

Efecto del nivel de proteína no degradable en rumen en la degradación ruminal *in situ* del heno de bermuda cruzada (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) cv. Coast cross en búfalos

Denia C. Delgado¹, R. Franzolín Neto² y Catarina Abdalla Gomide²

¹Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

²Facultad de Zootecnia e Ingeniería de los Alimentos (FZEA), USP, Pirassununga, Brasil

Correo electrónico: ddelgado@ica.co.cu

Se utilizaron cuatro búfalos (*Bubalus bubalis*) de la raza Mediterráneo, con 300 ± 12 kg de peso vivo promedio, fistulados en rumen en un diseño de cambio, para determinar el efecto de dos niveles de proteína no degradable en rumen (PNDR) en la degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca (MS), proteína bruta (PB) y fibra neutro detergente (FDN) del heno de bermuda Coast cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers). Los tratamientos consistieron en dietas de heno de bermuda cruzada (70 %) y concentrado (30 %) formulado con maíz (8.6 %) y soya cruda integral (tratamiento SC) o extrusada (tratamiento SE) (26.4 %), con aporte de 28 y 44 % de PNDR/PB, respectivamente. Los tiempos de incubación fueron 0, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 h para el heno, y hasta 48 h para los concentrados. No se encontraron diferencias entre tratamientos para los indicadores estudiados. La degradabilidad potencial (A+B) de la MS del heno fue 51 y 48 % para los tratamientos SC y SE, respectivamente. La degradación efectiva (DE), para tasas de pasaje de 0.02 y 0.05 h⁻¹, fue inferior al 40 % para la MS y la FDN, y superior al 45 % para la PB. Los resultados sugieren que, en las condiciones experimentales establecidas, el nivel de PNDR en la dieta de los búfalos no afecta la cinética de degradabilidad ruminal del heno de bermuda Coast cross.

Palabras clave: *degradabilidad, bermuda Coast cross, Bubalus bubalis, soya*

Los estudios de degradación ruminal de forrajes tropicales son de gran importancia porque ofrecen información para la creación de nuevas tablas de composición de alimentos. Además, sirven para la generación de modelos que describen adecuadamente la tasa y extensión de la digestión en el rumen. Estas investigaciones en búfalos *Bubalus bubalis* tienen mayor relevancia e interés económico en países tropicales del continente americano, debido al incremento de su explotación productiva. Actualmente se dispone de muy pocos trabajos realizados con esta especie animal, con respecto a los que existen en vacunos y ovinos.

La mezcla de maíz y soya en la dieta muestra efectos beneficiosos, debido a la complementación de los aminoácidos y al incremento del valor proteico de la ración. La soya contiene alto nivel de proteína de calidad, pero tiene elevada degradabilidad ruminal. El proceso de extrusión, además de inactivar los factores antinutricionales presentes en el grano, destruye la lipoxidasa, reduce la digestibilidad de la proteína en el rumen y mejora el aporte de aminoácidos (Rebollar y de Blas 2005 y Solanas *et al.* 2008).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de dos niveles de PNDR en la degradabilidad ruminal *in situ* del heno de bermuda cruzada (*Cynodon dactylon* (L.) Pears) en búfalos domésticos.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en las áreas experimentales del Departamento de Zootecnia e Ingeniería de los Alimentos (FZEA) del Campus de Pirassununga, Universidad de Sao Paulo (USP). Se utilizaron cuatro búfalos de río (*Bubalus bubalis*) de la raza Mediterráneo, con 13 meses de edad y peso vivo

promedio de 300 ± 12 kg, fistulados en el rumen.

Los tratamientos consistieron en dos dietas basadas en heno de bermuda Coast cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pears) (70 %) y concentrado (30 %). Los concentrados se formularon con 28.7 % de maíz molido y 71.3 % de harina de soya cruda integral (tratamiento SC) o soya extrusada (tratamiento SE). La composición química del heno en base seca es la siguiente: MS (90.43 %), PB (6.10 %), PNDR (8.96 %), FND (81.4 %), FAD (47.48 %) y lignina (7.92 %).

