

Efecto del nivel de nitrógeno amoniacal en el rumen sobre el consumo voluntario y la digestibilidad in situ de forrajes tropicales

H. D. Hess*, H. Florez**, E. González*** y M. Avila***

Introducción

Los forrajes de moderada y baja calidad, con contenidos de proteína cruda (PC) inferiores a 80 g/kg de materia seca (MS) y digestibilidades inferiores a 55%, constituyen la base principal para la alimentación de rumiantes en el trópico (Minson, 1990). Para garantizar una eficiente utilización de estos forrajes se deben mantener condiciones en el rumen, que permitan una óptima fermentación microbiana. La mayoría de los forrajes tropicales presentan niveles deficientes de minerales como S, P y Mg que limitan la fermentación ruminal. Cuando se suministran estos minerales en cantidades adecuadas, el nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) gana importancia. El $\text{NH}_3\text{-N}$ es la fuente de N preferida por las bacterias celulolíticas en el rumen (Hungate, 1966) y el mantenimiento de niveles adecuados de este compuesto es prioritario para optimizar la fermentación ruminal (Leng, 1990). Sin embargo, existe controversia sobre su nivel óptimo en el rumen. En la literatura se encuentran valores que van desde 50 (Satter y Slyter, 1974) hasta más de 200 mg/lit (Mehrez et al., 1977; Krebs y Leng, 1984). Además, las definiciones varían entre niveles óptimos para máxima producción de proteína microbiana (Satter y Slyter, 1974; Okorie et al., 1977; Schaefer et al., 1980), máxima tasa de fermentación (Mehrez et al., 1977; Boniface et al., 1986; Erdman et al., 1986) y máximo consumo de materia orgánica digerible (Boniface et al., 1986).

Niveles entre 50 y 60 mg de $\text{NH}_3\text{-N}$ parecen ser suficientes para maximizar el crecimiento y la producción de proteína microbiana in vitro (Satter y Slyter, 1974) e in vivo (Okorie et al., 1977). Utilizando cultivos puros in vitro, Schaefer et al. (1980) sugirieron requerimientos de 14 mg/lit para obtener el 95% de la máxima tasa de crecimiento microbiano. Por el contrario, los requerimientos para maximizar la tasa de degradación in situ son considerablemente más altos. Mehrez et al. (1977) encontraron una máxima tasa de degradación in situ de cebada suministrada a ovejas, con concentraciones de 195 mg de $\text{NH}_3\text{-N}$ de líquido ruminal. Krebs y Leng (1984) sugirieron niveles de 210 mg/lit como óptimos para maximizar la tasa de degradación de celulosa pura. Sin embargo, Boniface et al. (1986) evaluaron la degradación in situ de *Heteropogon contortus* en novillos y encontraron una degradación máxima de la MS con 45 mg $\text{NH}_3\text{-N}$ /lit con niveles de $\text{NH}_3\text{-N}$ entre menos de 2 y 140 mg/lit; no obstante, el consumo de forraje se incrementó linealmente con el nivel de $\text{NH}_3\text{-N}$ a través de todo el rango en estudio. Esto indica que los requerimientos de $\text{NH}_3\text{-N}$ para máximo crecimiento microbiano y máxima fermentación son diferentes y sugiere que estos requerimientos pueden variar con las características del material fermentado. Esto fue demostrado claramente por Erdman et al. (1986), quienes encontraron una relación lineal positiva entre la máxima digestibilidad del material y los requerimientos de $\text{NH}_3\text{-N}$ para obtenerla. Estos autores concluyeron que la controversia descrita en la literatura sobre los niveles óptimos de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el rumen se debe, en parte, a diferencias en la degradabilidad ruminal de los forrajes o alimentos utilizados.

Estudios anteriores realizados en los Llanos Orientales de Colombia demostraron que los niveles de nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) en el rumen de bovinos que pastan gramíneas tropicales en monocultivos son

* Ing. Agrónomo, Zootecnista, Dr. sc. nat., Asesor Técnico-Científico de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Apdo. Aéreo 240142 Las Palmas, Santafé de Bogotá, Colombia.

** Médico Veterinario Zootecnista, MSc., Programa Nacional de Ecofisiología Animal, CORPOICA, A.A. 3129, Villavicencio, Colombia.

*** Estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia.

bajos, pero pueden ser incrementados mediante la introducción de leguminosas en la pastura (Hess et al., 1992). Sin embargo, en condiciones del trópico de América Latina existe poca información sobre los niveles óptimos para maximizar la digestibilidad y el consumo de forrajes. El presente estudio tuvo como objetivos: (1) evaluar el efecto de diferentes niveles de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el rumen de novillos Cebú, sobre la degradabilidad y el consumo de una gramínea de baja calidad; y (2) conocer las relaciones entre proteína cruda (PC) en la dieta, nitrógeno amoniacal en el rumen y nitrógeno ureico en sangre.

