

Caracterización del nitrógeno del pasto estrella con dos sistemas: proteína metabolizable y proteína cruda digestible

Two system of characterization of star grass:
metabolizable and digestible protein

Jesús Alberto Ramos Juárez¹
Germán David Mendoza Martínez²
Emilio Aranda Ibañez¹
Carlos M. García Bojalil²
Ricardo Bárcena Gama²

Resumen

En este estudio se caracterizó las fracciones de los compuestos nitrogenados del pasto Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*) en época de sequía, y se compararon los sistemas de Burroughs (PMB) y del INRA (PDI) para la estimación de la síntesis de proteína microbiana, proteína metabolizable y proteína digestible en intestino. El contenido de proteína cruda y la solubilidad de los compuestos nitrogenados mostraron una reducción lineal ($P < .005$) a mayor edad del pasto. La concentración de FIDN y de hemicelulosa, se incrementaron linealmente con los días de corte, sin haber cambios en la digestibilidad *in vitro* para cortes a los 28 o 42 días (44.1 vs 44.3% respectivamente), pero afectándose negativamente a los 56 días (42.4%, $P < .01$). La proteína metabolizable o proteína digestible en intestino delgado estimada por la energía en el sistema de PMB (283.6 g/kg de MS) es mayor ($P < .05$) que el valor del sistema PDI (76.4 g/kg de MS); sin embargo, ocurre lo contrario cuando la estimación se hace en función del N (PMB: 77.8^a; PDI 89.2^b; $P < .05$). Las diferencias entre los valores estimados por los sistemas son de 7 a 12 g/kg de MS, lo cual puede no tener una gran importancia biológica.

Palabras claves: Pasto estrella, nitrógeno, proteína metabolizable, ruminantes, *Cynodon plectostachyus*

Recibido el 01-11-94 • Aceptado el 19-01-95

1 Colegio de postgraduados, Campus Tabasco.

2 Colegio de postgraduados, Programa de Ganadería, Montecillo Estado de México, C.P. 56230, México.

Abstract

Nitrogen fractions were characterized for ruminants in stargrass (*Cynodon plectostachyus*) collected in dry season. Several parameters estimated with Burroughs Metabolizable Protein System (BMP; developed in Iowa), or the Digestible Protein in intestine system (PDI; developed in France) were compared. Nitrogen concentration and soluble nitrogen were reduced lineary ($P < .005$) with age of grass. NDIF and hemicelulose increased lineary ($P < .01$) but no effect was detected on *in vitro* DM digestibility at samples collected at 28 or 42 days (40.8, 42.4% respectively) however *in vitro* DM digestibility decreased at 56 days (42.4% $P < .01$). Equivalent values of metabolizable protein or digestible protein in intestine, estimated by the energetic value of the feed, for the PMB system (283.6 g/kg MS) was greater ($P < .05$) than the PDI value (76.4 g/kg MS). Estimation based on N availability, showed the opposite trend (PMB: 77.8^a vs PDI 89.2^b; $P < .05$). The differences of the values estimated with both systems differ only between 7 to 12 g/hg DM, which can not be biologically significant.

Key words: Star-grass, nitrogen, metabolizable protein, ruminants, *Cynodon plectostachyus*

Introducción

Se han realizado numerosos estudios sobre las variaciones en el contenido de proteína del pasto Estrella y otros forrajes tropicales utilizados en México (Meléndez *et al.*, 1980), sin embargo, existen pocos estudios sobre la estimación de la degradabilidad ruminal de los compuestos nitrogenados de los forrajes tropicales.

Debido a las características particulares del sistema digestivo del rumiante, se han postulado varios sistemas de evaluación de compuestos nitrogenados para estimar la síntesis de proteína microbial y

proteína pasante (NCR, 1985). Dentro de estos sistemas destacan el Sistema de Proteína Metabolizable o de Burroughs (PMB) desarrollado en Iowa, EUA (Burroughs *et al.*, 1974; Burroughs *et al.*, 1975) y el Sistema de Proteína Digestible (PDI) desarrollado por el INRA en Francia (INRA, 1989). Los objetivos de este estudio fueron caracterizar las fracciones de los compuestos nitrogenados y comparar los parámetros estimados con los principales sistemas de evaluación de proteínas en pasto Estrella (*Synodon plectostachyus*) en época de sequía.

