

Efecto de la amonificación con urea sobre los componentes estructurales de la pared celular de heno de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick a diferentes edades de corte*

N. Rodríguez¹, O. Araujo-Febres², B. González² y J. Vergara³

Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, La Universidad del Zulia.

Urea ammonification effect on cell wall components of *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick hay at different cutting ages

ABSTRACT: Effects of ammonification with urea and of age on cell wall components of *Brachiaria humidicola* hay were evaluated in a tropical dry forest ecosystem (yearly means of 1 100 mm rainfall and 28°C temperature). The experimental plot was of 1 ha. After a uniformity cutting, five strips were random located with an effective area of 102 m² for each cutting age (30, 44, 58, 72, and 86 days). To chopped sun-cured hay in plastic bags was added 0, 3 and 6% of urea diluted with 40% of water relative to dry weight of hay, after which the bags were stored for 28 days at ambient temperature. The experimental design was completely randomized with a split plot arrangement and three replications. Hay samples were analyzed for neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), hemicellulose (HC), cellulose and lignin. An effect ($P \leq 0.0001$) of the ammonification was found on all variables under study. Relative to hay treated with water only, that treated with 6% urea was lower in FDN (78.78 vs. 75.52%), FDA (39.10 vs. 37.05%), cellulose (33.87 vs. 32.56%), and lignin (5.23 vs. 4.49%). Relative to the untreated hay control, 6% urea reduced HC (42.06 vs. 38.46%), water treatment alone also causing a loss of HC in the presence of mold growth. Treatment with 3% urea gave a significant reduction in lignin only (4.64%). With advancing harvest age FDA, FDN and cellulose contents increased, HC decreased, while lignin did not vary significantly. The interaction of ammonification treatment by harvest age also affected ($P < 0.005$) all components studied.

Key words: Ammonification with urea, *Brachiaria humidicola*, cell wall, harvest age, hay

©2002 ALPA. Todos los derechos reservados

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2002. 10(1): 7-13

RESUMEN: Se evaluaron los efectos de la amonificación con urea y de la edad de corte sobre los componentes estructurales de la pared celular de heno de *Brachiaria humidicola* en un ecosistema de bosque seco tropical (promedios anuales, 1 100 mm de lluvia y 28°C). El predio experimental fue de 1 ha. Luego de un corte de uniformidad, cinco franjas fueron ubicadas al azar con un área efectiva de 102 m² para cada una de las edades de corte (30, 44, 58, 72 y 86 días). Al heno desecado al sol, picado y colocado en bolsas plásticas, se le adicionó 0, 3 y 6% de urea diluida en 40% de agua con relación al peso seco del heno. Luego se almacenó durante 28 días a temperatura ambiente. Se utilizó un diseño totalmente aleatorizado con un arreglo de parcelas divididas y tres repeticiones. Posteriormente se analizaron muestras de heno para fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa (HC), celulosa y lignina. Se verificó un efecto ($P \leq 0.0001$) de la amonificación sobre todas las variables en estudio. Relativo al heno tratado con agua solamente, aquel sometido a 6% de urea fue más bajo en FDN (78.78 vs. 75.52%), FAD (39.10 vs. 37.05%), celulosa 33.87 vs. 32.56%) y lignina (5.23 vs. 4.49%). Relativo al testigo de heno sin tratar, el tratamiento con 6% de urea redujo la HC (42.06 vs. 38.46%), a la vez que el tratamiento con agua sola también acusó una merma en HC en presencia de crecimiento de hongos. El tratamiento con 3% de urea redujo significativamente sólo la lignina (4.64%). Al avanzar la edad de corte aumentaron las concentraciones de FDA,

*Proyecto N° 0398-97 subvencionado parcialmente por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de La Universidad del Zulia y por Investigación y Desarrollo Agropecuario (IDEA).

Recibido Marzo 22, 2001. Aceptado Diciembre 20, 2001.

¹Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal, Venezuela.

²Apdo. 15205. Maracaibo ZU 4005, Venezuela. E-mail: oaraujo@cantv.net

³INIA, Estación El Guayabo, Estado Zulia, Venezuela.

FDN y celulosa, decreció la de HC, y lignina no se alteró significativamente. La interacción de tratamientos de amonificación por edades de corte también afectó ($P < 0.005$) a todas estas variables.

Palabras clave: Amonificación con urea, *Brachiaria humidicola*, edad de corte, heno, pared celular

Introducción

Los pastizales en el trópico están constituidos mayoritariamente por gramíneas, caracterizándose los henos por sus bajos valores proteicos y baja digestibilidad. El mejoramiento del valor nutritivo del heno ha sido una preocupación constante de los centros de investigación nacionales e internacionales. En diferentes países se estudian métodos físicos, biológicos y químicos, que permitan mejorar el aporte de nutrientes, digestibilidad y consumo de estos forrajes toscos (Partida *et al.*, 1984; Estrada, 1986; Klee y Vidal, 1986). Algunos investigadores (Conrad y Pastrana, 1989; Reis *et al.*, 1995) señalan que el propósito fundamental de los tratamientos es el de aumentar la solubilidad de la fibra, la lignina y otros componentes estructurales al romper las uniones que dan fuerza estructural a las pajas a medida que maduran.