Materiales y métodos

Localización. El experimento se realizó en el Centro de Investigación La Libertad de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), en el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia, a 336 m.s.n.m. La precipitación anual promedio en la región es de 2700 mm, distribuida principalmente entre marzo y diciembre. La temperatura, promedio anual, es de 27 °C con poca variación a través del año, y humedad relativa de 79%.

Manejo de los animales. Se utilizaron cuatro novillos Cebú, fistulados en el rumen, con un peso vivo promedio de 288 ± 28 kg. Un mes antes de iniciar el experimento, los animales se vermifugaron con Panacurá (Hoechst AG) y se estabularon en compartimentos individuales, con el fin de adaptarlos a las instalaciones, el manejo y la alimentación. Durante este período, se presentó una diarrea por coccidiosis en un novillo, el cual fue tratado con 5 g diarios de Amprolio (Amprovine®, Ciba-Geigy Colombiana S.A.) durante 5 días. Al momento del inicio del experimento, todos los animales estaban en buen estado de salud.

Alimentación. Como alimento básico se utilizó heno de baja calidad de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) con un contenido de PC inferior al 8%, fibra en detergente neutro (FDN) superior al 70% y una digestibilidad in situ de la materia seca (DISMS) inferior al 55%. Inicialmente, cada animal recibió una oferta de 3.5 kg/100 kg de peso vivo (PV). Debido al bajo consumo observado, posteriormente se redujo la oferta a 2.5 kg MS/100 kg PV; aún así, la oferta fue entre 50% y 100% superior al consumo. El forraje se suministró una vez al día, a las 9:00 h. Para determinar el consumo voluntario, diariamente antes de suministrar el forraje, se recolectó y se pesó el rechazo del día anterior. Para garantizar un adecuado suministro de azufre, los animales recibieron sal mineralizada a voluntad con 12% de este elemento. Para prevenir eventuales deficiencias de vitamina A, que pueden ocurrir en animales que consumen forrajes conservados

de baja calidad, cada 20 días a los novillos se les aplicaron 5 ml de una solución de dicha vitamina.

Tratamientos experimentales. Para obtener diferentes niveles de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el rumen, se aplicaron al forraje disueltas en agua las proporciones de urea en base seca que aparecen en los tratamientos siguientes:

- Tratamiento 1 (T1) (nivel básico): 0% (urea en agua)
- Tratamiento 2 (T2) (nivel bajo): 1%
- Tratamiento 3 (T3) (nivel medio): 2%
- Tratamiento 4 (T4) (nivel alto): 3%

Los animales se asignaron a los cuatro tratamientos, utilizando un diseño de cuadrado latino 4 x 4, con períodos experimentales de 10 días. Al inicio del experimento e inmediatamente antes y después de cada período, los novillos se pesaron en una báscula para ganado, a las 8:00 h antes del suministro diario del forraje.

Toma y procesamiento de muestras. Los días 1, 3, 5, 7 y 9 de cada período experimental se tomaron muestras del forraje ofrecido a cada animal; y los días 2, 4, 6, 8 y 10 se tomaron muestras del forraje rechazado. Las muestras se secaron en un horno a 60 °C por 48 h para determinar el contenido de MS; posteriormente se molieron en un molino de laboratorio con una malla de 1 mm. Para el análisis químico se formaron muestras compuestas por período y por animal. A estas muestras se les determinó el contenido de PC mediante el método de micro-Kjeldahl (AOAC, 1980) y el contenido de FDN según la técnica descrita por Van Soest et al. (1991).

La degradabilidad de la MS del forraje se determinó mediante la técnica de bolsas de nilón. Se utilizó material del mismo heno (*C. nlemfuensis*) que consumían los animales, hojas de *Arachis pintoi* (una leguminosa herbácea) y follaje de *Gliricidia sepium* (una leguminosa arbórea). Las hojas de *A. pintoi* se cosecharon de un monocultivo, aproximadamente 6 meses después de su establecimiento. El follaje de *G. sepium* fue recolectado de un rebrote viejo de más de 8 meses de edad, en árboles de aproximadamente 5 años de edad. Todos los materiales se secaron en horno a 60 °C. Posteriormente, el heno se molió en un molino de laboratorio con una malla de 2 mm y se tamizó a 1 mm. Las hojas de *A. pintoi* y de *G. sepium* se trituraron manualmente, se tamizaron a 1 mm y se tomaron 3 g de MS de ellas que se colocaron en bolsas de nilón con un tamaño de poro de 50 mm y un área

efectiva de 0.1 cm²/mg MS. Las muestras se colocaron en el rumen el día 7 de cada período experimental a las 8:00 h y se retiraron 2, 4, 8, 12, 24, 48 y 72 h más tarde. Se lavaron con abundante agua durante 10 min y se secaron a 60 °C hasta obtener un peso constante. La degradación de la MS se determinó mediante la diferencia de peso antes y después de la incubación en el rumen. Para determinar la fracción soluble del material inicial, se colocaron 5 bolsas por especie con 3 g de MS en agua tibia (39 °C) durante 1 h.

