

DEGRADABILIDAD RUMINAL DE LA MATERIA SECA DE HENO DE *Chloris gayana* TRATADO CON UREA EN BOVINOS

RUMINAL DEGRADABILITY OF DRY MATTER *Chloris gayana* HAY TREATED WITH UREA IN CATTLE

Slanac AL¹, Kucseva CD², López MS¹

¹Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Veterinarias, Cátedra de Fisiología, Corrientes - Argentina

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA, Estación Experimental Colonia Benítez del (Chaco, Argentina)

RESUMEN. El objetivo del ensayo fue evaluar el efecto del agregado de urea sobre la degradabilidad de la materia seca en heno de *Chloris gayana* (Gramma Rhodes cv. Callide). El ensayo se realizó desde marzo de 2011 a marzo de 2012 en la Estación Experimental Colonia Benítez del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA (Chaco, Argentina). Muestras del material del vegetal fueron deshidratadas y luego amonificadas con diferentes porcentajes de urea (0; 2; 4; 6%). Luego, según la técnica de suspensión "in situ" fueron introducidas en el rumen de dos novillos cruza cebú de 3,5 años de edad y 420 kg de peso vivo, a través de una cánula ruminal implantada en la fosa paralumbar izquierda. Para la estimación de la cinética de digestión de la materia seca (MS), se utilizó el modelo propuesto por Orskov et al, 1980. La degradabilidad efectiva se calculó de acuerdo a la ecuación de los mismos autores. La cinética de la degradación de *C.gayana* arrojó diferencias significativas para la degradabilidad ruminal de MS a tasas del 2% ($p=0,010$) y 4% ($p=0,022$), en ambos casos con presentación de efectos lineal. Se concluye que la degradabilidad ruminal de la MS del heno de *C.gayana* mostró cambios con el agregado de urea, en cuanto que registró mayor degradabilidad en aquellos henos que recibieron mayor porcentajes de urea por kg de pasto seco.

Palabras clave: bovino, urea, amonificación, degradabilidad, *Chloris gayana*

ABSTRACT. The objective of this assay was to evaluate the effect of adding urea on the degradability of dry matter in hay *Chloris gayana* (Gramma Rhodes cv. Callide). The trial was conducted from March 2011 to March 2012 at the Colonia Benítez Experimental Station of the National Institute of Agricultural Technology-INTA (Chaco, Argentina). Samples of the plant material were dehydrated and then ammonified with different percentages of urea (0; 2; 4; 6%). Then, according to the "in situ" suspension technique, they were introduced into the rumen of two animals crosses zebu 3.5 year-old and 420 kg live-weight, through a rumen cannula implanted in the left paralumbar fossa. For the estimation of the kinetics of digestion of dry matter (DM), the model proposed by Orskov et al, 1980, was used. The effective degradability was calculated according to the same authors' equation. The degradation kinetics of *C. Gayana* showed significant differences for the ruminal degradability of DM at rates of 2% ($p = 0.010$) and 4% ($p = 0.022$), in both cases with a linear effect presentation. It is concluded that the ruminal degradability of the DM of hay *C. gayana* showed changes with the addition of urea, since it registered greater degradability in those hay that received higher percentages of urea per kg of dry grass.

Keywords: cattle, urea ammoniation, degradability, *Chloris gayana*

doi: 10.18004/compend.cienc.vet.2019.09.02.18-23

Dirección para correspondencia: Dr. Alcides Slanac - Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Veterinarias, Cátedra de Fisiología, Sargento Cabral 2139, Corrientes (3400), Argentina.

E-mail: alslanac@vet.unne.edu.ar

Recibido: 03 de septiembre 2019 / **Aceptado:** 04 de noviembre 2019

INTRODUCCIÓN

Con precipitaciones entre 700 mm (al oeste de la región) y 2000 mm (en algunas zonas de la provincia de Misiones), el nordeste argentino presenta condiciones subtropicales que varían de semiárido a húmedo. En la región chaqueña los suelos son de textura arcillo limosa, con mayor contenido de arena en Corrientes y lateríticos en Misiones. Por otro lado existe una gran amplitud térmica, con temperaturas extremas de más de 40°C en verano y heladas de variada intensidad en la época invernal.