Los búfalos se alojaron en naves de sombra, en cubículos individuales con libre acceso al agua y a los alimentos. Los alimentos se ofrecieron dos veces al día, a las 8:00 am y 4:00 pm. Los períodos experimentales fueron de 21 d, 18 d de adaptación y tres para los muestreos.

Se utilizó diseño de cambio, de modo que los dos animales que recibieron el tratamiento SC en el primer período rotaron en el segundo para el tratamiento SE y viceversa. La composición de los alimentos se presenta en la tabla 1.

Estudios de degradabilidad in situ. Se pesaron por separado 5 g de heno y de los concentrados y se introdujeron en bolsas de nailon, 100 % poliamida (14 x 7 cm), con porosidad de 54 μ m. Se introdujeron en paralelo en el rumen de los animales para su fermentación a las 96, 72, 48, 24, 12 y 6 h en cada período experimental. Posteriormente se extrajeron todas a la vez y se introdujeron en agua corriente. Se lavaron de forma manual hasta que el agua quedó transparente. Se secaron en estufa con recirculación de aire a 55° C durante 48 h y se pesaron. Para la obtención de la fracción soluble, se incubaron en agua dos bolsas de heno a 39° C durante una hora y se trataron igual que el resto. La diferencia de peso, antes y después de la incubación, se consideró

Tabla 1. Composición de la dieta (% BS) y aportes de nutrientes

Ingredientes, % de MS	¹ SC	² SE
Bermuda cruzada, heno,	70.0	70.0
Harina de maíz	8.6	8.6
Harina de soya cruda	21.4	-
Harina de soya extrusada	-	21.4
Composición química, % BS		
PB	14.0	14.0
PNDR/PB	28.0	44.0
PDR	72.0	56.0
FND	60.9	61.3

¹SC=heno concentrado con soya cruda ²SE=heno concentrado con soya extrusada

PNDR/PB Proteína no degradable en rumen/proteína bruta, %

PDR** proteína degradable en rumen

como la fracción soluble A.

La degradabilidad potencial (DP) de la MS se calculó según el modelo propuesto por Ørskov y McDonald (1979):

$$DP = A + B(1 - e^{-ct}), \text{ donde:}$$

A = Fracción soluble que se obtiene por lavado de las bolsas a la hora cero

B = Fracción insoluble, pero potencialmente degradable en el tiempo

c = Tasa de degradación de B

D P = Degradación a tiempo de incubación t

A + B = Degradabilidad potencial de la muestra para t igual a 72 h

La degradabilidad efectiva se estimó según la fórmula $DE = A + [Bc/(C + K)]$, considerando una tasa de pasaje desde el rumen (K) de 0.02 y 0.05 hora⁻¹.

Análisis químico. La composición química de las raciones experimentales se determinó en el laboratorio de bromatología de FZEA/USP, de acuerdo con las técnicas descritas por Silva y Queiroz (2002), y la fracción fibrosa (FDN) según el método de Goering y van Soest (1970).

Análisis estadístico. Se utilizó modelo lineal,

considerando los efectos animal, período y tratamiento. Los datos se procesaron con el paquete de análisis estadístico para microcomputadoras SPSS/ WINDOWS 95 (Visauta 1998).

Resultados y Discusión

En la tabla 2 se presentan los indicadores que describen la cinética de la degradación ruminal de la MS, PB y FDN del heno de bermuda.

