

Efecto de diferentes proporciones de recursos fibrosos tratados y sin tratar con urea sobre la producción de gas y degradabilidad *in vitro*

Alberto Briceño y Álvaro Ojeda*

¹Instituto de Producción Animal. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Apdo. 4579. Maracay 2101, Aragua. Venezuela.

RESUMEN

Para evaluar el efecto de diferentes proporciones de recursos fibrosos amonificados con urea, sobre la degradabilidad aparente y producción *in vitro* de gas, se seleccionaron dos subproductos del maíz (tusa y brácteas) y heno de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) cosechado a 30 d (heno-30) y 90 d (heno-90), a los que se trató con 4,5% de urea en base seca. Luego de 21 d de conservación, para cada recurso fueron incubadas *in vitro* mezclas de material tratado y sin tratar (0:100, 25:75, 50:50, 75:25 y 100:0), determinando la producción *in vitro* de gas a las 3, 6, 9, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 48, 60, 72 y 96 h, y la degradabilidad de la materia seca y pared celular a las 24 y 48 h. Comparado con el material sin tratar, y luego de 24 h de incubación, la amonificación 100:0 de tusa, brácteas y heno-90 generó un aumento ($P < 0,01$) en la producción de gases de 86,8, 27,1 y 11,9%. respectivamente, mientras que en heno-30 la producción de gas tendió ($P < 0,12$) a incrementar en 20,6 %. A partir de 24 h de incubación, la relación 50:50 mostró una producción acumulada de gas similar ($P > 0,05$) a la de 100:0. Independientemente del recurso evaluado, no se observaron diferencias ($P > 0,05$) respecto a 100:0 en la degradabilidad *in vitro* de la materia seca a las 24 h a partir de 50:50, y en la FDN a las 48 h a partir del tratamiento 25:75. El presente estudio demuestra los efectos positivos de las mezclas de material tratado y no tratado con urea sobre la producción de gas *in vitro* y la degradabilidad de la materia seca y pared celular.

Palabras clave: amonificación, *Cynodon nlemfuensis*, pared celular, sinergismo, subproductos de maíz.

Effect of different proportions of untreated and urea-treated fibrous resource on gas production and *in vitro* digestibility

ABSTRACT

Different proportions of fibrous resources ammoniated with urea on the apparent dry matter digestibility and *in vitro* gas production, with two corn by-products (cobs and bracts) and star grass (*Cynodon nlemfuensis*) hay harvested at 30 d (hay-30) and 90 d (hay-90), treated with 4.5% urea in dry basis were evaluated. *In vitro* mixtures from treated and untreated material (0:100, 25:75, 50:50, 75:25 and 100:0) were incubated after 21 d preservation. Gas production at 3, 6, 9, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 48, 60, 72 and 96 h, and the dry matter and cell wall digestibility at 24 and 48 h were measured. When compared with untreated material, and after 24 h incubation, ammoniation (100:0) of cobs, bracts and hay-90 increased ($P < 0.01$) gas production in 86.8, 27.1, and 11.9%, respectively, while in hay-30 gas production tended ($P < 0.12$) to increase 20.6%. From 24 h incubation, proportion 50:50 showed a similar ($P > 0.05$) gas production in respect to 100:0. No differences ($P > 0,05$) were not observed respect to 100:0 in *in*

*Autor de correspondencia: Álvaro Ojeda

E-mail: ajojeda99@yahoo.com

in vitro dry matter digestibility at 24 h from 50:50, and in the NDF at 48 h from 25:75. The present study showed the positive effects of mixtures of treated and untreated material with urea on the *in vitro* gas production and the dry matter and cell wall digestibility.

Key words: ammoniation, *Cynodon nlemfuensis*, cell wall, synergism, corn by-products.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de materiales fibrosos empleando urea [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] como fuente de amoníaco, comúnmente denominado amonificación, es una técnica económica y de fácil implantación en unidades de producción en el trópico, diseñada para mejorar la calidad de recursos con elevado contenido de fracciones refractarias en su pared celular (Sundtøl y Coxworth, 1984). Dicho tratamiento químico mejora la disponibilidad de nitrógeno para los microorganismos ruminales, promoviendo la síntesis de proteína verdadera a partir de la suplencia de una fuente de nitrógeno no proteico altamente soluble (Rosa *et al.* 2000; Souza *et al.*, 2001; Cardoso *et al.*, 2005).

