sobre la producción y reproducción en ganado lechero. En: Seminario Avances Tecnológicos de la producción Lechera. Rionegro, Ant: Asociación Holstein, Seccional Antioquia y Finca S. A.; 1996. p. 21.
32. Ærskov ER, McDonald I. The estimation of protein degradation in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J Agric Sci* 1979; 92: 449-503.
33. Rodríguez D. Caracterización de la respuesta a la fertilización en producción y calidad forrajera en los valles de Chiquinquirá y Simijaca (Estudio de caso). Trabajo de grado, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional, sede Bogotá, 1999. 59p.
34. Rueda S, Taborda L. Estimación del flujo de proteína microbiana hacia el duodeno a partir de la concentración de alantoína en la orina de vacas lactantes de un hato lechero en Antioquia. Trabajo de grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 2003. 51 p.
35. SAS Inst (US). SAS User's Guide: Statistics (Version 6 Ed). Cary NC: the Institute; 1990.
36. Sauvant D. Conséquences digestives et zootechniques des variations de la vitesse de digestion de l'amidon chez les ruminants. *INRA Prod Anim* 1997 ; 10: 287-300.
37. Van Milgen J, Murphy MR, Berger LL. Compartmental model to analyze ruminal digestion. *J Dairy Sci* 1991; 74: 2515-2529.
38. Van Soest PJ, Robertson JB. Analysis of forage and fibrous foods. A laboratory manual for animal science. Cornell University. 1985. 503 p.
39. Van Vuuren A, Tamminga AS, Ketelaar R. *In sacco* degradation of organic matter and crude protein of fresh grass (*Lolium perenne*) in the rumen of grazing dairy cows. *J Agric Sci* 1991; 116: 429
40. Vanzant ES, Cochran RC, Titgemeyer EC. Standardization of *in situ* Techniques for Ruminant Feedstuff Evaluation. *J Anim Sci* 1998; 76: 2717-2729.
41. Villa AF, Fernández JP. Evaluación nutricional de la hoja de tres variedades de yuca en la alimentación de rumiantes. Trabajo de grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2002. 83 p.
42. Weiss WP, Conrad HR, StPierre NR. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Anim Feed Sci And Technol* 1992; 39: 95-110.
43. Zapata F. Kikuyo. Especies Forrajeras Versión 1.0. Colombia: Agrosoft Ltda; 2000.