Materiales y métodos

En el Campus Tabasco del Instituto de Recurso Genético y Productividad del Colegio de Postgraduados, ubicado en el km 100 de la ca-

rretera Coatzacoalcos-Villahermosa, Municipio de Cárdenas, Estado de Tabasco, se establecieron tres diferentes sitios de muestreo de pasto

Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*) en abril de 1992, durante la época de sequía.

El Campus Tabasco está localizado a los 18° 00' de latitud norte y 93° 30' de longitud oeste, con una altura de 9 msnm. El clima de la región es de tipo Am (tropical tierras bajas de monzón), de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (1973), el cual se caracteriza por tener una precipitación pluvial anual de 2,231 mm y una temperatura media anual de 26.1°C (Trujillo, 1987; Nájera 1990).

El sistema de clasificación de los suelos según la FAO-UNESCO son como fluvisoles eutricos, considerados como suelos fértiles, sin problemas de drenaje interno, aunque en ocasiones pueden sufrir inundaciones en las épocas de lluvias (Palma, 1985).

Al inicio del experimento (4 de abril) se realizó un corte de homogenización con chapeadora en los tres diferentes sitios de muestreo y posteriormente, en cada sitio de muestreo se establecieron 12 parcelas de 2 m² dejándose un metro de distancia entre las parcelas. Se asignaron tres fechas de corte del pasto Estrella en cada sitio a los 28, 42 y 56 días de crecimiento, con cuatro repeticiones por fecha de corte. Las parcelas fueron distribuidas al azar dentro de cada sitio y las muestras fueron colectadas a 5 cm del suelo, secadas a 60-62°C, y molidas con un molino Willey con una malla de 2 mm.

Se determinó la materia seca (MS), materia orgánica (MO), extracto etéreo (EE) y el nitrógeno total

(NT) por procedimientos del AOAC (1980). El nitrógeno soluble (NS) se cuantificó por el método de buffer bicarbonato-fosfato propuesto por Krishnamoorthy *et al.* (1982).

Las fracciones de fibra insoluble detergente neutro (FIDN), fibra insoluble en detergente ácido (FIDA) y el nitrógeno ligado a fibra insoluble detergente ácido (N-FIDA), se realizaron con la metodología de Van Soest y Wine (1967). Se usó la primera fase de la técnica de Tilley y Terry (1963) para estimar la digestibilidad ruminal in vitro (DIV) de la MS y de la MO. El inóculo se obtuvo de dos vacas alimentadas con 4 kg de concentrado y alfalfa a libre acceso. Las muestras fueron incubadas en tres tubos en dos períodos de incubación (repetición), parándose la digestión a las 48 horas de incubación con HCl (2.4 N).

Para las variables MS, NS, NT, FIDN, FIDA, N-FIDA y DIV, se utilizó un diseño de bloques generalizados completamente al azar, con sitio como bloque (Steel y Torrie, 1980). Se probó el efecto lineal y cuadrático de los días de corte (Draper y Smith, 1981). Los análisis fueron realizados con el GLM del programa SAS (1985).

Cálculos del sistema de proteína metabolizable o de Burroughs.

En este sistema (Burroughs *et al.*, 1974; Burroughs *et al.*, 1975), se estima la cantidad de proteína microbial (g/kg MS) que se puede obtener en forma potencial al fermentar un substrato en el rumen de acuerdo a su contenido de energía y de pro-

teína degradable en el rumen. Primero se calcula la síntesis de proteína microbiana potencial (g/kg MS) en base al contenido de energía (SPMe), y al del contenido de proteína (SPMp):

$$\text{SPMe} = 1.044 * \text{TND}$$

$$\text{SPMp} = [(\text{DEG} * \text{PC} * .1) - 15]$$

Donde:

TND = total de nutrientes digestibles (digestibilidad de la materia orgánica), %

DEG = degradabilidad ruminal de la proteína, como % de la proteína cruda.