Adicionalmente, la amonificación de recursos fibrosos permite la ruptura de los complejos donde la hemicelulosa se halla fuertemente unida a la lignina, permitiendo así su solubilización parcial en el medio ruminal, y por tanto, mejorando su degradabilidad potencial (Rosa *et al.* 2000; Liu *et al.*, 2002; Ramírez *et al.*, 2002; Rodríguez-Romero *et al.*, 2004; Cardoso *et al.*, 2005).

Algunos autores han evaluado el efecto de mezclar recursos fibrosos tratados por amonificación con materiales no tratados (Prasad *et al.*, 1994; Sampath *et al.*, 1995; Manyuchi *et al.*, 1996; Liu *et al.*, 2002), como una alternativa para mejorar el ambiente ruminal, y consecuentemente, para incrementar la productividad en rumiantes que ingieren raciones basadas en materiales lignificados.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos de diferentes proporciones de restos de cosecha de maíz (tusa y brácteas) y heno de *Cynodon nlemfuensis* tratados o no con urea sobre la producción de gas *in vitro* y la degradabilidad de la materia seca y pared celular.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Nutrición Animal ($10^\circ 16' 28,4''$ N y $67^\circ 36' 34,9''$ O), adscrito a la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Dicho laboratorio se localiza a una altura de 452 msnm, con registros anuales promedio de $25,3^\circ\text{C}$ de temperatura y 75,1% de humedad (INIA, 2009).

Recursos fibrosos y su procesamiento

Se emplearon recursos fibrosos de uso actual en la alimentación de rumiantes, con diversidad en la

composición de su pared celular, a saber: heno de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) cortado a 30 d (heno-30) y 90 d (heno-90), y tusas y brácteas de maíz (*Zea mays*) colectadas al momento de la cosecha del grano para procesamiento agroindustrial. La composición química de los materiales empleados en la evaluación se presenta en el Cuadro 1.

Estos materiales fueron procesados en un molino de martillo con criba de 2,5 cm \varnothing , para posteriormente proceder a su conservación por amonificación empleando microsilos constituidos por envases plásticos de forma cilíndrica, con cierre hermético y capacidad aproximada de 1 000 cm³. Para el proceso de amonificación se incorporó urea a razón de 4,5 g/kg de materia seca del recurso fibroso, disuelta en un volumen de agua suficiente para alcanzar un 35% de humedad en la mezcla total. Los envases, fueron cerrados herméticamente y se colocaron en un ambiente seco y fresco durante 21 d. Una vez finalizado el proceso de conservación, tanto los materiales tratados como no tratados fueron deshidratados (65°C) y molidos en criba de 1 mm \varnothing , para de esta manera ser mezclados (tratado:no tratado) a los fines de generar los siguientes tratamientos: 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 y 100:0, los cuales fueron sometidos a los análisis respectivos.

Cuadro 1. Composición bromatológica y fracciones de la pared celular de los recursos fibrosos evaluados.

Fracciones ¹ (% Bs)	Materiales			
	Mazorca de maíz		Heno ²	
	Tusa	Brácteas	30 d	90 d
Proteína cruda	5,3	4,5	13,8	9,2
Cenizas	2,3	3,4	11,7	13,5
FDN	88,2	87,7	63,3	72,4
FDA	38,6	37,9	28,5	36,4
Hemicelulosa	49,6	49,8	34,8	36,0
Celulosa	32,2	33,1	22,9	26,0
Lignina	4,5	3,2	0,71	4,3
Calcio	0,06	0,14	0,72	0,86
Fósforo	0,11	0,07	0,57	0,37

¹ Bs: base seca (105°C); FDN: Fibra insoluble en detergente neutro; FDA: Fibra insoluble en detergente ácido.

² Edad del heno de pasto estrella.

Análisis químico

En cada tratamiento se determinó el contenido de materia seca por deshidratación en estufa de aire forzado a 105 °C durante 16 h, cenizas por ignición de la muestra durante 8 h en una mufla a 550°C, y N total por el método de Kjeldahl (AOAC, 2001).