La región subtropical semiárida es una extensa planicie de aproximadamente 36 millones de hectáreas que se ubica en el centro norte del país, el período de lluvias está concentrado en la época estival ya que el 80% de las mismas ocurren entre noviembre y marzo con un balance hídrico deficitario en todos los meses del año en la mayor parte de la región. No sólo existe una gran diferencia normal de las lluvias entre invierno y verano, sino que se manifiestan oscilaciones entre años, lo que ocasiona que algunos sean de extrema sequía y otros de lluvias excepcionales. La limitante más importante para la producción ganadera de esta amplia región, es la baja producción forrajera de los pastizales naturales, en gran parte por su estado de degradación, lo cual implica una baja receptividad en cuanto a carga animal y además impone al ganado restricciones nutricionales que determinan una productividad individual mucho menor de la que potencialmente se podría obtener (1).

Uno de los mayores problemas que afronta la ganadería en épocas frías es la escasez de precipitaciones, lo que limita el crecimiento de pastizales naturales y/o pasturas cultivadas. De esta manera se presenta un déficit en cantidad y calidad de forraje para bovinos y ovinos en pastoreo. Tales forrajes poseen elevado contenido de componentes estructurales de la planta, como celulosa, hemicelulosa y lignina. Sus proporciones relativas dependen de la especie vegetal, estado de madurez, condiciones agroclimáticas y de la parte u órgano de la planta (2). Constituidos mayoritariamente por gramíneas, el heno de los pastizales zonales se caracteriza por sus bajos valores proteicos y escasa digestibilidad, debido a que las plantas en general, y en especial las gramíneas, presentan una importante tendencia a disminuir la digestibilidad de la materia seca producida, en la medida que avanza el estado de madurez, debido a que xilema y esclerénquima, tienen paredes celulares secundarias (de 1 a 3 µm de

espesor), lignificadas, y representan un obstáculo para su degradación en el rumen (3,4,5). La proporción de los tejidos foliares, el espesor de las paredes celulares y el grado de lignificación pueden ser modificados por factores ambientales y el manejo agronómico. Se ha observado que el adelanto de las fechas de siembras (6,14), la fertilización nitrogenada y el adecuado suministro de agua (6,5), tienen una relación positiva con la cantidad de tejidos no lignificados y la digestibilidad de los forrajes. Los tejidos de baja digestibilidad se correlacionan negativamente con los tenores de proteína bruta y digestibilidad y positivamente con tenores de fibra y lignina (7).

El alto contenido de fibra detergente neutro (FDN), sumado a la baja proporción de proteína bruta (PB) del forraje, reducen la digestibilidad y el consumo voluntario. A su vez, la combinación de consumo voluntario y digestibilidad definen precisamente la calidad de un forraje (8).

Una forma de incrementar la disponibilidad y utilización de alimentos en áreas marginales, es el desarrollo de alternativas para utilizar forrajes de baja calidad. La conservación de gramíneas en forma de heno como estrategia para transferir el excedente de forrajes desde la época de lluvia a la época seca, es una práctica común en nuestra región, la cual permite paliar el déficit nutricional normalmente observado en bovinos durante la época seca. Sin embargo, el bajo valor nutricional característico de los henos obtenidos a partir de gramíneas tropicales, tienen alto grado de lignificación y bajo contenido proteico, lo que determina en gran medida los bajos niveles productivos de los sistemas de producción del nordeste argentino durante el invierno (9).

El mejoramiento del valor nutritivo del heno es una preocupación constante, a punto tal que diferentes países estudian métodos físicos, biológicos y químicos que permitan mejorar su aporte de nutrientes, la digestibilidad y el consumo. Algunos investigadores señalan que el propósito fundamental de estos tratamientos es aumentar la solubilidad de la fibra, la lignina y otros componentes estructurales, al romper las uniones que generan cohesión a medida que las pajas maduran (10).

Para mejorar la digestibilidad y el consumo voluntario de los forrajes de baja calidad, existen metodologías que pueden dividirse en dos grupos: las que modifican algunas características del forraje (molido, pelleado) y las que proveen nutrientes

críticos suplementarios, fundamentalmente nitrógeno, que mejora la competencia de microorganismos fibrolíticos a nivel ruminal, tornando más eficiente la utilización de los forrajes de baja calidad (11).