Posteriormente, se lavaron y se secaron de la misma manera como las muestras incubadas en el rumen. La degradación de la MS a las diferentes horas de incubación se ajustó a la ecuación de McDonald (1981) para describir la cinética de degradación:

$Dg = a + b(1 - e^{-ct})$, donde Dg es el porcentaje de degradación a la hora t y a , b y c son constantes. El intercepto a la hora cero está dado por a y la tasa de degradación de la fracción degradable está dada por c .

Con el fin de determinar el nivel de NH₃-N y el pH del líquido ruminal, los días 7 y 9 de cada período experimental se tomaron muestras cada 4 h durante 24 h (a las 8:00, 12:00, 16:00, 20:00, 24:00 y 4:00 horas). Para la toma de muestra de líquido ruminal se introdujo un tubo de PVC con perforaciones en el extremo hasta el fondo del rumen. Dentro del tubo se introdujo una manguera plástica conectada a una jeringa de 50 ml con la cual se recolectó el líquido. Para evitar el taponamiento, la manguera y el tubo se envolvieron en una media velada que sirvió de filtro. El pH se determinó inmediatamente después de la toma del líquido. Para el procesamiento posterior en el laboratorio, se conservaron en recipientes plásticos 50 ml de cada muestra, a los cuales se habían adicionado 5 gotas de ácido sulfúrico al 50%. Las muestras que no se pudieron analizar en un período de 60 min después de la recolección, se almacenaron bajo refrigeración a 0 °C y posteriormente se centrifugaron por 10 min a 3000 r.p.m. El contenido de NH₃-N se determinó mediante el método de micro-Kjeldahl, sin digestión previa (AOAC, 1980).

Los días 5 y 10, a las 8:00 h, antes del suministro del forraje, se tomaron muestras de sangre de la vena coccigea con tubos Vacutainer con anticoagulante (K-EDTA), para determinar el contenido de nitrógeno ureico (BUN) y nitrógeno amoniacal (BNH₃-N) en sangre. Para la separación del plasma sanguíneo, las muestras se centrifugaron por 15 min a 3500 r.p.m. El plasma se almacenó en viales de 1.5 ml bajo congelamiento a -20 °C hasta su posterior procesamiento. El contenido de BUN y de BNH₃-N se determinó utilizando kits diagnósticos de marca Sera-Pak® (BAYER, Alemania) y Sigma Diagnostics® (Sigma Chemical Company, St. Louis, MO, Estados Unidos), respectivamente.

Análisis de la información. Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SAS versión 6.0 (SAS, 1989). Se realizó un análisis de varianza y las medias obtenidas se compararon mediante la prueba de Duncan. Adicionalmente se realizó un análisis de regresión lineal y de correlación para determinar el grado de asociación entre el contenido de PC en la dieta y los niveles de NH₃-N en el rumen, BUN y BNH₃-N.

Resultados y discusión

Calidad del forraje ofrecido. Como era de esperar, la aplicación de las distintas cantidades de urea al forraje causó grandes diferencias en el contenido de PC (Cuadro 1). El contenido de PC en el heno sin aplicación de urea fue de 7.3% y aumentó linealmente hasta 15.8% en el heno con 3% de urea ($P < 0.0001$, $r^2 = 0.99$). Por cada unidad porcentual de urea, el contenido de PC se incrementó 2.8%. En promedio, el contenido de fibra en detergente neutro (FDN) fue de 73.3% y la degradabilidad aparente in situ fue de 52.6%, sin presentar diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$).

Amonio y pH ruminal. Dependiendo del animal y del tratamiento, el nivel promedio de NH₃-N varió entre 40.7 y 293.9 mg/lit. Se encontró una alta correlación entre el nivel de NH₃-N y el contenido de PC en el forraje. La PC en el forraje explicó el 77% de la variación en el nivel de NH₃-N (Figura 1). El coeficiente de regresión fue de 20.7, lo cual indica que por cada unidad de aumento en el contenido de proteína en el forraje, el nivel de NH₃-N incrementó aproximadamente 21 unidades. En un experimento de pastoreo realizado con novillos Cebú en la Altillanura colombiana se observó una relación muy similar (Hess, 1991); en dicho trabajo, el coeficiente de regresión fue 19.5 y el coeficiente de determinación de 0.85. Estos resultados sugieren que en animales alimentados con gramíneas tropicales es factible estimar el nivel de amonio ruminal,

Cuadro 1. Proteína cruda (PC), fibra en detergente neutro (FDN) y degradabilidad in situ aparente a las 48 horas (DISMS) del forraje ofrecido en los diferentes tratamientos.