Las fracciones de calcio y fósforo se analizaron de acuerdo a Fick *et al.* (1979) y Fiske y Subarrow (1925), respectivamente. La fibra insoluble en detergentes neutro (FDN) y ácido (FDA), así como sus fracciones (hemicelulosa, celulosa y lignina), fueron determinadas de acuerdo a lo descrito por Van Soest *et al.* (1991).

Producción de gas y degradabilidad *in vitro*

La producción *in vitro* de gas (ácidos grasos volátiles, metano y CO₂, entre otros) se midió de acuerdo a la técnica descrita por Mauricio *et al.* (1999), empleando envases de vidrio de 168 cm³ de capacidad a los que se adicionó 1 g del recurso fibroso molido, 90 mL de soluciones nutritivas (macro y microminerales) y una solución tampón de bicarbonato de sodio, así como 10 mL del inóculo ruminal colectado de vacas adultas fistuladas al rumen, las cuales pastaban gramíneas cultivadas y estaban suplementadas con alimento concentrado a razón de 2 kg/anim/d (2,7% N, 7,6% cenizas, 37,2% FDN y 15,6% FDA). Para evaluar la presión del gas, se utilizaron cuatro envases por cada tratamiento, los cuales fueron incubados a 39°C, efectuándose lecturas a las 3, 6, 9, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 48, 60, 72 y 96 h con un transductor de presión (Red Lion®, Modelo DP5-1/8 DIN) acoplado a un lector con diodo de emisión de luz.

En cada tratamiento se incluyeron ocho envases adicionales, cuatro de los cuales permanecieron hasta las 24 h y el resto hasta las 48 h, tiempos en los que fueron colocados en baño de maría inverso (4°C), para luego filtrar su contenido en crisoles de vidrio con placa de porcelana porosa (poro # 1) previamente pesados. El crisol y su contenido fueron posteriormente deshidratados a 105°C hasta peso constante, y por diferencia de pesos se obtuvo la degradabilidad aparente de la materia seca y FDN del recurso evaluado, corrigiéndolas por la inclusión de tres envases sin muestra (blanco).

Análisis de la información

El volumen de gases producidos (V, mL) se determinó por medio de la transformación de las lecturas de presión (p, psi) a volumen, utilizando la fórmula desarrollada por Mauricio *et al.* (1999):

$$V = 0,18 + 3,67p + p^2$$

Los parámetros de la cinética de producción de gas fueron estimados con ajuste a un modelo exponencial

desarrollado por France *et al.* (1993), y empleando el procedimiento NLIN de SAS (1992) para desarrollar la siguiente ecuación:

$$y = a [1 - \exp(-b(t-T) - c(\sqrt{t} - \sqrt{T}))]$$

En donde “y” es la producción total de gas al tiempo de incubación “t”, “a” es la producción potencial de gas (mL), “b” describe la tasa fraccional de producción de gas (mL/h), “c” es la tasa constante de producción de gas (h^{-1/2}) y “T” representa la fase de retraso o *lag time* (h), que comprende el periodo previo al inicio de la producción del gas.

La producción de gas acumulada a las 12, 24, 48 y 96 h de incubación y la degradabilidad a las 24 y 48 h fueron empleadas para detectar posibles efectos derivados de las mezclas en consideración. Los resultados se analizaron a través del paquete estadístico SAS (1992), considerando un diseño completamente aleatorizado (Steel y Torrie, 1985), con cuatro repeticiones para cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros de la producción de gas

En el Cuadro 2 se presenta la producción acumulada de gas a las 12, 24, 48 y 96 h de incubación *in vitro*. Cuando se compara con el material sin tratar 0:100, y luego de 24 h de incubación, la amonificación 100:0 de tusa, brácteas y heno-90 generó un aumento (P<0,01) en la producción *in vitro* de gas de 86,8; 27,1 y 11,9%, respectivamente. Durante este mismo periodo, en heno-30 este indicador tendió (P<0,12) a incrementar en un 20,6% para la relación 100:0.