El nivel de PNDR de la dieta no influyó en la cinética de la degradabilidad ruminal *in situ* del heno de bermuda Coast cross. Trabajos realizados por diferentes autores, encaminados a la suplementación de gramíneas tropicales de mediana a baja calidad, con diferentes fuentes proteicas y niveles de PNDR, han demostrado resultados variables. Franzolin y Andrade (1990) no encontraron diferencias en la degradación de la MS, PB y FDN de la gramínea *P. maximum* en búfalos alimentados con pasto y concentrado (70:30), donde la soya tostada se incrementó para lograr mayor aporte de nitrógeno degradable. Franco *et al.* (2004) en estudios con vacunos concentrados con proteína de diferente degradabilidad y niveles de inclusión variables tampoco encontraron efectos en la desaparición de estos nutrientes en *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Estos resultados pudieran estar relacionados con la fuente proteica, el nivel de inclusión, el tratamiento aplicado al grano, el tipo y categoría animal, entre otros factores. En este estudio, el comportamiento de dinámica de la degradabilidad ruminal de los alimentos que se utilizaron demostró que, a pesar de que en el concentrado SE se sustituyó la soya cruda por la extrusada, no hubo diferencias en la degradación total de la MS y la PB. Los valores para este parámetro fueron altos, superiores a 95 y 98 % para la MS y la PB, respectivamente (figura 1). Esto pudiera explicar por qué no se observó efecto del tratamiento en la degradación de los nutrientes en el rumen.

La soya es el principal componente de estos concentrados (73 %). Debido al alto nivel de inclusión, se esperaba una reducción en la degradación ruminal de la fracción proteica de los concentrados, ya que

Tabla 2. Degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca, proteína bruta y fibra

Medidas	MS				PB			FDN		
	¹ SC	² SE	EE±	SC	SE	EE±	SC	SE	EE±	
A	6.00	6.00	-	14.30	14.30	-	3.39	3.39	-	
B	44.98	42.81	0.58	33.78	36.75	1.20	45.15	41.33	1.04	
A+B	50.98	48.18	0.58	67.75	70.70	1.24	48.55	44.70	1.04	
C, h ⁻¹	0.050	0.070	0.006	0.046	0.038	0.004	0.040	0.045	0.003	
DE K=0.02	36.78	37.13	0.49	54.75	56.08	0.47	32.33	32.48	0.52	
DE K=0.05	27.25	27.88	0.59	45.70	47.08	0.34	22.55	23.55	0.56	
RSD	1.54	2.09	-	2.00	2.44	-	2.04	1.70		

¹ SC = heno + concentrado con soya cruda

² SE = heno + concentrado con soya extrusada

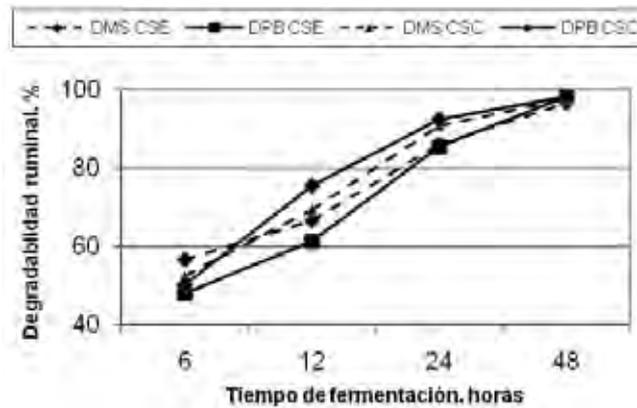


Figura 1. Curvas de degradabilidad ruminal de la MS y la PB de los concentrados con soja cruda (CSC) o extrusada (CSE)

está demostrado que el proceso de extrusión de la soja protege la MS y la fracción nitrogenada de la degradabilidad ruminal (Rebollar y de Blas 2005 y Nowak *et al.* 2005). Sin embargo, la degradación de la PB de ambos concentrados fue similar. Es posible que factores relacionados con el procesamiento del grano, como el nivel de humedad, el nivel de carbohidratos solubles en el material, la temperatura, la presión y el tiempo de secado afecten el grado de degradabilidad y solubilidad de las proteínas y hayan influido en los resultados encontrados (Mir *et al.* 1984, Orias *et al.* 2002 y Andrade-Montemayor *et al.* 2009).