En la amonificación se han empleado diferentes compuestos químicos, entre los cuales se encuentran amonio anhidro (NH_3), hidróxido de amonio (NH_4OH) y la urea como fuente de amoniaco (Klee y Murillo, 1989; Fundora *et al.*, 1992; Van Bruchem *et al.*, 1993). Los tratamientos con amoniaco promueven alteraciones en la composición química de los pastos, principalmente en la fracción fibrosa y los compuestos nitrogenados, resultando en un aumento en su valor nutritivo (Reis *et al.*, 1995). Recientemente se ha generalizado el uso de la urea, la cual por medio de la ureasa se hidroliza a amoniaco y causa la disociación de complejos lignina-carbohidratos presentes en las paredes celulares de las plantas (Hartley y Jones 1978).

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto de la amonificación con urea sobre los componentes estructurales de la pared celular en heno de *Brachiaria humidicola* a diferentes edades de corte.

Materiales y Métodos

El ensayo de campo se condujo en la hacienda "La Esperanza" de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia, ubicada en el km 107 de la carretera Maracaibo-Machiques del municipio Rosario de Perijá, bajo condiciones de bosque seco tropical, entre las coordenadas $10^{\circ}15'$ Latitud Norte y $72^{\circ}25'$ Longitud Oeste y aproximadamente a 100 msnm, con una precipitación promedio de 1 100 mm al año y temperatura de 28°C (Ewel y Madriz, 1968). El suelo está clasificado como un Aquic Haplustalf, presentando una textura franco arenosa en los primeros 50 cm; la fertilidad natural es baja (Peters *et al.*, 1986).

Se escogió un potrero de 1 ha de pasto *Brachiaria humidicola*. Las edades de corte del pasto fueron 30, 44, 58, 72 y

86 días y los tratamientos amonificadores fueron el testigo sin ningún tratamiento y tratamientos de agua con 0, 3 y 6% de urea. Se hizo un pase de segadora rotativa a 10 cm del suelo. Dos (2) semanas después se le aplicó herbicida en forma dirigida para el control de malezas de hoja ancha. Se ubicaron cinco franjas al azar en el potrero para cada una de las edades de corte con un área efectiva de 102 m^2 .

A partir de los 30 días se hicieron cortes a 10 cm del suelo con la máquina rotativa cada 14 días para la producción de pasto con las edades escalonadas de 30, 44, 58, 72 y 86 días. El pasto cortado se recogió y se dejó deshidratar al sol durante cuatro días, posteriormente se guardó en sacos de papel hasta el momento de la amonificación con urea. Se tomaron muestras de pasto al momento de corte para su posterior análisis.

El procedimiento para la amonificación con urea de los henos de las diferentes edades consistió en añadir: 0, 3 y 6 g de urea por cada 100 g de pasto seco. La urea se diluyó previamente con una cantidad de agua equivalente al 40% de la materia seca del heno. Se llenaron las bolsas plásticas con el pasto picado hasta formar una capa de aproximadamente 25 mm de grosor y se roció uniformemente con la mezcla urea-agua. Al material con el tratamiento 0% de urea solamente se le agregó 40% de agua. Luego las bolsas se cerraron herméticamente.

Transcurridos 28 días de almacenamiento se procedió al secado y a la molienda para obtener un tamaño de partícula de 1 mm. Posteriormente se hizo el análisis químico para la determinación de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa (HC), celulosa y lignina, por los métodos descritos por Goering y Van Soest (1970).

Se utilizó un diseño experimental totalmente aleatorizado, con un arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones, representando la parcela principal la edad de corte y la secundaria la amonificación con urea. Para el procesamiento de la información se utilizó el paquete de análisis estadístico SAS (SAS, 1985), efectuándose el análisis de varianza mediante el Modelo Lineal General (GLM), con obtención de las medias mínimas cuadráticas (LSMEANS).

Resultados y Discusión

Después del tratamiento químico el pasto henificado sufrió alteraciones físicas, su color cambió de verde claro a verde olivo, además de que se volvió más flexible.