PC = proteína cruda, %

El valor menor (SPMe vs. SPMp) se designa como la proteína microbiana sintetizada (PMS), y se utiliza para el segundo término de la ecuación para estimar la proteína metabolizable (PM) en g/kg de MS:

$$\text{PM} = [\text{PC} * .1 * (100 - \text{DEG}) * .9] + [(\text{SPM} - 15) * .8]$$

Para poder comparar los valores con el sistema del INRA (1988) se generaron los dos valores de proteína metabolizable con las siguientes ecuaciones:

$$\text{PM}_p = [\text{PC} * .1 * (100 - \text{DEG}) * .9] + [(\text{SPMp} - 15) * .8]$$

$$\text{PM}_e = [\text{PC} * .1 * (100 - \text{DEG}) * .9] + [(\text{SPMe} - 15) * .8]$$

El valor de potencial de fermentación de urea (PFU) o (gramos de urea que pueden ser fermentados por un kg de MS) se estima con la siguiente ecuación:

$$\text{PFU} = [(1.044 * \text{TDN}) - (\text{DEG} * \text{PC} * .1)] / 2.8$$

Si el PFU es > 0, se calcula la

proteína metabolizable que se obtendría al suplementar con la urea (PM-PFU):

$$\text{PM-PFU} = \text{PFU} * 2.225$$

Cálculos del sistema de proteína digestible (INFA, 1989)

Los términos que usa el sistema PDI son los siguientes: proteína dietaria no degradada en el rumen, pero verdaderamente digestible en intestino delgado (PDIA); proteína microbiana verdadera, digestible en intestino delgado (PDIM); proteína microbiana que puede sintetizarse potencialmente en el rumen con base a la energía disponible en el rumen (PDIME); proteína microbiana que puede sintetizarse potencialmente en el rumen con base a los compuestos N degradado, cuando no hay limitante de energía (PDIMN); y proteína microbiana por energía, cuando el N no es limitante (PDIE). El sistema PDI propone dos valores para cada alimento considerando las siguientes relaciones:

$$\text{PDIN} = \text{PDIA} + \text{PDIMN}$$

$$\text{PDIE} = \text{PDIA} + \text{PDIME}$$

Para poder estimar el PDI se necesita obtener la siguiente información: el contenido de proteína cruda (g/kg MS); la degradabilidad (deg) de la proteína obtenida *in situ* en condiciones de incubación estandarizadas (fracción de la proteína cruda, kg/kg); la materia orgánica fermentable (g/kg MOF) calculada obtenida de abstraer los contenidos de extracto etéreo (g/kg MS) y proteína no degradada en el rumen de la materia orgánica digestible; la digestibilidad

verdadera (dsi) en el intestino delgado de la proteína no degradada en el rumen (fracción de la proteína que llega al duodeno, kg/kg).

Para calcular los valores del PDI se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$PDIA = 1.11 * PC * (1 - deg) * dsi$$

$$PDIMN = .64 * PC * (deg - .10)$$

$$PDIME = .093 * MOF$$

$$PDIN = PDIA + PDIMN$$

$$PDIE = PDIA + PDIME$$

Los parámetros finales del sistema PDI son los valores de PDIMN (proteína microbiana por N degradado, cuando no hay limitante de energía) y PDIME (proteína microbiana por energía, cuando el N no es limitante).

Comparación de valores entre sistemas

Los valores de las comparacio-

nes de síntesis de proteína microbiana y el equivalente a la proteína metabolizable se presentan en el cuadro 1. Con relación a la comparación de la proteína metabolizable (microbiana + dietaria), el sistema PMB recomienda usar un solo valor de PM mientras que el sistema PDI dos. Para poder comparar ambos sistemas, se calculó el valor equivalente, usando SPMe y SPMp en la ecuación de PM.

Con los valores de las variables presentadas en el Cuadro 1, se hizo un análisis de regresión lineal entre los valores de obtenidos con las dos metodologías, y se comparó la pendiente de cada regresión con $\beta_1=1$ y el intercepto con $\beta_0=0$, para comparar los valores obtenidos con los distintos métodos de estimación (Dra-per y Smith, 1981). Los análisis fueron realizados utilizando el paquete SAS (1985).

Cuadro 1. Parámetros equivalentes entre sistemas

Parámetros	Sistemas	
	Proteína Metabolizable	Proteína Digestible
Síntesis de proteína microbiana	SPMe SPMp	PDIME PDIMN
Proteína metabolizable	PMe PMp	PDIN PDIE

SPMe: Síntesis de proteína microbiana potencial con base al contenido de energía; PDIME: Proteína microbiana que puede sintetizarse potencialmente en el rumen por energía disponible en el rumen; SPMp: Síntesis de proteína microbiana potencial con base al contenido de proteína; PDIMN: Proteína microbiana verdadera digestible en intestino delgado; PMp: Proteína metabolizable con base a proteína; PDIN: Proteína microbiana por compuestos nitrogenados degradables cuando no hay limitante de energía; PMe: Proteína metabolizable con base a energía; PDIE: Proteína microbiana por energía cuando el N no es limitante.