Nivel de urea (%)	PC	FDN	DISMS
	(% de MS)		
0	7.3 ± 0.7 d*	74.2 ± 1.2 a	52.0 ± 2.9 a
1	9.7 ± 1.2 c	73.8 ± 0.8 a	52.2 ± 5.4 a
2	12.2 ± 1.2 b	72.9 ± 1.3 a	52.1 ± 0.8 a
3	15.8 ± 1.7 a	72.3 ± 2.4 a	54.2 ± 1.7 a

* Promedios dentro de la misma columna seguidos por letras iguales no difieren significativamente ($P > 0.05$), según la prueba de Duncan.

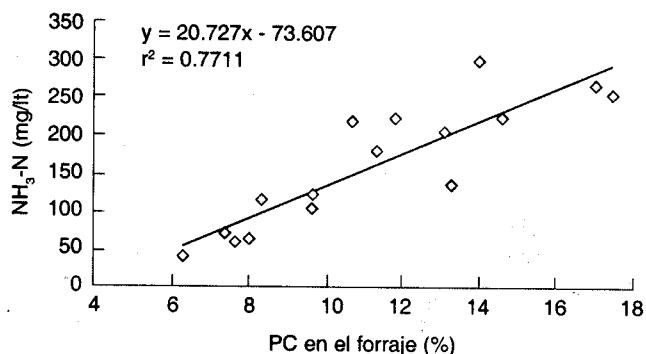


Figura 1. Relación entre el nivel de nitrógeno amoniacal (NH_3-N) en el rumen y el contenido de proteína cruda (PC) en la dieta de novillos alimentados con heno de *Cynodon nlemfuensis* y diferentes proporciones de urea (0%, 1%, 2% y 3% MS).

tomando como base la concentración de PC en el forraje.

Con excepción del tratamiento sin aplicación de urea, los niveles de NH_3-N mostraron un pronunciado patrón diario, con un máximo entre 12:00 a.m. y 4:00 p.m. y un mínimo entre 12:00 p.m. y 8:00 a.m. (Figura 2). En el tratamiento sin urea, el nivel de NH_3-N se mantuvo cerca a 50 mg/lit. Con 1% de urea, el nivel de NH_3-N osciló entre 89 y 188 mg/lit, con 2% entre 133 y 253 mg/lit y con 3% entre 203 y 301 mg/lit. Estas variaciones diurnas fueron el resultado del patrón de consumo y éste, a su vez, fue afectado por la hora de suministro del forraje. Esto sugiere que, para mantener niveles más constantes de NH_3-N en el rumen, es necesario dividir la oferta diaria de forraje en varias raciones.

En general, el pH ruminal varió poco y estuvo dentro del rango entre 6 y 7 que se considera óptimo

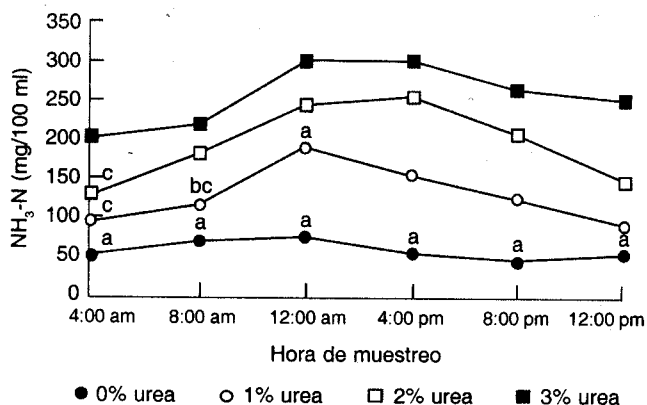


Figura 2. Patrón diario del nivel de nitrógeno amoniacal (NH_3-N) en el rumen en novillos alimentados con heno de *Cynodon nlemfuensis* y diferentes proporciones de urea. (Valores para un mismo nivel de urea seguidos por letras iguales no son diferentes, $P > 0.05$.)

para una adecuada digestión de la fibra (Hoover, 1986). El nivel de urea en la dieta no tuvo ningún efecto sobre el pH ruminal ($P > 0.05$), pero independientemente del tratamiento, se observó un patrón diario ($P < 0.05$). Los mayores valores se presentaron entre las 8:00 a.m. y 4:00 p.m., y los menores valores entre 8:00 p.m. y 4:00 a.m. (Figura 3). Como en el caso del nivel de NH_3-N , el pH fue afectado por la hora del suministro del forraje ($P < 0.05$) y los menores valores de pH se presentaron entre 12 y 18 h después del suministro de la alimentación. Un patrón similar se encontró en estudios realizados por Cortes y Gutiérrez (1997) en ovinos alimentados con tamo de trigo.