En materiales de alto contenido de fibra, la aplicación de urea puede mejorar la digestibilidad. La magnitud de este efecto puede diferir entre especies (12).

La urea o nitrógeno no proteico es la fuente más común en la alimentación de rumiantes, bajo costo y fácil manejo (12). La urea contiene nitrógeno el cual forma parte de cada célula viva que es esencial para la planta siendo necesaria para la síntesis de clorofila y estar involucrado en el proceso de fotosíntesis (13).

Una fuente de NNP de liberación lenta podría reducir el riesgo de intoxicación causada por la urea y aumentar el espacio para la inclusión de ingredientes en la dieta sustituyendo fuentes de proteína vegetal, las cuales son de costo alto y disponibilidad limitada, mejorando el sincronismo de nutrientes en el rumen sin comprometer el rendimiento animal (14).

Los tratamientos a materiales fibrosos, que adicionan una fuente de amoníaco como son la urea [CO(NH₂)₂] o el gas amoníaco, comúnmente se llama amonificación, es un proceso químico que enriquece aportando nitrógeno no proteico a materiales de baja calidad nutricional, técnica económica de fácil implementación, está diseñada para mejorar la calidad nutricional de los recursos con elevado contenido de pared celular, permite la ruptura de los complejos donde la hemicelulosa y celulosa se hayan fuertemente unida a la lignina, mejorando la degradabilidad de la pared celular (15).

En Argentina el uso de soluciones de urea, a pesar de su accesibilidad y bajo costo, ha quedado restringido a ensayos realizados en centros de investigación y universidades. Quizás las dificultades para lograr uniformidad en el humedecimiento del material, evitar la proliferación de hongos en los henos debido a la elevada humedad (16), abundancia de bacterias nitrificantes, pH, el suministro de O₂, contenido de agua, temperatura, estación del año, contenido de materia orgánica, rastros de cultivo, disponibilidad de calcio y fosfatos, entre otros (17), o la ausencia de un paquete

tecnológico de fácil aplicación para los productores, hayan ocasionado la baja utilización de tan prometedora práctica para los sistemas de producción de rumiantes.

La amonificación es el proceso por el cual el amoníaco es convertido en amonio por acción de bacterias (*Bacillus*, *Clostridium*, *Serratia*) u hongos (*Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*). Es la estrategia que aprovecha el efecto hidrolizante del amoníaco sobre los enlaces existentes entre la lignina y los polisacáridos estructurales (celulosa, hemicelulosa, pectinas), aumentando la disponibilidad de materia orgánica potencialmente utilizable por los microorganismos ruminales (18). Además produce un incremento del contenido de PB como consecuencia de la fijación del NH₃ a tejidos vegetales.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del agregado de urea sobre la degradabilidad de la materia seca en heno de *Chloris gayana* (Gramma Rhodes cv. Callide).

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se llevaron a cabo en la Estación Experimental Colonia Benítez del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Provincia del Chaco, Argentina.

Las muestras del material vegetal fueron obtenidas por corte manual, a 25 cm del suelo e inmediatamente deshidratadas por exposición solar durante cuatro días. Luego se colocaron en bolsas de polietileno, fueron pesadas (peso húmedo) y luego introducidas en bolsas de papel para su desecación en estufa (72 horas a 65°C con circulación forzada de aire).

Finalizada esta etapa se pesó nuevamente la muestra y se estimó el porcentaje de MS por diferencia de peso antes y después de la colocación en estufa, tras haber registrado al menos tres pesajes constantes. Posteriormente se efectuó la amonificación, del heno para la cual fue adicionado con urea y asignado a los siguientes tratamientos un control (0 %: sin la adición de urea) y porcentajes crecientes de urea a razón de 20 (2 %), 40 (4 %) y 60 (6 %) g por cada kg de pasto seco. Se llenaron bolsas plásticas con el heno cortado hasta formar una capa de 25 mm de grosor rociada uniformemente con la mezcla urea-agua. Las bolsas fueron cerradas herméticamente. Transcurrido 45 días de

almacenamiento se procedió al secado y molienda de las muestras, para obtener un tamaño de partículas no mayor de 1 mm y así favorecer su digestión ruminal.