Resultados y discusión

El pasto Estrella Africana es uno de los más usados en las regiones de Tabasco, debido a sus características agronómicas y a su amplia adaptación a los diferentes tipos de suelos (Meléndez, *et al.*, 1980). El contenido de proteína cruda del pasto en la época de sequía varió entre 10 y 12% mostrando una reducción lineal ($P < .005$) al incrementar los días de corte. Información de la misma zona (Meléndez *et al.* 1980) indica que el contenido de proteína puede variar de 5 a 15%, y que en la

época de sequía se presenta la mayor concentración.

La degradabilidad de la proteína (estimada por solubilidad) se redujo linealmente ($P < .002$) a mayor edad de corte (Cuadro 2). En este estudio se usó una técnica de solubilidad debido a que las metodologías *in situ* (Mehrez y Ørskov, 1977), no consideran correcciones por N-FIDA, ni por adherencia microbial, y se puede subestimar la degradabilidad ruminal de los compuestos nitro-

Cuadro 2. Composición química (%) y digestibilidad *in vitro* de la MS de rebrotes de diferente edad del pasto Estrella en época de sea de Cárdenas, Tabasco.

Variable	Tratamiento (Días)			Efecto lineal (P ^d)	Efecto cuadrático (P ^d)	Error Estandar
	28	42	56			
PC	12.95 ^a	10.50 ^b	10.16 ^b	0.0055	0.0788	0.34938
NT	2.06 ^a	1.68 ^b	1.63 ^b	0.0055	0.0788	0.05530
NSOL	0.93 ^a	0.79 ^a	0.97 ^a	0.6362	0.0475	0.97571
N-FIDA	0.24 ^a	0.19 ^a	0.20 ^a	0.2333	0.3347	0.02136
PNSOL	44.7 ^a	46.0 ^a	59.1 ^b	0.0020	0.0272	1.42412
PN-FIDA	12.0 ^a	11.6 ^a	12.5 ^a	0.8214	0.7144	1.38368
CONCEL	28.9 ^a	28.7 ^a	27.1 ^b	0.0143	0.1119	0.30369
HC	29.6 ^a	31.1 ^{ab}	32.9 ^b	0.0149	0.8010	0.56098
FIDN	71.2 ^a	71.3 ^a	72.9 ^b	0.0143	0.1119	0.30369
FIDA	41.5 ^a	40.2 ^a	40.1 ^a	0.1258	0.4365	0.53970
DIVMS	44.1 ^a	44.3 ^a	42.4 ^b	0.0031	0.0155	0.26447
EE	0.9 ^a	1.2 ^{ab}	1.4 ^b	0.0048	0.5739	0.05508
MS	33.7 ^a	36.1 ^a	35.3 ^a	0.3421	0.2722	1.06680
CENIZAS	9.1	8.5	8.4	--	--	--
MO	90.9	91.5	91.6	--	--	--

a,b,c: Medias con distinta literal en la misma hilera, son diferentes ($P < .05$). Pd: Probabilidad de error tipo I. PC: Proteína cruda; NT: Nitrógeno total; NSOL: Nitrógeno soluble; N-FIDA: Nitrógeno ligado a la fibra insoluble en detergente ácido; PNSOL: Porcentaje del nitrógeno total soluble; PN-FIDA: Porcentaje del nitrógeno total ligado a la fibra insoluble en detergente ácido; CONCEL: Contenido celular; HC: Hemicelulosa; FIDN: Fibra insoluble en detergente neutro; FIDA: Fibra insoluble en detergente ácido; DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EE: Extracto etéreo MS: Materia seca; MO: Materia orgánica.

genados (Ramos *et al.*, 1993). El problema de la adherencia microbial tiene más impacto en los alimentos con menor contenido de nitrógeno y existe interés por desarrollar alguna metodología que permita cuantificar o remover las bacterias para mejorar las estimaciones *in situ* corregidas por N-FIDA y por adherencia microbial (Ould-Bah, 1989). Los valores estimados por solubilidad, son similares a los reportados por Mendoza *et al.*, 1993) para pasto Estrella con incubaciones *in situ* corregidas por N-FIDA y por adherencia microbial.