Un comportamiento similar se manifestó luego de 48 h de incubación *in vitro*, donde 100:0 generó un incremento (P<0,01) en la producción de gas de 31,2; 18,8; 29,9 y 14,5% para la tusa, brácteas, heno-30 y heno-90, respectivamente. Este incremento sostenido en la producción de gas, el cual se mantiene hasta las 96 h de incubación (Cuadro 2), es consecuencia de una mayor actividad de la microflora ruminal, lo cual se traduce en un aumento en la disponibilidad de energía (ácidos grasos volátiles) para el animal que ingiere recursos fibrosos tratados con urea (Prasad *et al.*, 1994, Liu *et al.*, 2002).

Una menor proporción de pared celular en heno-30, aunado a un menor contenido de las fracciones más refractarias a la degradabilidad ruminal (complejos lignocelulósicos), generó en este tratamiento un comportamiento diferente a los restantes, donde a las 48 h de incubación sólo se observó (P<0,05) el efecto de la amonificación sobre la producción de gas a nivel de 100% de material tratado.

Cuadro 2. Producción acumulada de gases *in vitro* (mL/g MS) de restos de cosecha de maíz y heno de pasto estrella no tratados y tratados por amonificación con urea.

Recursos y tratamientos ¹	Producción de gas				Parámetros ²		
	12 h	24 h	48 h	96 h	a	b	t
Maíz							
Tusa							
0:100	22,9c	83,2c	223,9b	329,1c	411,8b	2,7ab	7,4a
25:75	33,2b	107,3bc	224,5b	352,1b	438,0b	2,4ab	4,9c
50:50	32,9b	112,9ab	259,8ab	370,6ab	446,3b	2,8a	6,2ab
75:25	33,8b	116,8a	261,2a	381,1ab	453,0b	2,8a	6,0bc
100:0	40,1a	155,4a	293,8a	461,4a	588,7a	2,2b	4,8c
Prob.	*	**	**	*	**	**	**
Brácteas							
0:100	38,8b	122,8c	250,2b	332,5b	372,9b	3,6ab	5,3ab
25:75	33,5b	128,2bc	268,2ab	360,1ab	393,6ab	3,7ab	5,9a
50:50	36,0b	141,9ab	268,5ab	353,8ab	383,4b	3,9a	5,6ab
75:25	40,9ab	136,6bc	276,5ab	394,4a	456,2a	3,0b	5,1ab
100:0	47,1a	156,1a	297,3a	416,8a	465,6a	3,3ab	4,6b
Prob.	**	**	**	**	**	**	*
Heno							
30 d							
0:100	53,4	150,5	268,1b	336,0b	358,2b	4,2ab	4,5
25:75	59,2	167,7	277,6b	333,1b	347,8b	5,0a	4,3
50:50	56,2	166,1	289,1b	346,8b	366,3b	4,7ab	4,5
75:25	56,2	167,5	289,4b	396,8ab	392,5b	4,1b	4,2
100:0	52,0	181,5	348,2a	427,0a	461,5a	4,4ab	4,1
Prob.	NS	NS	**	**	**	*	NS
90 d							
0:100	41,0b	132,2b	216,0b	284,8b	296,7b	4,1ab	4,2
25:75	48,5a	137,0ab	220,8b	271,6b	285,9ab	4,4ab	3,2
50:50	52,1a	150,1a	241,1ab	295,1ab	306,4ab	4,7a	2,5
75:25	45,7a	133,9ab	226,0ab	295,6ab	314,3ab	3,8b	3,5
100:0	49,8a	147,9ab	247,3a	317,5a	331,2a	4,2ab	3,9
Prob.	*	**	**	*	*	*	NS

² a: producción potencial de gases (mL); b: tasa de producción de gases (mLx10⁻²/h); t: fase de retraso o lag time (mL).

¹ Proporciones de material tratado:sin tratar por amonificación.

Medias con letras diferentes en una misma columna difieren estadísticamente (*P<0,05; **P<0,01).

NS: No significativo.

A partir de 24 h de incubación, la relación 50:50 mostró una producción acumulada de gas similar (P>0,05) a 100:0, lo que demuestra la presencia de efectos positivos, que según Manyuchi *et al.* (1992) y Liu *et al.* (2002), pueden atribuirse a variaciones en la tasa de degradación producto de la incorporación al rumen de energía y nitrógeno rápidamente fermentables contenidos en el material tratado con urea.