Se utilizaron 2 novillos cruza cebú de 3,5 años de edad y 420 kg de peso, provistos de cánula ruminal implantada en la fosa paralumbar izquierda. Los animales poseían similares características fenotípicas y estaban clínicamente sanos, vacunados y desparasitados acorde al manejo sanitario habitual. Fueron mantenidos con pastura natural (*Dichanthium caricosum* con 8,22 % PB y una digestibilidad de la materia orgánica del 57,17 %), y un suplemento mineral (12% Ca, 8% P y microelementos vehiculizados en sal común) dispuestos a voluntad en bateas.

Se utilizó la técnica de "suspensión in situ" de bolsas de dacrón de 9,5 x 18 cm con una porosidad de 50 µm, con el sustrato (pasto) en su interior (19). Se colocaron aproximadamente 5 g de material seco del heno según tratamiento en cada bolsa. Dichas bolsas (8 por tratamiento), se colocaron en el rumen. Previamente se las sumergió en un recipiente con agua a temperatura ambiente durante 15 min para que adquieran humedad, luego fueron introducidas en cada animal por duplicado secuencialmente a las 96; 72; 48; 24; 12; 6; y 3 horas, y retiradas a un mismo tiempo e introducidas nuevamente en recipiente con agua bien fría (4 °C), para detener la actividad bacteriana. Las bolsas correspondientes a la hora 0, no ingresaron al rumen pero sufrieron el mismo tratamiento que las demás bolsas.

Para la estimación de la cinética de digestión de MS se utilizó el modelo propuesto por Orskov et al, 1980 (19): $p = a + b(1 - e^{-ct})$, donde p: degradabilidad de la MS al tiempo t; a: fracción de la MS rápidamente disponible (FRDMS); b: fracción degradable (FDMS); t: tiempo de incubación y c: tasa de degradación de la MS. Se calculó además la degradabilidad efectiva de acuerdo a la ecuación de los mismos autores $p = a + [(b*c) / (c + kp)]$ donde p es la degradabilidad efectiva (DE %), a, b y c son los mismos de la ecuación anterior y kp es la tasa de pasaje, ritmo fraccional del pasaje desde el rumen (asumido como una constante a una velocidad de 0,02 y 0,04 por hora, su valor fue seleccionado de acuerdo con la retención promedio en este tipo de dieta. Los parámetros a, b y c de este modelo fueron obtenidos por regresión no lineal usando el procedimiento (NLIN) del paquete estadístico SAS 2010 (20).

Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado donde se observó el efecto del tratamiento sobre el heno. Se estimó la varianza de los parámetros de degradación a, b, c, la degradación efectiva (sumatoria de a + b) y la tasa de degradación (kd). Se analizó el efecto del porcentaje de urea sobre la degradabilidad mediante análisis de varianza (ANOVA, procedimiento de modelos lineales generales GLM del paquete estadístico SAS). Para la comparación de medias se efectuó test de Tukey. Se estipuló un riesgo alfa de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar los resultados obtenidos de la cinética de degradabilidad ruminal de la materia seca de *C. gayana*, (Grana Rhodes cv Callide) (Tabla 1), se observa diferencias en los distintos porcentajes de urea (0, 2, 4, 6 %), para la tasa de degradación de b (fracción c) con una probabilidad de tratamiento de 0,016, también resultaron ser diferentes la degradabilidad ruminal a tasas del 2 y 4 % ($p = 0,010$ y $0,022$ respectivamente) y la degradabilidad potencial ($p = 0,016$), todas estas variables presentaron un efecto lineal. En la degradación según tiempo de incubación en el rumen y proporción de urea, (Tabla 2), reveló una tendencia a ser estadísticamente diferente a la 0 horas ($p = 0,087$), mientras que en la bolsa introducida a las 96 horas mostró diferencias estadísticas significativas ($p = 0,027$), ambos respondieron a un efecto lineal.

Tabla 1. Degradabilidad ruminal de MS de *C. gayana* a diferentes porcentajes de tratamientos con urea.