La fracción soluble (A) de la MS de este heno fue del 6.0 % (tabla 2), un porcentaje bajo con respecto a lo obtenido por Souza *et al.* (2000), quienes informaron cifras que oscilaron entre 13 y 17 %, al evaluar en bubalinos y vacunos un heno de bermuda Coast cross, de calidad similar. También fue inferior a lo obtenido por Savian *et al.* (2009), que determinaron una media de 14 % para este mismo tipo de forraje, cortado a los 120 d.

La degradabilidad potencial (A + B) y la fracción insoluble, pero potencialmente degradable (B) de la MS del heno fueron 50.98 y 48.18 %, para los tratamientos SC y 43 y 42 % para SE, respectivamente (tabla 2). Estos valores resultaron bajos, si se comparan con lo informado por Nogueira Filho (1995) y Souza *et al.* (2000), autores que encontraron valores de degradabilidad potencial superiores a 61 % con este mismo tipo de forraje. Ferreira *et al.* (2005), al evaluar tres cultivares del género *Cynodon*, que incluían la bermuda Coast cross, informaron valores entre 62 y 52 % para la fracción potencialmente degradable "b", en relación con las edades de corte de 21 y 63 d, durante el verano. López *et al.* (2009) obtuvieron en búfalos de un año de edad, alimentados con forraje fresco de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y diferentes niveles de concentrado a base de maíz y soja, valores de 13.2 % para la fracción soluble, y medias de 48-52 y 61-65 % para las fracciones B y A + B, respectivamente.

Diferentes autores que estudiaron la degradación de forrajes del género *Cynodon* encontraron valores superiores para las fracciones A y B, respectivamente

(Silva *et al.* 2007 y Savian *et al.* 2009). Las tasas de degradación de la fracción potencialmente degradable (c) del heno en ambos tratamientos mostraron valores de 0.05 y 0.07 h⁻¹ para los tratamientos SC y SE, respectivamente. Estos resultados están en el rango informado por Delgado y Cairo (2006), a partir de estudios de degradación ruminal *in situ* con búfalos de río, donde la degradabilidad de la MS de diferentes gramíneas osciló entre 44 y 60 %, y la velocidad de degradación ruminal (c) entre 4 y 6 % h⁻¹. Estos valores coinciden con los obtenidos por Cabral Filho *et al.* (2007) y Bueno *et al.* (2010), quienes estimaron para forrajes tropicales tasas de degradación en el rango de 0.02 a 0.05/h.

Con respecto a la cinética de degradación de la FND, los resultados mostraron valores de 48.5 y 44.7 % para la degradabilidad potencial y tasas de degradación "c" de 0.04 y 0.045 hora⁻¹, para los tratamientos SC y SE, respectivamente. Valores similares obtuvieron Silva *et al.* (2007), al evaluar un heno de bermuda suplementado con diferentes fuentes de nitrógeno.

La degradabilidad efectiva de la MS y la FND, para las tasas de pasajes consideradas fueron inferiores a 37 %. El tipo de concentrado utilizado no influyó en la respuesta. Los niveles bajos de DE en estos componentes parecen estar asociados con el alto contenido de fibra y se corresponden con la calidad del forraje analizado, el cual se cortó en época de seca. Aunque su edad no quedó bien determinada, su alto contenido de FDN (81 %) indicó una edad avanzada, lo que provoca pérdida de agua en los pastos y una fuerte interacción de la lignina con los componentes de la pared celular, factores que se convierten en limitaciones importantes para el mejoramiento de la digestión ruminal de los nutrientes contenidos en los forrajes y que la degradación de la materia seca (Ramírez *et al.* 2001, Razz *et al.* 2004 y Savian *et al.* 2007).