En general, los valores de producción *in vitro* de gas logrados con la amonificación de recursos fibrosos en el presente estudio son similares a los obtenidos por Liu *et al.* (2002), quienes señalan que el tratamiento de paja de arroz con 5% de urea genera un incremento (P<0,05) en la producción de gas que se evidencia a partir de una

proporción tratado:no tratado de 50:50. Una vez tratados, los recursos fibrosos evaluados presentaron una producción de gas a las 24 h superior a lo señalado para el follaje de plantas arbóreas de valor forrajero colectadas en zonas montañosas del norte de España (115,2 -184,2 mL/g MO), Brasil (102,2-179,2 mL/g MS) y Venezuela respectivamente (92,1-139,5 mL/g MS), de acuerdo a trabajos conducidos por Frutos *et al.* (2002), Nozella (2006) y Ojeda (2009), respectivamente.

Los parámetros de la fermentación *in vitro* (Cuadro 2) evidencian que, independientemente del recurso considerado, la producción potencial de gas fue superior (P<0,01) cuando se comparó la totalidad de material tratado 100:0 con los restantes tratamientos,

con incrementos de 43,0; 24,9, 28,8 y 11,6% con respecto al material sin tratar para tusa, brácteas, heno-30 y heno-90, respectivamente. Este parámetro se ajusta a la tendencia observada en la producción de gas a 24 y 48 h de incubación. En el caso de brácteas y heno-90, se resalta el impacto positivo ($P < 0,01$) de la amonificación sobre la producción potencial de gas en las mezclas a partir de una proporción de material tratado:sin tratar de 25:75.

En cuanto a la tasa fraccional de producción de gas, se observa una tendencia ($P < 0,05$) a incrementar con la participación de material tratado en las mezclas, con registros promedios de 0,03; 0,04; 0,04 y 0,04 mL/h para tusa, brácteas, heno-30 y heno-90, respectivamente. Estos registros se localizan en el rango de 0,03 a $0,04 \pm 0,01$ mL/h referido por Frutos *et al.* (2002) y Hervás *et al.* (2003) en estudios con plantas leñosas, y son similares a lo obtenido por Mauricio *et al.* (2001) y Noguera *et al.* (2005) a partir de la evaluación de diversos subproductos agroindustriales (0,03-0,07 mL/h).

El tiempo empleado por los microorganismos para colonizar *in vitro* el tejido de los materiales fibrosos evaluados (*lag time*) evidenció una reducción tanto en tusa ($P < 0,01$) como en brácteas ($P < 0,05$), mientras en el caso de heno-30 sólo se observó una tendencia a dicha reducción ($P = 0,14$). En general los valores en términos absolutos resultan elevados cuando son comparados con lo citado en la literatura para residuos agroindustriales fibrosos ($2,55 \pm 1,1$ h), plantas leñosas ($2,7 \pm 1,2$ h) y residuos fibrosos tratados con urea (3,8 h), tal como lo refieren Mauricio *et al.* (2001), Nozella (2006) y Liu *et al.* (2002), respectivamente. A pesar de lo anterior, la disminución observada en este parámetro se puede asociar a la ruptura de los enlaces lignocelulósicos de los materiales por efecto de la hidrólisis alcalina, lo cual al reducir la barrera física al ataque de los microorganismos del rumen impacta directamente en un menor tiempo de colonización microbiana de la digesta (Tejada *et al.*, 1979; McAllister *et al.*, 1994; Van Soest, 1994).

El tratamiento del material con urea en proporción 100:0 generó en todos los casos un incremento ($P < 0,01$) en la degradabilidad aparente de la materia seca a las 24 h de incubación *in vitro* (Cuadro 3), expresado éste en valores de 94,2; 19,9; 8,9 y 18,1% para tusa, brácteas, heno-30 y heno-90, respectivamente. Luego de transcurridas 48 h de incubación, este efecto se mantuvo en los casos de tusa, brácteas y heno-30 (11,2; 21,0 y 15,0%, respectivamente), aunque desaparece en heno-90. Diversos trabajos indican que el tratamiento de recursos fibrosos (paja de arroz y trigo, restos de cosecha de maíz y sorgo, heno de gramíneas, etc) con niveles de 3 a 9% de urea generan incrementos en la degradabilidad de la materia seca de 5 a 30%, dependiendo de la calidad de material original, y en lo particular, del contenido de compuestos lignocelulósicos en su pared celular (Godoy y Chicco, 1997; Barrios y Ventura, 2005,

Moharrery *et al.* 2009).