Nitrógeno ureico (BUN) y amoniacal (BNH_3-N) en sangre.

Dependiendo del animal y el tratamiento, el nivel promedio de BUN varió entre 6.18 y 24.39 mg/100 ml. La variación en el nivel de BUN estuvo relacionada con cambios en el contenido de PC en el forraje y en la concentración de NH_3-N en el rumen. Se encontró una relación lineal positiva entre el nivel de BUN y la PC en el forraje ($P < 0.0001$). El análisis de regresión indicó que el 75% de la variación en BUN se puede explicar con cambios en la concentración de PC en la dieta. Esto concuerda con lo reportado por Hess (1991), quien encontró un coeficiente de determinación $r^2 = 0.86$ para esta relación en novillos en pastoreo en la Altillanura colombiana.

La relación entre el nivel de BUN y la concentración de NH_3-N en el rumen se presenta en la Figura 4. Como se puede observar, el grado de asociación fue alto y el nivel de NH_3-N explicó el 85% de la variación en BUN. Por cada unidad que aumentó el nivel de NH_3-N , el BUN incrementó 0.06 unidades. Una correlación similar se encontró en estudios anteriores (Hess, 1991), no obstante, la pendiente de la línea de regresión fue dos veces mayor ($b = 0.12$) en dicho

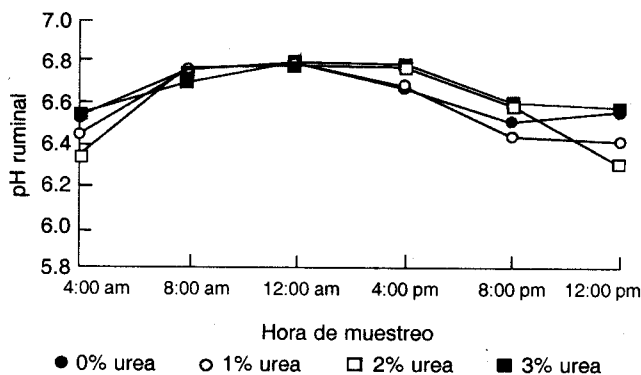


Figura 3. Patrón diario del pH ruminal en novillos alimentados con heno de *Cynodon nlemfuensis* y diferentes proporciones de urea.

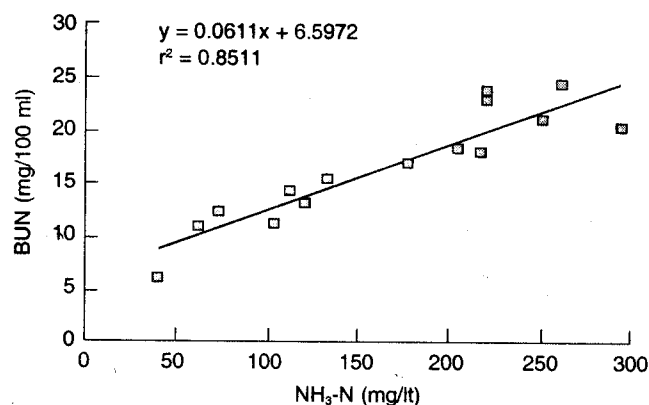


Figura 4. Relación entre el nivel de nitrógeno ureico en sangre (BUN) y el nitrógeno amoniacal (NH₃-N) en el rumen de novillos alimentados con heno de *Cynodon nlemfuensis* y diferentes proporciones de urea (0%, 1%, 2% y 3% MS).

trabajo. Esta diferencia en el coeficiente de regresión entre los dos estudios no es fácil de explicar, pero podría estar asociada con el tipo de forraje consumido por los animales y con diferencias en la capacidad del hígado para convertir el NH₃-N sobrante en urea.

Estos resultados muestran claramente que bajo determinadas condiciones, el nivel de BUN permite estimar la concentración de NH₃-N en el rumen y el contenido de PC en la dieta. Sin embargo, previamente se requiere establecer la relación entre estas variables para cada tipo de forraje o sistema de alimentación que se quiera evaluar.

No se observó efecto del contenido de PC o del nivel de NH₃-N ruminal sobre el nivel de nitrógeno amoniacal en sangre (P > 0.05). En promedio, el nivel de BNH₃-N fue de 0.20 ± 0.14 mg/100 ml. Este nivel es considerado normal en rumiantes y no presenta problemas de toxicidad (Bartley et al., 1976; Fernández et al., 1988).