Fibra detergente neutro. Los contenidos de FDN en los pastos henificados se observan en el Cuadro 1. Referente al efecto de la edad de corte sobre el porcentaje de FDN la única diferencia ($P < 0.05$) detectada fue un mayor valor a

Cuadro 1. Contenido de fibra detergente neutro (%) en heno de *Brachiaria humidicola* de cinco edades de corte y tratado con diferentes niveles de urea.

| Tratamiento | Edades de corte (días) | | | | | \bar{X}^1 |
|-------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| | 30 | 44 | 58 | 72 | 86 | |
| Sin tratam. | 78.69 ± 0.71 ^{bcd} | 76.70 ± 1.42 ^{ghij} | 80.98 ± 0.80 ^a | 78.92 ± 1.21 ^{bcd} | 78.62 ± 0.52 ^{bcd} | 78.78 ^a |
| 0% de urea | 77.15 ± 0.84 ^{fghi} | 77.22 ± 0.34 ^{efghi} | 78.11 ± 1.33 ^{bcdefg} | 78.25 ± 1.07 ^{bcdef} | 76.66 ± 0.25 ^{hij} | 78.48 ^b |
| 3% de urea | 78.03 ± 1.04 ^{cdefgh} | 79.46 ± 0.40 ^b | 77.59 ± 0.97 ^{defghi} | 79.16 ± 0.37 ^{bc} | 79.27 ± 0.11 ^{bc} | 78.70 ^a |
| 6% de urea | 75.45 ± 1.22 ^k | 75.37 ± 0.65 ^{jk} | 75.04 ± 0.56 ^k | 76.30 ± 0.71 ^{ijk} | 75.42 ± 0.89 ^{jk} | 75.52 ^c |
| \bar{X}^2 | 77.33 ^b | 77.19 ^b | 77.93 ^{ab} | 78.16 ^a | 77.50 ^{ab} | |

Medias con letras iguales no difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

¹ Promedio/ tratamiento.

² Promedio/ edad de corte.

72 días que a 30 y 44 días, habiendo una disminución otra vez a los 86 días. Esto concuerda con lo reportado por Pineiro-Camarao *et al.* (1983), quienes evaluaron esta especie en tres fases fenológicas y observaron como los valores de FDN se incrementaron con la edad del pastizal.

Al analizar el efecto de los tratamientos amonificados, se observa que el porcentaje de FDN disminuye ($P \leq 0.0001$) al menor valor (75.52%) al aplicar 6% de urea, mientras que el testigo y el 3% de urea (78.78 y 78.70%, respectivamente) superan leve, pero significativamente, al valor obtenido con tratamiento de agua sola (78.4%).

Se verificó un efecto ($P \leq 0.0008$) de la interacción de los dos factores edad de corte y amonificación sobre esta variable, pero hubo consistencia en la observación de los menores valores para cada una de las edades con el 6% de urea.

Brown (1993b) informó una reducción de FDN de 78.1 a 74.6% en heno de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) tratado con 4% de amoníaco. Otros investigadores han reportado que esta fracción fibrosa disminuye por efecto de la amonificación en los casos de paja de trigo (Aguilera *et al.*, 1990) y pasto elefante (Reis y Rodríguez, 1991). Reis *et al.* (1995) encontraron que el tratamiento químico con 3% de NH_3 aplicado a paja de avena acarrió disminución en el contenido de FDN de 3.9 unidades porcentuales.

Brown (1993a) señala que la concentración de FDN se reduce por la amonificación y esto contribuye a mejorar la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica del heno amonificado comparado con el sin amonificar. Según Klofentein (1978) la disminución en el contenido de pared celular, medido como FDN, por efecto de la amonificación se atribuye principalmente a la solubilización de la celulosa.

Fibra detergente ácido. La edad de corte influyó ($P \leq 0.0001$) sobre el contenido de FDA (Cuadro 2), notándose un aumento a medida que avanzó la edad del pasto, desde 37.09% a los 30 días a 39.56% a los 86 días, resultando los valores de las tres edades más cortas menores ($P < 0.05$) que los de las edades más avanzadas.

Diferentes autores han coincidido que las proporciones de carbohidratos estructurales aumentan con la edad de la planta, tomando en cuenta que el valor absoluto de este incremento está relacionado con la especie botánica, tipo de manejo y factores climáticos (Alves *et al.*, 1993; Herrera y Hernández, 1988).

Elizalde *et al.* (1992) observaron un aumento gradual del valor de FDA al avanzar la edad del pasto, y señalaron que este incremento está dado por un aumento de la fracción lignina de la fibra, disminuyendo a la vez la proporción de celulosa. Desde luego, estos cambios son adversos a la digestibilidad.

Cuadro 2. Contenido de fibra detergente ácido (%) en heno de *Brachiaria humidicola* de cinco edades de corte y tratado con diferentes niveles de urea.

| Tratamiento | Edades de corte (días) | | | | | \bar{X}^1 |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| | 30 | 44 | 58 | 72 | 86 | |
| Sin tratam. | 35.37 ± 0.17 ^{ij} | 34.98 ± 0.38 ^j | 36.53 ± 0.84 ^h | 37.83 ± 1.18 ^{efg} | 38.89 ± 1.18 ^{cde} | 36.72 ^b |
| 0% de urea | 39.41 ± 0.30 ^{bc} | 38.33 ± 0.11 ^{cde} | 36.56 ± 0.11 ^h | 41.12 ± 0.66 ^a | 40.09 ± 0.28 ^{ab} | 39.10 ^a |
| 3% de urea | 36.37 ± 1.08 ^{hi} | 39.28 ± 0.12 ^{bc} | 38.04 ± 1.30 ^{def} | 38.94 ± 0.75 ^{cd} | 40.64 ± 0.65 ^a | 38.65 ^a |
| 6% de urea | 37.20 ± 0.53 ^{fgh} | 34.69 ± 0.75 ^{ji} | 36.83 ± 0.75 ^{gh} | 37.92 ± 0.63 ^{defg} | 38.62 ± 0.80 ^{cde} | 37.05 ^b |
| \bar{X}^2 | 37.09 ^b | 36.82 ^b | 36.99 ^b | 38.95 ^a | 39.56 ^a | |

Medias con letras iguales no difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

¹ Promedio/ tratamiento.