Luego de 24 h de incubación *in vitro*, tanto en tusa, brácteas y heno-30 la degradabilidad aparente de la materia seca a partir de 25% de participación del material tratado en la mezcla es similar a la observada para el nivel de 100% de material tratado, lo cual ocurre a las 48 h cuando la participación de material tratado alcanza el 50%. En heno-90 esta respuesta se observó a partir de un nivel de 50% de material tratado a las 24 h de incubación, aunque luego de 48 h no se observaron diferencias en función a los niveles de incorporación de material tratado, probablemente asociado al mayor contenido de pared celular del recurso. Resultados similares han sido señalados por Liu *et al.* (2002) al tratar paja de arroz (*Oryza sativa*), heno (*Lolium perenne*) y morera (*Morus alba*) con 5% de urea, hidróxido de sodio o carbonato de sodio; señalando adicionalmente incrementos de 59,8% en el consumo voluntario de novillos cuando la relación tratado:no tratado alcanzó 50:50.

Tal como se muestra en el Cuadro 3, durante las primeras 24 h de incubación *in vitro* se observó que en tusa y heno-90, cuando comparados con el material sin tratar, el tratamiento 100:0 generó incrementos en la degradabilidad de la FDN de 55,1 y 45,9% respectivamente. En los restantes materiales no se observaron diferencias estadísticas durante este periodo de incubación. Transcurridas 48 h de incubación, en todos los tratamientos evaluados se observó un incremento ($P < 0,05$) de la degradabilidad de la FDN de 14,2; 9,2; 8,8 y 11,3% para tusa, brácteas, heno-30 y heno-90, respectivamente. Este aumento en la degradabilidad de la FDN ocurrió a partir de la incorporación de 25% de material tratado en la mezcla incubada, con la excepción de heno-30 donde ocurre ($P < 0,05$) a partir de 50%.

El efecto de la amonificación sobre la degradabilidad de la pared celular se atribuye fundamentalmente a la ruptura de la estructura cristalina de la celulosa o los enlaces entre ésta y la hemicelulosa con polifenoles como la lignina, lo que facilita el ataque de la microflora ruminal (Fundora *et al.*, 1992; Liu *et al.*, 2002). Un aumento en la degradabilidad de la materia seca y FDN de los recursos fibrosos evaluados demuestra el impacto positivo sobre el medio ambiente ruminal de la incorporación de material tratado a niveles superiores a 25% de la mezcla, evidenciando la existencia de efectos asociativos positivos derivados de una mejora en la disponibilidad de nitrógeno y energía al medio de incubación.

CONCLUSIONES

El presente estudio demuestra la presencia de efectos positivos de niveles crecientes de mezclas de material no tratado y tratado con urea a razón de 4,5% en base seca, evidenciándose una mejora en los parámetros que caracterizan la cinética de producción de gas *in vitro*, degradabilidad de la materia seca y pared celular de recursos fibrosos.

Cuadro 3. Degradabilidad *in vitro* aparente de la materia seca y fibra insoluble en detergente neutro (FDN) de recursos fibrosos no tratados y tratados por amonificación con urea.

Recursos y tratamientos ¹	Materia seca (%)		FND (%)	
	24 h	48 h	24 h	48 h
Maíz				
Tusa				
0:100	13,9b	47,4b	18,7c	48,0b
25:75	18,6ab	48,3b	22,3bc	53,7a
50:50	19,9ab	50,5ab	24,2abc	54,7a
75:25	20,7ab	50,4ab	26,8ab	54,0a
100:0	27,0a	52,7a	29,0a	54,8a
Prob.	**	**	**	**
Brácteas				
0:100	29,7b	53,8b	31,5	60,7b
25:75	36,0a	57,9b	33,6	63,2ab
50:50	33,9ab	56,8b	33,9	62,2b
75:25	30,5ab	60,5ab	35,8	62,5ab
100:0	35,6a	65,1a	34,2	66,3a
Prob.	**	**	NS	**
Heno				
30 d				
0:100	46,2b	62,8c	41,3	70,7b
25:75	46,7ab	66,5bc	42,1	71,0b
50:50	47,3ab	68,1ab	42,0	71,8ab
75:25	48,9ab	68,9ab	43,2	73,5ab
100:0	50,3a	72,2a	44,1	76,9a
Prob.	**	**	NS	*
90 d				
0:100	36,5b	56,4	24,6b	51,2b
25:75	37,3b	57,3	31,3a	55,8ab
50:50	38,7ab	57,8	32,7a	56,1ab
75:25	40,3ab	58,5	33,0a	56,3ab
100:0	43,1a	59,7	35,9a	57,0a
Prob.	**	NS	**	*