A pesar de la baja concentración de proteína bruta en el heno (6.10 %), la degradabilidad total y la tasa de degradación de esta fracción en el rumen fueron altas (67.7-70.7 % y 0.040-0.045 h⁻¹, respectivamente). La mayor degradabilidad de la proteína está relacionada, en

general, con mayor nivel de amonio en el rumen. Este puede contribuir al crecimiento de la población y a la actividad microbiana ruminal (Ku vera *et al.* 1999). La DE de esta fracción nitrogenada osciló entre 45 y 56 %, en dependencia de la tasa de pasaje. Esto se corresponde con los resultados obtenidos por Souza *et al.* (2002) para el heno de bermuda suplementado con concentrado de harina de soya.

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que en las condiciones experimentales establecidas en este experimento, el nivel de PNDR en la dieta no influyó en la degradabilidad ruminal *in situ* del heno de bermuda cruzada en los búfalos. La fracción más degradada resultó ser la proteína, mientras que la MS y la FDN mostraron bajos niveles de degradación en el rumen.

Agradecimientos

Este experimento se realizó en el transcurso de una estancia de estudios Postdoctorales en la Universidad de Sao Paulo (USP), en el ámbito del acuerdo CAPES/MES/CUBA/2007. Los autores agradecen a CAPES/MCT/Brasil por el financiamiento de la beca y a FZEA y el CENA, USP/Brasil, por las facilidades y el apoyo brindado para el desarrollo de las investigaciones.