Los tratamientos amonificantes influyeron ($P \leq 0.001$) en el contenido de FDA, pero de un modo inconsistente. El pasto testigo presentó el valor más bajo de 36.72% y el tratamiento con agua sola resultó en un marcado aumento a 30.10%. Los tratamientos con 3% y 6% de urea tendieron a bajar la concentración de FDA relativo al 0%, pero no al testigo.

Márquez-Araque *et al.* (1995) observaron mayor contenido de FDA en heno amonificado con relación al no tratado. En cambio, Reis y Rodríguez (1991) encontraron reducción de la FDA de heno de *Pennisetum purpureum* por efecto de la aplicación de amonio, siendo los valores 49.7, 48.0 y 47.25% para 0, 2 y 4% de amonio, respectivamente.

Se detectó significancia ($P \leq 0.0001$) para la interacción edad de corte por tratamiento químico, observándose valores de FAD consistentemente bajos para el pasto testigo, pero mucha variabilidad con el orden de los valores de los tratamientos 0, 3 y 6% urea a diferentes edades de corte.

Al someter paja de trigo primero a hidrólisis alcalina y luego a tratamiento con NH_3 Aguilera *et al.* (1990) observaron decrecimiento en el contenido de FDA hasta en un 13%, atribuyéndoselo a que durante la determinación de estas fracciones, hubo cierta solubilización de los componentes de la pared celular.

Hemicelulosa. En el Cuadro 3 se muestran los contenidos de HC del heno *Brachiaria humidicola* en las diferentes edades de corte y tratamientos amonificantes. Hubo efectos de la edad de corte ($P \leq 0.0015$) sobre esta fracción, disminuyéndose a partir de los 72 días de edad luego de mantenerse relativamente estable entre las edades de 30 a 58 días.

Los tratamientos con urea afectaron ($P \leq 0.0001$) los valores de HC. A diferencia del caso de FDA, el tratamiento testigo arrojó el mayor valor de HC (42.06%); aparte de eso, los tres tratamientos de 0, 3 y 6% urea mostraron un patrón similar para ambas fracciones, siendo menos los valores de 0 y 6% que el de 3% urea. En el tratamiento 0% de urea se sospecha degradación microbiana de ciertos componentes fibrosos, ya que presentó una infestación de hongos de color blanco como resultado de la adición de agua solamente sin ningún inhibidor de microbios. A este respecto, Jackson (1978)

describe al tratamiento biológico de los pastos como un método en el que se emplean hongos que degradan la fibra, especialmente los hongos de podredumbre blanca. En un proceso de fermentación de pulpa de café con el hongo *Aspergillus niger*, Anzola *et al.* (1989) observaron un incremento en el contenido de proteína cruda (14%), y simultáneamente descensos en los niveles de fibra cruda (17%), extracto libre de nitrógeno (6%) y extracto etéreo (27%). La disminución de la fibra cruda posiblemente se deba a la degradación de HC y celulosa por los hongos durante la fermentación. Según Pilbeam y Bucholtz (1993), se han usado con éxito aditivos microbiales y enzimáticos para mejorar el valor nutritivo de henilajes y su efecto sobre el animal.

En el estudio presente, la interacción de edad de corte por tratamiento amonificante tuvo un efecto ($P \leq 0.0002$) sobre el contenido de HC, observándose que los valores del pasto testigo fueron los mayores a todas las edades y siguieron en orden decreciente 3%, 6% y 0% urea a tres de las cinco edades (30, 72 y 86 días), mientras a 44 días se intercambiaron de posición 3% y 6% urea, y a 58 días las posiciones de los tres tratamientos se apartaron del aludido patrón.

Reis y Rodríguez (1991) evaluaron la calidad del pasto elefante cosechado después del florecimiento y sometido a amonificación y observaron una disminución en los valores de HC en función de la adición de NH_3 .

Según Saeneger *et al.* (1983) el mecanismo del efecto del amoníaco es el de quebrar enlaces lignina-hemicelulosa y solubilizar la HC, alcanzándose así una mayor cantidad de sustrato para la flora ruminal.