¹Proporciones de material tratado:sin tratar por amonificación.

Medias con letras diferentes en una misma columna difieren estadísticamente (*P<0,05; **P<0,01).

NS: No significativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. 2001. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Horwitz, W. (Ed.). 17^{ma} ed. AOAC International. Arlington, USA.
- Barrios, A.; M. Ventura. 2005. Uso de la amonificación seca para mejorar la calidad del heno. *In*: González-Stagnaro, C., E. Soto Belloso e I. Iglesia (Eds). Avances en la Ganadería Doble Propósito. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. pp. 251-255.
- Cardoso, A.; A.J. Vieira; H. Cardoso; N.M. Da Silva; M. Pereira; U. De Matos; U.L. Cardoso. 2005. Composição química-bromatológica e digestibilidade *in vitro* de silagens de gramíneas tropicais tratadas com uréia. Rev. Elec. Vet. 6: 1-9. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101005.html>[Consultado: 2/06/2010]
- Fick, K.L.; P. McDowell; N. Miles; J. Wilkinson; P. Funk; J. Conrad. 1979. Métodos de Análisis de Minerales para Tejidos de Plantas y Animales. 2^{da} ed. Universidad de Florida, Gainesville, USA.
- Fiske, C.; Y. Subarrow. 1925. The colorimetric determination of phosphorus. J. Biol.Chem. 66: 375-400.
- France, J.; M. Dhanoa; M. Theodorou; S. Lister; D. Davies; D. Isac. 1993. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. J. Theor. Biol.163: 99-111.
- Frutos, P.; G. Hervás; G. Ramos; F. Giraldes; A. Mantecón. 2002. Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. Anim. Feed Sci. Technol. 95: 215-226.