Referencias

- Andrade-Montemayor, H., García Gasca, T.G. & Kawas, J. 2009. Modificação da fermentação ruminal de proteína e carboidrato por meio da tostagem e estimativa de síntese de proteína microbiana. R. Bras. Zootec. 38: 277
- Bueno, I.C.S., Cabral Filho, S.L.S., Godoy, P.B. & Abdalla, A.L. 2010. Comparison of *in situ* and *in vitro* dry matter rumen degradability of three distinct quality hays in sheep. Tropical and Subtropical Agroecosystems 12:321
- Cabral Filho, S.L.S., Bueno, I.C.S. & Abdalla, A.L. 2007. Substituição do feno de Tifton pelo resíduo úmido de cervejaria em dietas de ovinos em manutenção. Ciência Animal Brasileira 8:75
- Delgado, D.C. & Cairo, J. 2006. Degradabilidad ruminal de diferentes alimentos fibrosos tropicales en búfalos de río y vacunos mestizos de cebú en condiciones similares ambientales y de manejo. III Simposium de Búfalos de las Américas. Medellín, Colombia.
- Ferreira, G.D.G., Santos, G.T., Cecato, U. & Cardoso, E.C. 2005. Composição química e cinética da degradação ruminal de gramíneas do gênero *Cynodon* em diferentes idades ao corte. Acta Sci. Anim. Sci. Maringa. 27:189
- Franco, A.V.M., Franco, G.L. & Andrade, P. 2004. Parâmetros ruminiais e desaparecimento da MS, PB e FDN da forragem em bovinos suplementados em pastagem na estação seca. R. Bras. Zootec. 33:1316
- Franzolin, R. & Andrade, P. 1990. Effect of ration with different level of rumen degradable nitrogen on *in situ* disappearance of dry matter, organic matter, crude protein and neutral detergent fiber in buffaloes. Proceedings of XVI World Buiatric Congress. Salvador, Brazil. p. 343
- Goering, H.K & Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber Analysis. Agricultural Handbook, US. Department of Agriculture. No 379. Washington, USA
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.
- Ku Vera, J.C., Ramírez, L., Jiménez, G., Alayón, J.A. & Ramírez, L. 1999. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico Mexicano. IV Seminario Internacional sobre Sistemas Agropecuarios Sostenibles. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali. Colombia.
- López, J. R., Elías, A., Delgado, D.C., González, R. & Sarduy, L. 2009. Efecto de la suplementación con concentrado en la degradabilidad ruminal *in situ* de forraje de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en bucerros (*Bubalus bubalis*). Rev. Cubana Cienc. Agríc. 43:157
- Mir, Z., MacLeod, G.K., Buchanan-Smith, J.G. Grieve, D.G. & Grovum, W.L. 1984. Methods for protecting soybean and canola proteins from degradation in the rumen. Canadian Anim. Sci. 64:853
- Nogueira Filho, J.C.M. 1995. Estudo da degradabilidade *in situ* e de protozoários ciliados com zebuínos da raça Nelore (*Bos taurus indicus*) e búfalos (*Bubalus bubalis*) submetidos a dietas com volumosos e concentrados. Tese Doutorado (Livre Docência). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/Universidade de São Paulo, Brasil
- Nowak, W., Milachalak, S. & Wylecala, S. 2005. *In situ* evaluation of ruminal and intestinal digestibility of extruded soybeans. Czech. J. Anim. Sci. 50:281
- Orias, F., Aldrich, C.G. & Elizalde, J.C. 2002. The effects of dry extrusion of whole soybean on digestion of protein and amino acids by steers. J Anim. Sci. 80:2493
- Ørskov, E.R. & McDonald, J. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. 92:499
- Ramírez, R., Martell, A. & Lozano, F. 2001. Valor nutricional y degradabilidad ruminal del zacate buffel y nueve zacates nativos del NE de México. Universidad Autónoma de Nuevo León 1:179
- Razz, R., Clavero, T. & Vergara, J. 2004. Cinética de degradación *in situ* de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*. Rev. Científica. FCV-LUZ. XIV: 424
- Rebollar, P.G. & de Blas, C. 2005. Digestión de la soja integral en rumiantes. Disponible: http://www.ussoymeal.org/ruminant_s.pdf. Consultado: 1 de junio de 2007
- Savian, T.V, Muniz, J.A., Aquino de , L.E., Vanys, V.L. & Ferreira, D.F. 2007. Estudo da degradabilidade da fibra em detergente neutro do croas cross (*Cynodon dactylon* x *Cynodon nlemfunensis*). Ciênc. Agrotec. Lavras 31:1184
- Savian, T.V., Muniz, J.A., Sáfiadi, T. & Silva, F.F. 2009. Análise bayesiana para modelos de degradabilidade ruminal. Cienc. Rural 39:2169. Disponible: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010-38478200900070003&lng=en&nrm=iso>. Consultado: 15 noviembre del 2010
- Silva, D.J. & Queiroz, A.C. 2002. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3ra ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 235 pp.
- Silva, E. A., Berchielli, T.T., Reis, R.A., Pires, A.V., Sato, K.J., Paes, J.M.V. & Lopes, A.D. 2007. Teores de proteína bruta para bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85: parâmetros ruminiais, eficiência de síntese microbiana e degradabilidade *in situ*. R. Bras. Zootec. 36:225.
- Solanas, E. M., Castrillo, C., Jover, M. & de Vega, A. 2008. Effect of extrusion on *in situ* ruminal protein degradability and *in vitro* digestibility of undegraded protein from different feedstuffs. Sci. Food and Agriculture 88:2589

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.

Souza, N. H., Franzolin, R., Mazza, P.E. & Ribeiro, G. 2000. Efeitos de Níveis crescentes de Fibra em Detergente Neutro na dieta sobre a digestão ruminal em bubalinos e bovinos. Rev. Bras. Zootec. 29:1565

Souza, M.S., Ezequiel, J.M.B., Júnior, P.R. & Malheiros, E.B. 2002. Efeitos de fontes nitrogenadas com distintas

degradabilidades sobre o aproveitamento da fibra, do nitrogênio e do amido em Rações para Bovinos. R. Bras. Zootec. 31: 2139

Visauta, B. 1998. Análisis estadístico con SPSS para Windows®. Estadística multivariada. Vol. II. McGraw-Hill-Interamericana de España, S. A. V. 358 p

Recibido: 15 de julio de 2010