La concentración de EE, FIDN y de hemicelulosa, se incrementaron con los días de corte (lineal $P < .01$). Los cambios en los componentes de la pared celular no fueron muy sig-

nificativos debido a que el crecimiento es limitado en la época de sequía. No hubo cambios en la digestibilidad *in vivo* de la materia seca debido a que el estrés de agua retarda el desarrollo de la planta y la madurez (Van Soest, 1982).

Los parámetros del sistema de PMB se presentan en el Cuadro 3, donde se observa que la síntesis de proteína microbiana y la PM están más limitadas por la energía del forraje debido a la baja digestibilidad de la MS que por el contenido de N. La PM se ve afectada negativamente ($P < .005$) por los días entre cortes debido a la disminución del contenido de N.

A medida que aumentan los días entre cortes, el valor de PFU

Cuadro 3. Parámetros del sistema de proteína metabolizable (g/kg de MS) del pasto Estrella de diferente edad de rebrote en época de seca de Cárdenas, Tabasco.

Variable	Tratamiento (Días)			Efecto Lineal (P^d)	Efecto Cuadrático (P^d)	Error Estandar
	28	42	56			
SPMe	26.76 ^a	27.21 ^a	25.77 ^a	0.4791	0.4411	0.8974
SPMp	41.74 ^a	31.75 ^{ab}	28.03 ^b	0.0130	0.3231	2.2731
PMe	86.00 ^a	74.18 ^b	73.30 ^b	0.0060	0.0570	1.6859
PMp	97.98 ^a	77.91 ^b	75.11 ^b	0.0053	0.0724	2.9403
PFU	-5.35 ^a	-1.62 ^b	-0.81 ^b	0.0051	0.1094	0.5781
PM-PFU	12.04 ^a	3.65 ^b	1.81 ^b	0.0051	0.1094	1.3018
PE	64.59 ^a	52.41 ^b	52.68 ^b	0.0062	0.0334	1.5963
PC	128.75 ^a	105.00 ^b	101.88 ^b	0.0055	0.0788	3.4938

a,b,c: Medias con distinta literal en la misma hilera, son diferentes ($P < .05$). Pd: Probabilidad de error tipo I. SPM_e: Síntesis de proteína microbiana potencial con base al contenido de energía; SPM_p: Síntesis de proteína microbiana potencial con base al contenido de proteína; PM_e: Proteína metabolizable con base a energía; PM_p: Proteína metabolizable con base a proteína; PFU: Potencial de fermentación; PM-PFU: Proteína metabolizable que se obtendría al suplementar con urea; PE: Proteína de escape; PC: Proteína cruda.

tiende a cero (Cuadro 3). El valor negativo indica que hay una deficiencia de energía en el forraje para aprovechar los compuestos nitrogenados degradables en el forraje, lo cual se debe a la baja digestibilidad de la MS. La información del sistema de PMB nos permite identificar las principales limitantes que deben de considerarse para los programas de suplementación. La importancia de la relación entre MOF y disponibilidad de N ha sido señalada anteriormente (Miller, 1980; Van Soest *et al.*, 1982); Tamminga, 1983; Doyle, 1987). La estimación de la degradabilidad del N es importante si consideramos que los forrajes tropicales presentan variaciones cuantitativas y cualitativas durante distintas épocas del año (Ruiz, 1994).

A pesar de que el sistema de PMB (Burroughs *et al* 1974; Burroughs *et al* 1975) no considera un valor de PE, éste puede calcularse a partir del primer término de la ecuación de PM ($[PC * .1 * (100 - DEG) * .9]$). Los valores calculados de FE presentan un efecto cuadrático ($P < 0.033$), disminuyendo a los 42 días de edad (Cuadro 3). Se ha demostrado que en los animales con potencial genético mejorado alimentados con forraje, la proteína microbiana resulta ser limitante para obtener la máxima tasa de crecimiento (Ørskow y Howell, 1986) por lo que se sugiere usar suplementos con FE (Gutiérrez-Ornelas, 1989).

Los estimadores que propone el sistema PDI (INRA, 1989) se presentan en el Cuadro 4. Para pasto Estre-

Cuadro 4. Parámetros del sistema de proteína digestible (g/kg de MS) del pasto Estrella de diferente edad de rebrote en época de seca de Cárdenas, Tabasco.