Parámetro	Tratamiento (% de urea)				EE	p
	0%	2%	4%	6%		
a (%)	27,66	37,66	38,60	50,88	5,00	0,160
b (%)	12,85	18,22	14,83	16,53	5,32	0,900
c (%)	59,50	44,11	46,57	32,58	2,42	*0,016
kd (%)	0,065	0,053	0,112	0,064	0,03	0,536
lag (hora)	3,825	2,422	2,415	3,716	1,26	0,773
DR (%) 2	37,58	46,45	50,19	62,61	1,87	*0,010
DR (%) 4	35,75	43,70	48,23	60,20	2,50	*0,022
DE (%)	40,51	55,88	53,43	67,41	2,42	*0,016

EE: error estándar; p: probabilidad; a: fracción soluble; b: fracción de degradación lenta; c: tasa de degradación de b; kd: tasa de degradación; lag: tiempo de inicio de la degradación; DR: degradación ruminal; DE: degradabilidad efectiva. *; $p < 0,05$

Algunos autores (15, 17) postulan que, los tratamientos alcalinos favorecerían la solubilización de la hemicelulosa. Lo que provocaría una reducción de las porciones estructurales por efecto del tratamiento. Al tratar bagazo de caña con urea (21),

no encontraron cambios significativos en FDN, aunque si se observaron con la aplicación de NaOH (16). En coincidencia con otros reportes, el contenido de lignina no parece modificarse como consecuencia de la amonificación (17).

Tabla 2. Degradabilidad ruminal de MS de *C. gayana*

h	Tratamiento (% de urea)				EE	p
	0%	2%	4%	6%		
0	27,39	38,13	39,85	51,61	4,04	0,087
3	28,32	37,09	37,28	50,16	6,09	0,270
6	31,57	37,12	36,77	51,49	5,33	0,230
9	24,63	38,37	41,80	48,37	6,32	0,235
24	38,10	46,58	54,26	61,50	4,67	0,120
48	41,47	48,96	55,99	69,50	7,11	0,209
72	46,30	47,40	50,11	61,62	5,66	0,365
96	33,37	56,03	54,19	69,01	3,83	*0,027

h: horas de incubación; EE: error estándar; p: probabilidad.*; $p < 0,05$

En contraposición con investigaciones que demuestran que la amonificación provoca disminución de FDN y aumento del valor nutritivo del pasto estrella (18), en el presente trabajo la respuesta no fue clara con respecto a la utilidad de la urea para mejorar la digestibilidad de la MS. Probablemente podrían obtenerse resultados más claros realizando ensayos que incluyan determinaciones de lignina FDN, FDA, NIDA.

Las diferencias estadísticas en la degradabilidad ruminal a distintas tasas de pasaje ($p = 0,010$ al 2% y $0,022$ al 4%), indican que en el 6% de inclusión de urea fue donde se observó el valor más alto de degradabilidad. Estos resultados se contraponen con los reportados tanto para tratamientos de amonificación a partir de NH_3 anhidro gaseoso (22, 23) como para los basados en la hidrólisis de urea (24, 25), posiblemente por los porcentajes de urea utilizados, como así también los factores ambientales.

Los resultados aquí obtenidos difieren con los reportados al evaluar el valor nutritivo, el contenido de pared celular y la digestibilidad ruminal del heno de pasto estrella amonificado (26) y también con los obtenidos en ensayos con otras pasturas, al evaluar métodos de amonificación sobre el valor nutritivo de paja de trigo (27), la composición química del heno de paja de arroz tratado con urea (28), y el efecto de la amonificación con urea sobre los componentes estructurales de la pared celular del heno de *Brachiaria humidicola* (29), diferencias que podrían deberse a la especie y la edad, de la pastura utilizada.

CONCLUSIÓN

En conclusión, se infiere que la degradabilidad ruminal de la MS del heno de *C. gayana* sufre variaciones significativas con el agregado de urea, bajo las condiciones en que se realizó el presente ensayo. El uso de urea como tratamiento para mejorar la digestibilidad de la MS de *C. gayana*, se comportó en la forma esperada incrementando la degradación efectiva, a medida que el porcentaje administrado fue mayor. La amonificación con 60 g de urea favorece una mayor degradabilidad por lo que este tratamiento mejoraría la digestibilidad de la MS.