Degradabilidad de la materia seca. Debido a inconvenientes que se presentaron durante la determinación de la degradación in situ de *G. sepium*, la información sobre esta especie no se recopiló en su totalidad y no se incluyó en el análisis estadístico. Por tanto, sólo se presentarán los promedios y la desviación estándar de las variables evaluadas para esta leguminosa.

La fracción soluble de los tres forrajes varió entre 11.84% ± 1.37% para el heno de *C. nlemfuensis* y 29.29% ± 0.61% para *G. sepium*. *Arachis pintoi* presentó un valor intermedio de 22.10% ± 0.50 (Cuadro 2). En promedio, la tasa de degradación (c) de la fracción potencialmente degradable fue de 0.0345 ± 0.0071 para el heno de *C. nlemfuensis*, 0.0668 ± 0.0141 para *G. sepium* y 0.0602 ± 0.0137 para *A. pintoi*. La fracción potencialmente degradable (a + b) fue del 62.18% ± 3.95% para el heno, 59.79% ± 2.80% para *G. sepium* y 81.61% ± 5.15% para *A. pintoi*.

La degradabilidad efectiva se calculó asumiendo una tasa de pasaje (k) de 0.04. *Arachis pintoi* presentó la degradabilidad efectiva más alta (54.24% ± 4.11%). A pesar de que la degradabilidad aparente a las 72 h fue similar para *C. nlemfuensis* y *G. sepium*, la degradabilidad efectiva varió considerablemente, siendo de 33.39% ± 1.93% y 44.94% ± 1.67%, respectivamente. Estos resultados indican que para determinar el valor nutritivo de un forraje en términos de digestibilidad o degradabilidad se debe tener en cuenta, además de la fracción potencialmente degradable, la tasa de degradación, ya que forrajes con similares degradabilidades aparentes pueden diferir considerablemente en su degradabilidad efectiva.

A pesar de las grandes diferencias en el nivel de NH₃-N ruminal entre tratamientos, no se observó efecto de éstos sobre los parámetros de degradación ruminal de *A. pintoi* y del heno de *C. nlemfuensis* (P > 0.05). Esto indica que el NH₃-N no fue limitante para la

Cuadro 2. Degradación ruminal de la materia seca de diferentes forrajes (%) y parámetros a, b y c calculados del modelo: Dg = a + b (1 - e^{-ct}) (McDonald, 1981).

Forraje	Tiempo de incubación (h)						Parámetros			
	0	4	12	24	48	72	a	b	a + b	c
<i>C. nlemfuensis</i> *	11.8	14.9	25.2	39.2	52.6	56.2	8.87	53.31	62.18	0.0345
<i>A. pintoi</i> *	22.1	26.2	44.9	69.3	78.5	77.6	13.11	68.50	81.60	0.0602
<i>G. sepium</i> **	29.3	28.8	36.7	52.3	58.4	59.9	12.65	47.15	59.79	0.0668

* n = 16.

** n = 5.

degradación ruminal y el nivel promedio observado en el tratamiento sin urea (59.3 mg/lit) parece ser suficiente para optimizar la degradación de los forrajes evaluados. Esto contrasta claramente con lo reportado por Krebs y Leng (1984), quienes sugirieron un nivel óptimo de $\text{NH}_3\text{-N}$ ruminal de 210 mg/lit para maximizar la degradabilidad de forrajes fibrosos; no obstante, concuerda con estudios realizados con *Heteropogon contortus*, especie en la cual se encontró una máxima fermentación con 45 mg $\text{NH}_3\text{-N/lit}$ (Boniface et al., 1986). Lo anterior confirma que los requerimientos de $\text{NH}_3\text{-N}$ para maximizar la fermentación ruminal de determinados forrajes tropicales pueden ser inferiores a los valores sugeridos en trabajos realizados en Australia (Krebs y Leng, 1984; Leng, 1990).

Consumo voluntario. El consumo de MS en el tratamiento sin urea fue muy bajo (1.49 kg/100 kg de PV), pero estuvo dentro de los niveles esperados para forrajes deficientes en proteína que son comunes en las condiciones de la Orinoquia colombiana (Lascano et al., 1982; Hess y Lascano, 1997). Sin embargo, el aumento del contenido de PC en la dieta de 7.3% a 15.8% y del nivel promedio de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el rumen de 59.3 a 256.9 mg/lit no mejoró el consumo ($P > 0.05$). (Cuadro 3). Estos resultados no son fáciles de interpretar y contradicen claramente estudios realizados en Australia, donde se observó que la suplementación con nitrógeno soluble de dietas fibrosas bajas en PC mejora significativamente el consumo (Boniface et al., 1986; Leng, 1990). Es posible que en el presente trabajo la aplicación de urea haya afectado la palatabilidad del forraje ofrecido y ésta, a su vez, haya afectado el consumo. Esto podría explicar la ausencia de una respuesta en el consumo de MS a los mayores niveles de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el rumen. Por otro lado, la degradabilidad efectiva del forraje tampoco se mejoró con el incremento del $\text{NH}_3\text{-N}$, indicando que el nitrógeno no fue el elemento limitante para la degradabilidad y el consumo.