Otros investigadores han observado también un efecto de la amonificación de los forrajes a reducir la fracción HC. En el caso de paja de trigo Klee y González (1985) notaron una disminución del 15.9% al tratarla con amoníaco anhidro, mientras Klee y Murillo (1989) informaron reducciones de 11.3; 8.9 y 18.8% para los tratamientos de 1.5, 3 y 6% de amoníaco. Grossi *et al.* (1993) y Reis *et al.* (1995) encontraron disminuciones de 3 y 4 unidades porcentuales para paja de avena, respectivamente. Alves *et al.* (1993) observaron una disminución en los valores de HC en pasto *brachiaria*, con la aplicación de urea.

Cuadro 3. Contenido de hemicelulosa (%) en heno de *Brachiaria humidicola* de cinco edades de corte y tratado con diferentes niveles de urea.

| Tratamiento | Edades de corte (días) | | | | | \bar{X}^1 |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|
| | 30 | 44 | 58 | 72 | 86 | |
| Sin tratam. | 43.32 ± 0.65 ^{ab} | 41.72 ± 1.21 ^{bc} | 44.45 ± 1.22 ^a | 41.09 ± 1.38 ^{cd} | 39.73 ± 1.70 ^{def} | 42.06 ^a |
| 0% de urea | 37.73 ± 0.54 ^{ghij} | 38.89 ± 0.34 ^{efg} | 41.55 ± 1.23 ^c | 37.13 ± 1.22 ^{hij} | 36.57 ± 0.50 ^j | 38.37 ^c |
| 3% de urea | 41.66 ± 1.98 ^{bc} | 40.18 ± 0.52 ^{cde} | 39.55 ± 0.35 ^{def} | 40.22 ± 0.66 ^{cde} | 38.63 ± 0.54 ^{efgh} | 40.05 ^b |
| 6% de urea | 38.24 ± 1.74 ^{fghi} | 40.68 ± 1.13 ^{cd} | 38.21 ± 0.17 ^{fghij} | 38.38 ± 1.34 ^{fghi} | 36.80 ± 0.58 ^{ij} | 38.46 ^c |
| \bar{X}^2 | 40.24 ^{ab} | 40.37 ^{ab} | 40.94 ^a | 39.21 ^b | 37.93 ^c | |

Medias con letras iguales no difieren entre sí ($P \leq 0.05$)

¹ Promedio/ tratamiento.

² Promedio/ edad de corte.

La solubilización de la HC proporciona un sustrato aprovechable para las bacterias ruminales, lo que puede mejorar la digestibilidad de la materia seca (Klee y Murillo, 1989).

Celulosa. En el Cuadro 4 se muestra el contenido de celulosa del heno *Brachiaria humidicola* para las diferentes edades de corte y tratamientos con urea.

La edad de corte influyó ($P \leq 0.004$) sobre el contenido de esta fracción. Se observa que la proporción aumenta considerablemente con la edad a partir de los 44 días, hasta un máximo de 34.94% a los 86 días.

Pineiro-Camarao *et al.* (1983) evaluaron esta especie en tres edades de corte y también observaron como los valores de la fracción celulosa incrementaron con la edad del corte. Por otro lado, Bernal (1994) señala que la cantidad de celulosa aumenta con la edad y forma una proporción que varía entre 20 y 40% del total de la materia seca.

Los tratamientos amonificantes afectaron el contenido de celulosa ($P \leq 0.0001$), pero sin una tendencia definida en el comportamiento. El tratamiento testigo arrojó el menor valor (31.43%) y el de 3% urea el mayor (34.01%).

Se detectó un efecto ($P \leq 0.0001$) de la interacción edad de corte por tratamiento amonificante sobre la celulosa, observándose mayor variación con edad para el testigo (27.87 a 34.36%) y para el 6% urea (29.80 a 34.46%) que para los otros dos tratamientos.

Rodríguez *et al.* (1985) encontraron aumentos significativos en el contenido de celulosa en paja de frijol y Ortega *et al.* (1991) observaron lo mismo en bagazo de caña de azúcar, mientras que Aguilera *et al.* (1990), no observaron cambios significativos en esta fracción por efecto del tratamiento con NH_3 .

Lignina. Los datos referentes a lignina se presentan en el Cuadro 5. El contenido de lignina no se vio afectado significativamente por la edad de corte, ni hubo una tendencia discernible, ubicándose los valores entre la estrecha gama de 4.62 a 5.07%.

De modo semejante, Laredo (1981) no observó variación en esta fracción a lo largo del año en pasto guinea. Vergara (2000) informó que el contenido de lignina en *B. humidicola* no fue diferente entre edades durante la época seca, pero sí lo fue ($P \leq 0.05$) durante la lluviosa. Contrario a esto, Pineiro-Camarao *et al.* (1983) observaron como la lignina se incrementaba progresivamente en *B. humidicola* en tres edades de corte. Jung (1989) menciona que a medida que transcurre la edad de la planta, ocurre una acumulación de compuestos como la lignina, la cual es limitante de la fermentación ruminal.