Variable	Tratamiento (Días)			Efecto Lineal (Pd)	Efecto Cuadrático (Pd)	Error Estandar
	28	42	56			
MFO	318.83 ^a	334.02 ^a	318.18 ^a	0.9630	0.2506	9.4353
PDIA	59.74 ^a	48.48 ^b	48.73 ^b	0.0062	0.0334	1.4768
PDIMN	28.09 ^a	23.20 ^{ab}	21.04 ^b	0.0167	0.4268	1.2589
PDIME	36.87 ^a	37.60 ^a	36.32 ^a	0.6387	0.3421	0.7622
PDIN	87.83 ^a	71.68 ^b	69.77 ^b	0.0051	0.0647	2.2989
PDIE	96.61 ^a	86.08 ^b	85.05 ^b	0.0093	0.0891	1.7363
PC	128.75 ^a	105.00 ^b	101.88 ^b	0.0055	0.0788	3.4938

a,b,c: Medias con distinta literal en la misma hilera, son diferentes ($P < .05$). Pd: Probabilidad de error tipo I. MFO: Materia orgánica fermentable; PDIA: Proteína dietaria no degradada en el rumen pero verdaderamente digestible en el intestino; PDIMN: Proteína microbiana verdadera digestible en intestino delgado; PDIME: Proteína microbiana que puede sintetizarse potencialmente en el rumen por energía disponible en el rumen; PDIN: Proteína microbiana por compuestos nitrogenados degradables cuando no hay limitante de energía; PDIE: Proteína microbiana por energía cuando el N no es limitante; PC: Proteína cruda.

lla de 56 días, Xandé *et al.* (1985) informaron valores de PDIN y PDIE de 63 y 71 g/kg MS, los cuales son ligeramente menores a los encontrados en este estudio a la misma edad (69.8 y 85.1 g/kg MS, respectivamente).

Las variables estudiadas en los dos sistemas de evaluación de proteína, no presentaron cambios ($P > 0.05$) entre los 42 y 56 días de edad de rebrote del pasto debido a que la digestibilidad *in vitro* de la MS de este disminuye a los 56 días de rebrote y no hay cambios en la producción de la MS.

En el Cuadro 5 se presentan los resultados comparativos de los dos sistemas, donde se aprecia que en todos los casos el intercepto (β_0) fue diferente de cero y la pendiente (β_1) diferente de 1, lo que indica que los sistemas estiman valores diferentes para estimadores similares. En mismo cuadro 5, también se observa que la síntesis de proteína microbiana estimada es menor para el sistema de Burroughs (26.58 vs 36.58 g/kg de MS) cuando se considera que la energía es limitante, y mayor (33.84 vs 24.11 g/kg de MS) cuando se consideran a los compuestos nitrogenados degradables limitantes, comparada con el sistema PDI. Esta diferencia también se refleja en la estimación de PM. Al comparar los valores equivalentes estimados con el sistema de PMB, los valores son similares y las diferencias en la estimación de proteína microbiana son de 7 a 12 g/kg de MS.

A pesar de que los valores en función de la energía del sistema

PMB no ajusta el NDT con la PE tal como lo hace el sistema PDI, los valores son menores (SPMe y PMe). Si se hiciera dicho ajuste, que biológicamente es justificado, se reducirían dichos valores.

Con relación a los valores de síntesis de proteína en función de los compuestos nitrogenados degradables, la diferencia se debe a que el sistema PDI considera un 80% de contenido de aminoácidos en la proteína microbiana, una digestibilidad en el intestino delgado del 80%, y una eficiencia de utilización de los compuestos nitrogenados degradables en rumen del 90%; mientras que el sistema de PM supone una eficiencia de utilización del N en rumen del 75% y solo considera en 80% la digestibilidad de la proteína microbiana. Si el valor de SPMp se ajustara por el contenido de aminoácidos del sistema PDI, se obtendría un valor similar.

Las diferencias biológicas de estimación (7 a 12 g/kg MS) indican que para fines de predicción, se pueden obtener resultados similares. La ventaja del sistema de PMB es que ha sido usado en forma satisfactoria en modelos de simulación en bovinos (Fernández-Rivera *et al.* 1989; Mendoza *et al.*, 1993). Al aplicar las ecuaciones de predicción de crecimiento (Fernández-Rivera *et al.* 1989) con los valores del Cuadro 5, tenemos que las diferencias al predecir la ganancia diaria de peso, serían de 40 a 90 g/animal/día, dando las mayores ganancias el sistema PDI con el valor PDIE y las menores con el valor de PDIN. Estas diferencias en pre-

Cuadro 5. Análisis de regresión entre los valores estimados con los sistemas proteína digestible y metabolizable, y medias de parámetros.