Cuadro 3. - Nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) en el rumen, degradabilidad efectiva de la materia seca (DISMS) y consumo voluntario de novillos Cebú alimentados con heno de *Cynodon nlemfuensis* y suplementados con cuatro niveles de urea.

Nivel de urea (% de MS)	$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/lit)	DISMS efectiva (%)	Consumo (kg MS/100 kg PV)
0	59.3 d	33.4 a	1.49 a
1	101.6 c	33.0 a	1.35 a
2	194.7 b	32.5 a	1.36 a
3	256.9 a	34.7 a	1.43 a

* Promedios dentro de la misma columna seguidos por letras iguales no difieren significativamente ($P > 0.05$), según la prueba de Duncan

Conclusiones

1. La suplementación con urea permitió elevar el nivel de $\text{NH}_3\text{-N}$ ruminal de 59 mg/lit —nivel considerado como deficiente para la digestión y el consumo de forrajes fibrosos— a 257 mg/lit, el nivel que se ha sugerido como óptimo para maximizar el consumo de forraje.
2. Se observó una alta correlación entre el contenido de PC en la dieta, el nivel de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el rumen y el nitrógeno ureico en sangre (BUN), lo cual sugiere que el BUN se puede utilizar para estimar los niveles $\text{NH}_3\text{-N}$ en el rumen y el contenido de PC en la dieta seleccionada.
3. El consumo de MS en el tratamiento sin urea fue bajo, pero estuvo dentro del nivel esperado para forrajes deficientes en nitrógeno. Contrario a lo esperado, en los tratamientos con 1%, 2% y 3% de urea no se observó mejoramiento en el consumo y la degradabilidad del forraje. Esto indica que el nitrógeno no fue el elemento limitante en la dieta, y la suplementación con nitrógeno soluble para incrementar el nivel de amonio ruminal no necesariamente mejora el consumo y la digestibilidad de forrajes tropicales. Además, sugiere que 60 mg/lit de $\text{NH}_3\text{-N}$ son suficientes para maximizar la degradación ruminal de *A. pintoi* y de heno de *C. nlemfuensis*.

Agradecimientos

Al Fondo Nacional de Ganado de Colombia (Fedegan) y al Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas (Colciencias) por la financiación parcial de este trabajo.

Summary

A feeding trial was conducted in 1998 at the CORPOICA Research Center "La Libertad", located in the eastern piedmont region of Colombia. The trial aimed to (1) evaluate the effect of increasing levels of rumen ammonia nitrogen ($\text{RNH}_3\text{-N}$) on voluntary intake of *Cynodon nlemfuensis* (star grass) hay and on the in situ degradation of *Arachis pintoi* and *C. nlemfuensis*; and (2) establish relationships between dietary crude protein (CP) content, $\text{RNH}_3\text{-N}$, blood urea nitrogen (BUN), and blood ammonia nitrogen ($\text{BNH}_3\text{-N}$) levels. Four rumen-fistulated zebu steers were assigned to four levels of urea supplementation (0%, 1%, 2%, and 3% of forage dry matter), using a 4 x 4 Latin square design. Blood samples were taken on days 5 and 10 of each 10-day experimental period (at 8 a.m. before feeding). Rumen liquid was sampled on days 7 and 9, at 4 a.m., 8 a.m., 12 m., 4 p.m., 8 p.m., and 12 p.m.

As expected, rumen ammonia nitrogen concentration was highly affected by the level of urea supplementation ($P < 0.0001$), and mean $\text{RNH}_3\text{-N}$ increased from 59.3 mg/l without urea, to 256.9 mg/l, with 3% urea in the diet. However, no effect of $\text{RNH}_3\text{-N}$ level on voluntary intake and rumen degradation was observed ($P > 0.05$). Mean voluntary dry matter intake of *C. nlemfuensis* was 1.49 kg/100 kg body weight, and rate of rumen degradation was 3.45%/hour. Effective dry matter degradability of *C. nlemfuensis* at a rate of passage of 4%/hour, was 33.4%. The rate of rumen degradation of *A. pintoii* was 6.02%/hour, and effective dry matter degradability was 54.24%. A linear relationship was found between $\text{RNH}_3\text{-N}$ and CP in the diet ($P < 0.0001$, $r^2 = 0.77$), and between BUN and $\text{RNH}_3\text{-N}$ ($P < 0.0001$, $r^2 = 0.88$). $\text{BNH}_3\text{-N}$ was not affected by CP concentration in the diet or by $\text{RNH}_3\text{-N}$ level ($P > 0.05$), and averaged 0.20 mg/100 ml.