- Fundora, O.; J. Stuart; J. Sierra; E. Regalado; R. Llerandi. 1992. Tratamiento de los residuos de la cosecha de la caña de azúcar con amoníaco. I. Digestibilidad y contenido de proteína bruta. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.* 26: 311-315.
- Godoy, S.; C.F. Chicco. 1997. Utilización de la paja de arroz con y sin amonificación en la alimentación de bovinos de carne. *Zootecnia Trop.* 15: 30-50.
- Hervás, G.; N. Mandaluniz; L. Oregui; A. Mantecón; Frutos P. 2003. Evolución anual del contenido de taninos del brezo (*Erica vagans*) y relación con otros parámetros indicativos de su valor nutritivo. *Rev. ITEA*, 99: 69-84.
- INIA. 2010. Unidad Agroclimatológica. Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias. Reporte de estación climatológica. Venezuela. 15 p.
- Liu, J.; A. Susenbeth; K. Sudekum. 2002. *In vitro* gas production measurements to evaluate interactions between untreated and chemically treated rice straws, grass hay, and mulberry leaves. *J. Anim. Sci.* 80: 517-524.
- Manyuchi, B.; F.D. Hovell; L.R. Ndlovu; J.H. Topps; A. Tigere. 1996. Feeding napier hay as supplement to sheep given poor quality mature hay: effects of level of Napier hay supplement and inclusion of urea in the basal diet on intake and digestibility. *Anim. Feed Sci. Technol.* 63:123-135.
- Manyuchi, B.; E. Ørskov; R. Kay. 1992. Effect of feeding small amounts of ammonia treated straw on degradation rate and intake of untreated straw. *Anim. Feed Sci. Technol.* 38: 293-304.
- Mauricio, R.M.; M.L. Mould; M.S. Dhanoa; E. Owen; K.S. Channa; M.K. Theodorou. 1999. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 79: 321-330.
- Mauricio, R.M.; E. Owen; M.L. Mould; I. Givens; M.K. Theodorou; J. France; R. Davies; M.S. Dhanoa; 2001. Comparison of bovine rumen liquor and bovine faeces as inoculum for an *in vitro* gas production technique for evaluating forage. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 89: 33-48.
- McAllister, T.A.; H.D. Bae; G.A. Jones; K.J. Cheng. 1994. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *J. Anim. Sci.* 72: 3004-3018.
- Moharrery, A; T. Hvelplund; M.R. Weisbjerg. 2009. Effect of forage type, harvesting time and exogenous enzyme application on degradation characteristics measured using *in vitro* technique. *Anim. Feed Sci. Technol.* 153: 178-192.
- Noguera, R.R.; E.O. Saliba; L.C. Gonçalves; R.M. Mauricio. 2005. Utilização da técnica de produção de gás para determinar a cinética de fermentação dos carboidratos estruturais e não estruturais em sorgo para forragem. *Livest. Res. Rural Develop.* 17 (5). <http://www.lrrd.org/lrrd17/5/nogu17053.htm>. [Consultado: 28/05/2010].
- Nozella, F. 2006. Valor nutricional de espécies arbóreo-arbustivas nativas da caatinga e utilização de tratamentos físico-químicos para redução do teor de taninos. Tesis de grado. Centro de Energía Nuclear Na Agricultura. Universidad de San Pablo. Piracicaba, Brasil. 99 p. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64132/tde-11042007-112001/publico/tesefinal.pdf>. [Consultado: 08/06/2010].
- Ojeda, A. 2009. Valoración nutricional y perfil de metabolitos secundarios de la biomasa vegetal de plantas leñosas seleccionadas por vacunos en silvopastoreo de un bosque semicaducifolio tropical. Trabajo de grado. Doctorado en Ciencias Agrícolas. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela. 172 p.
- Prasad, C.; C.D. Wood; K.T. Sampath. 1994. Use of *in vitro* gas production to evaluate rumen fermentation of untreated and urea-treated finger millet straw (*Eleusine coracana*) supplemented with different levels of concentrate. *J. Sci. Food Agric.* 65: 457-464.
- Ramírez, R.; R. Ramírez; F. López. 2002. Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *Rev. Cienc. UANL.* 2: 181-183.
- Rodríguez-Romero, N.; O. Araujo-Febres; B. González. 2004. Efecto de la adición de urea sobre la composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de heno de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick cosechado a diferentes edades. *Arch. Latin. Prod. Anim.* 12: 52-58.
- Rosa, B.; H. Souza; K.F. Rodrigues. 2000. Composição química do feno de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu tratado com diferentes proporções de uréia e de água. *Ciênc. Anim. Bras.* 1: 107-113.
- Sampath, K.T.; C.D. Wood; C.S. Prasad. 1995. Effect of urea and by-products on the *in vitro* fermentation of untreated and urea treated finger millet (*Eleusine coracana*) straw. *J. Sci. Food Agric.* 67: 323-328.
- SAS. 1992. Statistical Analysis System Institute Inc. SAS/STAT User's guide, version 6, Cary, USA.
- Souza, A.L.; R. Garcia; O.G. Pereira; P.R. Cecon; S.C. Valadares; M.F. Paulino. 2001. Composição químico-bromatológica da casca de café tratada com amônia anidra e sulfeto de sódio. *Rev. Brasi. Zoot.* 30 (Supl. 1): 983-991.
- Sundtøl, F.; E.M. Coxworth. 1984. Ammonia treatment. *In: Sundtøl F.; E. Owen (Eds.). Straw and other Fibrous By-products as Feed.* Elsevier. Amsterdam, Holanda. pp. 196-204.

- Steel R.; J. Torrie. 1985. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2^{da} ed. Mc Graw-Hill. Bogotá, Colombia. 622 p.
- Tejada, R.; B. Murillo; M.T. Cabezas. 1979. Ammonia treated wheat straw as a substitute for maize silage for growing lambs. *Trop. Anim. Prod.* 4: 172-176.
- Van Soest, P. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press. 2nd. Ed. Ithaca, USA. 476 p.
- Van Soest, P.; J. Robertson; B. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.