Variables		Pendiente	IC ^a		Intercepto	IC ^a		EE
X	Y							
Síntesis de proteína microbiana								
SPMe	PDIME	.872	.966	.779	13.730	13.883	13.577	.952
SPMp	PDIMN	.512	.521	.505	6.759	6.806	6.714	.375
Proteína Metabolizable								
PMp	PDIN	.795	.799	.791	9.916	9.921	9.913	.321
PMe	PDIE	.917	.939	.896	17.872	17.852	17.852	1.002
Medias por sistema			Proteína Metabolizable		Proteína Digestible		EE	
SPMe vs PDIME			26.58 ^c		36.58 ^b		.27	
SPMp vs PDIMN			33.84 ^c		24.11 ^b		1.01	
PMp vs PDIN			83.63 ^c		76.42 ^b		2.03	
PMe vs PDIE			77.82 ^c		89.24 ^b		1.25	

EE: Error estándar

^aIC: Intervalo de confianza (P<.05).

^{b,c}: Medias con distinta literal entre hilera son diferentes (P<.05)

SPMe: Síntesis de proteína microbiana potencial con base al contenido de energía; PDIME: Proteína microbiana que puede sintetizarse potencialmente en el rumen por energía disponible en el rumen; SPMp: Síntesis de proteína microbiana potencial con base al contenido de proteína; PDIMN: Proteína microbiana verdadera digestible en intestino delgado; PMp: Proteína metabolizable con base a proteína; PDIN: Proteína microbiana por compuestos nitrogenados degradables cuando no hay limitante de energía; PMe: Proteína metabolizable con base a energía; PDIE: Proteína microbiana por energía cuando el N no es limitante;

dicción basadas en ambos sistemas, podrían considerarse biológicamente insignificantes, por lo que es necesario realizar más estudios para validar dichos sistemas.

Los resultados de este estudio indican que la concentración y degradabilidad de los compuestos nitrogenados del pasto Estrella, se ven reducidos a mayor edad al corte durante la época de sequía. Debido a

que el crecimiento se limita, los cambios en las paredes celulares son menores por lo que no hay diferencias en la digestibilidad del pasto.

Existen diferencias de estimación en la síntesis de proteína microbiana y de la proteína metabolizable y digestible entre los sistemas de Burroughs y el del INRA: estas son del orden de 7 a 12 g/kg de MS.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología por el apoyo para la

adquisición del equipo que fue utilizado para los análisis.

Literatura citada

- 1.- Burroughs, W., A. Trenkle, and R. L. Vetter. 1974. A system of protein evaluation for cattle and sheep involving metabolizable protein (amino acids) and urea fermentation potential of feedstuffs. *Vet. Med./Small Anim. Clinician*. 69:713-722.
- 2.- Burroughs, W., D.K. Nelson, and D.R. Mertens. 1975. Protein physiology and its applications in the lactating cow: the metabolizable protein feeding standard. *J. Anim. Sci.* 41: 933-944.
- 3.- Doyle, P.T. 1987. Supplements other than forages. In: J.B. Hacker and J. H. Ternouth (Ed). *The nutrition of herbivores*. Academic Press, Australia. pp. 429-464.
- 4.- Draper, N., and Smith. 1981. *Applied regression analysis* (2nd Ed.). John Wiley & Sons, New York.
- 5.- Fernández-Rivera S., T.J. Klopfenstein, and R.A. Britton. 1989. Growth response to escape protein and forage intake by growing cattle grazing cornstalks. *J. Anim. Sci.* 67:574-580.
- 6.- García, E. 1973. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. 246 p.
- 7.- Gutiérrez-Ornelas, E. 1989. Escape protein supplementation for growing cattle grazing corn residues. Ph. D. Dissertation. University of Nebraska, Lincoln. 150 p.
- 8.- INRA. 1989. *Ruminant nutrition, Recommended allowances and feed tables*. Ed. R. Jarrige. Jhon Libbey Eurctext, Paris.
- 9.- Krishnamoorthy, U., T.V. Muscato, C.J. Sniffen, and P.J. Van Soest. 1982. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 65:217-225.
- 10.- Meléndez, N.F., J.A. González M., y J. Pérez P. 1980. El pasto Estrella Africana. Boletín No. 7. rama de Ciencia Animal. Colegio Superior de Agricultura tropical. SARH. H. Cárdenas Tabasco. 99 p.
- 11.- Mehrez, A. Z. and E. R. Ørskov. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci., (Camb.)* 88:645-655.
- 12.- Mendoza, M.G., J.A. Ramos J., E. Aranda I., R. Ricalde V., N. Pérez F. y E. Nájera S. 1992. Importancia de la adherencia