This study confirms that BUN may be a useful tool for monitoring rumen ammonia nitrogen level and protein intake of cattle consuming tropical forages. Voluntary dry matter intake and effective rumen degradability of *C. nlemfuensis* and *A. pintoii* were not improved by increasing rumen ammonia nitrogen concentration from 59 to 257 mg/l, indicating that 60 mg/l of $\text{RNH}_3\text{-N}$ is sufficient to maximize not only voluntary intake and rumen degradability of *C. nlemfuensis* but also degradability of *A. pintoii*.

Referencias

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1980. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13a. Washington, D.C.
- Bartley, E. E.; Davidovich, A. D.; Barr, G. W.; Griffel, G. W.; Dayton, A. D.; Deyoe C. W.; y Bechtle, R. M. 1976. Ammonia toxicity in cattle. I. Rumen and blood changes associated with toxicity and treatment methods. J. Anim. Sci. 43:835-841.
- Boniface, A. N.; Murray, R. M.; y Hogan, J. P. 1986. Optimum level of ammonia in the rumen liquor of cattle fed tropical pasture hay. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 16:151-154.
- Cortes, J. E. y Gutiérrez, E. A. 1997. Efecto de la reducción de protozoarios ciliados sobre el funcionamiento ruminal de ovinos alimentados con tamo de trigo. Tesis de grado. Universidad de La Salle, Facultad de Zootecnia, Bogotá, Colombia. 148 p.
- Erdman, R. A.; Proctor, G. H.; y Vandersall, J. H. 1986. Effect of rumen ammonia concentration on in situ rate and extent of digestion of feedstuffs. J. Dairy Sci. 69:2312-2320.
- Fernández, J. M.; Croom, W. J.; Johnson, A. D.; Jaquette, R. D.; y Edens, F. W. 1988. Subclinical ammonia toxicity in steers: Effects on blood metabolite and regulatory hormone concentrations. J. Anim. Sci. 66:3259-3266.
- Hess, H. D. 1991. Einführung von Leguminosen in tropische Weiden. Tesis de diploma. Instituto Federal de Tecnología Zurich, Suiza.
- _____; Lascano, C. E.; y Plazas, C. 1992. Niveles de amonio ruminal en novillos que pastorean gramíneas solas o asociadas con leguminosas de calidad nutritiva contrastante. Pasturas Trop. 14(3):9-13.
- _____; y Lascano, C. E. 1997. Comportamiento del consumo de forraje por novillos en pasturas de gramínea sola y asociada con una leguminosa. Pasturas Trop. 19(2):12-20.
- Hoover, W. H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. J. Dairy Sci. 69:2755-2766.
- Hungate, R. E. 1966. The rumen and its microbes. Academic Press, Nueva York.
- Krebs, G. y Leng, R. A. 1984. The effect of supplementation with molasses/urea blocks on ruminal digestion. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 15:704.
- Lascano, C. E.; Hoyos, P.; y Velázquez, J. 1982. Aspectos de calidad forrajera de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweikt. en la Altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia. En: Sexto Simposio sobre el Cerrado, Brasilia, Brasil, octubre 4-8 de 1982. 17 p.
- Leng, R. A. 1990. Factors affecting the utilization of 'poor-quality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutr. Res. Rev. 3:277-303.
- McDonald, Y. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. J. Agric. Sci. 96:251-252.
- Mehrez, A. Z.; Ørskov, E. R.; y McDonald, Y. 1977. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. Br. J. Nutr. 38:437-443.
- Minson, D. J. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press, Inc., San Diego, CA, E.U. 483 p.
- Okorie, A. U.; Buttery, P. J.; y Lewis, D. 1977. Ammonia concentration and protein synthesis in the rumen. Abstracts of communications. Proc. Nutr. Soc. 36:38A.
- SAS (Statistical Analysis System). 1989. SAS Institute Inc., SAS/STAT® User's Guide, Version 6, Fourth Edition.
- Satter, L. D. y Slyter, L. L. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. Br. J. Nutr. 32:199-208.
- Schaefer, D. M.; Davis, C. L.; y Bryant, M. P. 1980. Ammonia saturation constants for predominant species of rumen bacteria. J. Dairy Sci. 63:1248-1263.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; y Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.