En este estudio se evidenció influencia de los tratamientos amonificantes sobre el contenido de lignina ($P \leq 0.005$), observándose una reducción progresiva para

Cuadro 4. Contenido de celulosa (%) en heno de *Brachiaria humidicola* de cinco edades de corte y tratado con diferentes niveles de urea.

| Tratamiento | Edades de corte (días) | | | | | \bar{X}^1 |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| | 30 | 44 | 58 | 72 | 86 | |
| Sin tratam. | 27.87 ± 0.56 ^k | 30.75 ± 0.59 ^{ji} | 31.60 ± 0.88 ^{hi} | 33.55 ± 0.36 ^{defg} | 34.36 ± 1.89 ^{cd} | 31.63 ^c |
| 0% de urea | 34.22 ± 0.75 ^{cd} | 32.51 ± 0.20 ^{fgh} | 32.04 ± 0.77 ^{hi} | 35.67 ± 0.41 ^{ab} | 34.90 ± 1.29 ^{abc} | 33.87 ^a |
| 3% de urea | 32.34 ± 1.32 ^{gh} | 34.93 ± 0.73 ^{abc} | 32.77 ± 1.38 ^{efgh} | 34.00 ± 0.78 ^{cde} | 36.04 ± 0.52 ^a | 34.01 ^a |
| 6% de urea | 33.72 ± 0.69 ^{cdef} | 29.80 ± 0.27 ⁱ | 32.50 ± 0.18 ^{fgh} | 32.32 ± 0.66 ^{gh} | 34.46 ± 0.84 ^{bcd} | 32.56 ^b |
| \bar{X}^2 | 32.04 ^b | 32.00 ^b | 32.23 ^b | 33.89 ^a | 34.94 ^a | |

Medias con letras iguales no difieren entre sí ($P \leq 0.05$)

¹ Promedio/ tratamiento.

² Promedio/ edad de corte.

Cuadro 5. Contenido de lignina (%) en heno de *Brachiaria humidicola* de cinco edades de corte y tratado con diferentes niveles de urea.

| Tratamiento | Edades de corte (días) | | | | | \bar{X}^1 |
|-------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| | 30 | 44 | 58 | 72 | 86 | |
| Sin tratam. | 7.50 ± 0.63 ^a | 4.23 ± 0.22 ^{ghi} | 4.93 ± 0.48 ^{cdefg} | 4.28 ± 0.22 ^{ghi} | 4.54 ± 0.85 ^{efgh} | 5.11 ^a |
| 0% de urea | 5.19 ± 0.50 ^{bcddef} | 5.82 ± 0.09 ^b | 4.52 ± 0.76 ^{efgh} | 5.45 ± 1.07 ^{bcd} | 5.19 ± 1.06 ^{bcddef} | 5.23 ^a |
| 3% de urea | 4.03 ± 0.41 ^{hi} | 4.35 ± 0.62 ^{fghi} | 5.27 ± 0.11 ^{bcdde} | 4.94 ± 0.03 ^{cdefg} | 4.61 ± 0.23 ^{defgh} | 4.64 ^b |
| 6% de urea | 3.48 ± 0.30 ^y | 4.89 ± 0.54 ^{cdefgh} | 4.32 ± 0.78 ^{fghi} | 5.60 ± 0.21 ^{bc} | 4.16 ± 0.05 ^{ghi} | 4.49 ^b |
| \bar{X}^2 | 5.05 ^a | 4.82 ^a | 4.76 ^a | 5.07 ^a | 4.62 ^a | |

Medias con letras iguales no difieren entre sí ($P \leq 0.05$)

¹ Promedio/ tratamiento.

² Promedio/ edad de corte.

los tratamientos 0, 3 y 6% de urea, de 5.23 hasta 4.49%, mientras para el testigo el valor fue 5.11%. Se evidenció influencia ($P \leq 0.0001$) para la interacción edad de corte por tratamiento amonificante, observándose en el testigo mucha variación entre edades (4.23% a 7.50%) y que el orden en que se colocaron los tratamientos cambiaba a cada edad.

Disminuciones en el contenido de lignina con la adición de NH_3 han sido informadas en heno de pasto elefante por Reis y Rodríguez (1991), en pasto brachiaria por Alves *et al.* (1993) y en bagazo de caña de azúcar por Ortega *et al.* (1991) y Araujo-Febres *et al.* (1996).

Grossi *et al.* (1993) y Reis *et al.* (1995) encontraron una disminución de 0.5 unidades porcentuales cuando aplicaron un 3% de NH_3 a paja de avena.

Pigden y Bender (1972) definen la lignificación como un complejo de factores que inhiben el desdoblamiento de la lignocelulosa. Mientras que Laredo (1981) señala que la lignina conjuntamente con la FDA, podrían ser los principales factores que afectan el comportamiento de la digestibilidad.

La lignina actúa como diluyente de las raciones debido a su naturaleza indigestible, y según una teoría también actúa como barrera que impide la descomposición de la celulosa por los microorganismos del rumen a causa de su estrecha asociación física y/o química (Dyer *et al.*, 1975).