- microbial en la determinación de la degradabilidad ruminal del nitrógeno *in situ* de forrajes. *Agrociencia Serie Ciencia Animal*, 2:295-305.
- 13.- Mendoza, M.G.D., S. González M. and R. Ricalde V. 1993. Simulation model for steer growth and heat production in warm climates. Proceedings. VII World Conference on Animal Production. Edmonton, Canadá. 3:162-163.
 - 14.- Miller, E.L. 1980. Methods of assessing proteins for ruminants. Ph. D. Dissertation. University of Nebraska, Lincoln.
 - 15.- Nájera, H.F. 1990. Diseño de una estructura tipo para el control en el desalojo de los excesos de agua en los drenes del CEICADES-CP. Tesis de licenciatura. UACH. Chapingo, México. 132 p.
 - 16.- N.R.C. 1985. Ruminant Nitrogen Usage. National Academy of Sciences-National Research Council. Washington, D.C. 138 p.
 - 17.- Ould-Bah, M.Y. 1989. Adaptation de la technique in sacco à l'étude de la dégratation dans le rumen de l'azote des fourrages et application à l'étude des fourrages verts et conservés, thèse. University Sciences et Techniques du Languedoc France. 186 p.
 - 18.- Ørskov, E.R., and F.D. DeB. Hovell. 1986. Protein metabolism and utilization during undernutrition in ruminants. In: Nuclear and Related Techniques in Animal Production and Health. Int. Atomic Energy Agency, Vienna. 429-438 p.
 - 19.- Palma, L.D.J. 1985. Génesis y clasificación de los suelos del Estado de Tabasco, México. Primera aproximación. Depto. de suelos. Colegio Superior de Agricultura Tropical. SARH. H. Cárdenas Tabasco. 57 p.
 - 20.- Ramos, J.J.A., E. Aranda I., N. Pérez F., R. Ricalde V., y G. Mendoza M. 1993. Importancia de la adherencia microbiana en la determinación de la degradabilidad ruminal del nitrógeno *in situ* en forrajes tropicales. *Ciencia e Investigación Agraria*. 20:118 (Resumen).
 - 21.- Ruíz M.E. 1994. Subproductos y residuos en la alimentación de bovinos. En. Memoria del IV curso "Producción e investigación en pastos tropicales". Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, La Sociedad Venezolana de Pastizales y Forrajes. Capítulo Zuliano y el Banco de Maracaibo. Maracaibo, Venezuela. pp. 69-87.
 - 22.- SAS. 1985. SAS User's Guide: Statistics. SAS Inst., Inst., Inc., Cary, NC. 1292 p.
 - 23.- Steel, R.G., y J.H. Torrie. 1990. Bioestadística. Principios y Procedimientos. 2a. Edic. Ed. McGraw Hill. México. 622 p.
 - 24.- Tamminga, S. 1983. Recent advances in our knowledge on protein digestion and absorption in ruminants. In: IVth Int. Symp. Protein Metabolism and Nutr. INRA, Paris. pp. 263-287.
 - 25.- Tilley, J. M., and Terry R.A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forages crops. *J. Brit. Grassland Soc.* 18:104-109.
 - 26.- Trujillo, N.A. 1987. Estudio agroecológico detallado del CEICADES-CP. Area del trapecio Km 21. Cárdenas Tabasco. 104 p.
 - 27.- Van Soest, P.J. and R.H. Wine. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assoc. of Agric. Chem.*, 56:781.
 - 28.- Van Soest, P.J., C.J. Sniffen, D.R. Mertens, D.G. Fox, P.H. Robinson and U. Krishnamoorthy. 1982. A net protein system for cattle: Meeting protein requirements of cattle. In: F.N. Owens (Ed). Protein Requirements for cattle. Symp. Oklahoma State Univ. Stillwater, OK. pp. 280-295.
 - 29.- Xandé, A., R. García-Trujillo y O. Cáceres. 1985. Tablas del valor alimenticio de los forrajes tropicales de la zona Caribe. INRA-ICA. Ed. INRA Guadeloupe. 51 p.