Conclusiones

La amonificación de heno de *B. humidicola* por medio de tratamiento con 6% urea provocó una disminución en las fracciones FDN, FAD, celulosa y lignina relativo al tratamiento 0% urea. En el caso de HC, el 6% de urea causó una reducción relativo al testigo sin tratamiento alguno, habiendo también una disminución con el tratamiento 0% urea (agua sola) debido probablemente al crecimiento de hongos. La amonificación por tratamiento con 3% urea sólo tuvo un efecto reductor significativo en la fracción lignina. No se detectó ninguna diferencia significativa entre las edades de corte de 30, 44 y 58 días, mientras a las edades más avanzadas de 72 y 86 días aumentó el contenido de FDA, FDN y celulosa, no se afectó el contenido de lignina, y el de HC disminuyó con relación a aquéllas.

Literatura Citada

- Aguilera, A. B., J. A. Jurado, M. E. Juárez, F. Pérez-Gil y E. Alcántara. 1990. Condiciones óptimas para incrementar la digestibilidad de la paja de trigo en ovinos mediante tratamientos con amoníaco anhidro e hidróxido de calcio. *Vet. Méx.* 21(1): 9-15.
- Alves, J. R., J. M. Bertocco, R. A. Reis, L. R. Andrade y S. R. Bonjardim. 1993. Efeitos da amonização sobre o valor nutritivo de feno de capim-brachiaria. *Pesq. Agropec. Bras.* 28(12): 1451 - 1455.
- Anzola, H. J., D. C. Beltran, E. A. Facundo, E. L. de Leal y C. A. Poveda. 1989. Digestibilidad y energía digestible de la pulpa de café fermentada con *Aspergillus niger* en cerdos. *Revista IC.* 24:408-417.
- Araujo-Febres, O., A. Márquez-Araque y G. Marzocca. 1996. Efecto del tratamiento con urea sobre la composición química y digestibilidad del bagazo de caña de azúcar. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 4(1): 1-6.
- Bernal, E. J. 1994. *Pastos y Forrajes Tropicales. Producción y Manejo.* Tercera edición. Banco Ganadero. Caracas. 575 pp.
- Brown, W. 1993a. Amoniación de heno y suplementación de energía y proteína para ganado de carne. *Memorias de la Conferencia Internacional sobre Ganadería en los Trópicos.* Universidad de Florida, Gainesville. 39 - 47.
- Brown, W. 1993b. Cane molasses and cottonseed meal supplementation of ammoniated tropical grass hay for yearling cattle. *J. Anim. Sci.* 71:3451-3457.
- Conrad, J. H. y B. R. Pastrana. 1989. Amonificación usando urea para mejorar el valor nutritivo de materiales fibrosos. En: *Conferencia Internacional sobre Ganadería en los Trópicos.* Universidad de Florida, Gainesville. 554 pp.
- Dyer, I. A., E. Riquelme, L. Baribo y B. Y. Couch. 1975. Residuos de celulosa como fuente energética para producir proteínas de origen animal. *Rev. Mund. Zootec.* 15:39-43.
- Elizalde, V. H. F., K. N. Teuber, B. A. Hargreaves, A. F. Lanuza y B. A. Scholz. 1992. Efecto del estado fenológico, al corte de una pradera de *Ballica perenne* con trébol blanco, sobre el rendimiento de materia seca, la capacidad fermentativa y la calidad del ensilaje. *Agric. Téc. (Chile)* 52(1):38 - 47.
- Estrada, M. F. 1986. Digestibilidad de los residuos de caña de azúcar pre-digeridos con diferentes niveles de NaOH (*in vivo e in situ*). *Rev. Prod. Anim.* 2(1):27-30.
- Ewel, J. J. y A. Madriz. 1968. *Zonas de Vida de Venezuela.* Editado por el Ministerio de Agricultura y Cría (Venezuela). Editorial Sucre. Caracas. 263 pp.
- Fundora, O., J. R. Stuart, J. F. Sierra, E. Regalado y R. Llerandi. 1992. Tratamientos de los residuos de la cosecha de la caña de azúcar con amoníaco. I. Digestibilidad y contenido de proteína bruta. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 26(3):311-315.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Handbook.* USDA, Beltsville, MD. 379: 1.
- Grossi, S. F., R. A. Reis, J. M. B. Ezequiel y L. R. Rodríguez. 1993. Tratamiento de voluminosos con amoníaco ou ureia. *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 22:651-660.
- Hartley, R. D. and E. C. Jones. 1978. Effect of aqueous ammonia and other alkalis on the *in vitro* digestibility of barley straw. *J. Sci. Food Agric.* 29: 92.
- Herrera, R. S. y Y. Hernández. 1988. Efecto de la edad de rebrote en algunos indicadores de la calidad de la Bermuda cruzada-1. II. Componentes estructurales y digestibilidad de la materia seca. *Pastos y Forrajes* 11: 177-182.
- Jackson, M. G. 1978. Evaluación de la factibilidad técnica y económica del tratamiento de la paja para la alimentación animal. *Rev. Mund. Zootec.* 28: 38-43.
- Jung, H. G. 1989. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. *Agron. J.* 81:33-38.
- Klee, G. G. y V. A. Vidal. 1986. Efectos del tratamiento con amoníaco anhidro de la paja de trigo en los aumentos de peso y consumo de novillos holandeses. *Agric. Téc. (Chile)* 46(1): 3-8.
- Klee, G. y J. González. 1989. Suplementación proteica y energética de raciones de novillos basadas en paja de trigo tratada con amoníaco anhidro y sin tratar. *Agric. Téc. (Chile)* 49(4): 314-322.
- Klee, G. G. y Q. I. Murillo. 1989. Efecto de diferentes concentraciones de amoníaco anhidro en el tratamiento de paja de trigo y de la suplementación proteica y energética en raciones de novillos holandeses. *Agric. Téc. (Chile)* 49(1): 1-8.
- Klofenstein, T. 1978. Chemical treatment of crop residues. *J. Anim. Sci.* 46: 841-848.
- Laredo, C. M. A. 1981. Valor nutritivo de pastos tropicales. III. Pasto Guinea (*Panicum maximum* Jacq) anual y estacional. *Revista ICA* 16(4): 181-187.
- Márquez-Araque, A., O. Araujo-Febres y T. Clavero. 1995. Efecto de la amonificación sobre la calidad de heno de *Panicum maximum* y *Brachiaria brizantha*. *Rev. Argentina Prod. Anim.* 15: 423-425.
- Ortega, M., R. Serrano y P. Ochoa. 1991. Efecto del tratamiento con urea en la digestibilidad y composición química del bagazo de caña de azúcar. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 25: 269 - 273.

- Partida, E., A. Jiménez, L. Martínez y A. Shimada. 1984. Mejoramiento del valor nutritivo de ensilajes de cañuela de maíz para el borrego, mediante la adición de hidróxido de amonio o urea. Tec. Pec. Mex. 47: 33 - 38.
- Peters, W., N. Noguera y G. Materano. 1986. Estudio detallado de los suelos de la hacienda "La Esperanza". La Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Maracaibo. 30 pp.
- Pigden, W. J. y F. Bender. 1972. Aprovechamiento de la lignocelulosa por los rumiantes. Rev. Mund. Zootec. 4: 7-10.
- Pilbeam, T. E. and H. F. Bucholtz. 1993. Effects of silage additives (microbial and enzymes) on the nutritive value of alfalfa haylage and animal performance. American Dairy Science Association and Northeast ADSA/ASAS Mtg. 88th Ann. Mtg. p. 182.
- Pineiro-Camarao, A., H. A. Marquez-Batista, J. de B. Lourenco Junior e S. Dutra. 1983. Composição química e digestibilidade *in vitro* do capim quicúiao-da-amazonia em tres idades de corte. Boletim de Pesquisa. 51: 5-17.
- Reis, R. A. y L. R. Rodríguez. 1991. Avaliação da qualidade da forragem do capim-elefante cv. Taiwan A-148 colhido após o florescimento e submetido a amonização. ARS Veterinaria 7(2): 151-159.
- Reis, R. A., P. Andrade, B. Rosa, C. R. Alcalde e C. C. Jobim. 1995. Efeito da suplementação protéica sobre o valor nutritivo da palha de aveia preta tratada com amonia. Rev. Soc. Bras. Zoot. 24(2): 233-241.
- Rodríguez, G. F., J. M. Zorrilla, C. Muñoz y L. A. Martínez. 1985. Efectos del tratamiento con hidróxido de amonio y urea, humedad y tiempo en la composición de la paja de frijol. Tec. Pec. Mex. 49: 42-49.
- Saeneger, P. F., R. P. Lemenager and K. S. Hendrix. 1983. Effects of anhydrous ammonia treatment of wheat straw upon *in vitro* digestion, performance and intake by beef cattle. J. Anim. Sci. 56: 15-20.
- Semple, A. T. 1974. Avances en Pasturas Cultivadas y Naturales. Primera edición. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires. 544 pp.
- SAS. 1985. SAS/STAT® User's Guide (Release 6.03). SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Van Bruchem, J., S. J. Oosting, S. C. W. Lammers, and C. P. Leffering. 1993. Ammonia treatment of wheat straw. I. Voluntary intake, chewing behaviour, rumen pool size and turnover and partition of digestion along the gastro-intestinal tract of sheep. Neth. J. Agric. Sci. 41(2): 111-133.
- Vargas, R., C. Jiménez, C. Boschini y M. Constenla. 1981. Estudios sobre cambios físicos químicos durante la fermentación del pasto elefante en microsilo de laboratorio con tres niveles de melaza. Agron. Costarr. 5: 121-125.
- Vergara, J. 2000. Producción, composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick en el bosque seco tropical. La Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Trabajo de Grado. 68 pp.