BIBLIOGRAFÍA

1. Pueyo JD, Nenning FR. Siembras de primavera de Forrajes Tropicales. Revista Producir. 2011; 239: 12-19.
2. Van Soest PV. Nutritional ecology of the ruminant. New York, Estados Unidos: Cornell Univ. Press, Ithaca; 1994.
3. Mitchell R, Fritz J, Moore K, Moser L, Vogel K, Redfearn D, Wester D. Predicting forage quality in Switchgrass and Big Bluestem. Agron J. 2001; 93: 118-124.
4. Coleman SW, Moore JE. Feed quality and animal performance. Field Crops Res. 2003; 84: 17-29.
5. Martínez EV, Slanac AL, Kucseva CD. Resultados de la amonificación con urea sobre la degradabilidad ruminal de *Hemarthria altissima* y *Cynodon nlemfuensis* en bovinos. Rev. Vet 2016; 27 (2): 93-97.
6. Reis RA, Andrade P, Rosa B, Alcalde CR, Jobim CC. Efeito da suplementação protéica sobre o valor nutritivo da palha de aveia preta tratada com amonia. Rev Soc Bras Zoot. 1995; 24: 233-241.
7. Arelovich HM, Laborde HE, Arzadún MJ, Vasquez MG. Influence of hay quality and pasture location on performance of beef cattle grazing oats. Spanish J Agric Res. 2004; 2: 53-61.
8. Míccoli FE, Arelovich HM, Bravo RD, Martínez MF. Cinética de degradación ruminal en forrajes de alta fibra tratados con urea. Revista Argentina de Producción Animal; 32 (Supl. 2012. 1): 121-205.
9. Castañeda-Serrano RD, Ferriani-Branco A, Teixeira S, Garcia-Diaz T, Altair Diego-Sofiati AD. Urea de liberación lenta en dietas para bovinos productores de carne: digestibilidad, síntesis microbiana y cinética ruminal. Agrociencia 2013; 47 (1): 13-24.
10. Almora A, Huntington GB, Burns JC. Effects of supplemental urea sources and feeding frequency on ruminal fermentation, fiber digestion, and nitrogen balance in beef steers. Animal Feed Science and Technology 2012; 171(2-4), 136-145.

11. Souza VL, Almeida DFF, Silva PRB, Piekarski CPJ, Pereira MN. Substituição parcial de farelo de soja por ureia protegida na produção e composição do leite. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2010; 62: 1415-1422.
12. Briceño A, Ojoda Á. Efecto de diferentes proporciones de recursos fibrosos tratados y sin tratar con urea sobre la producción de gas y degradabilidad in vitro. *Rev. Fac. Agron. (UCV)* 2011; 37(1): 11-18. (en línea) (Acceso 23 de agosto del 2019) Disponible en: http://www.revistaagronomiaucv.org.ve/revista/articulos/2011-37_-1-2.pdf
13. Orskov ER, Hovell FD, Mould F. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para evaluación de los alimentos. *Prod Anim Trop.* 1980; 5: 195-213.
14. SAS Institute Inc. Guide for personal computers, Version 9.2, SAS Edition, Cary, North Carolina (USA): editorial; 2010.
15. Ventura M, Barrios A, Morales I, Toro C, Barreto K, Noguera F. Efecto de la amonificación seca sobre el valor nutricional de la soca de sorgo. *Rev Científ (Fac Agron Univ Zulia, Maracaibo, Venezuela).* 2002; 12: 513-516.
16. Elizondo EI. Evaluación de tratamientos alcalinos sobre calidad nutricional de subproductos lignocelulósicos. Tesis (Doctorado). México: Universidad de Colima; 1998.
17. Souza O, Cañete M, Guia LE. Efecto del tratamiento sobre el valor nutritivo de la paja tratada con urea. *Arch Zoot.* 2001; 50: 343-353.
18. Bernardis AC, Roig C, Balbuena O, Fernández JA. Respuesta de la fertilización nitrogenada en la producción y calidad en *Hemarthria altissima*. Argentina: UNNE; 2000. (Consultado el 20 de agosto del 2019). Disponible en: www.iaea.unne.edu.ar.
19. Lalman D, Horn G, Huhnke R, Redmon LA. Ammoniation of low quality roughages, Publ. Oklahoma State University, 2006. PSS-2243, 6 p.
20. Makkar HP, Singh B. Kinetics of urea hydrolysis and binding of ammonia to wheat straw during ammoniation by urea. *J Dairy Sci.* 1987; 70: 1313-1317.
21. Mann ME, Cohen RD, Kerman JA, Nicholson HH, Christensen DA, Smart ME. The feeding value of ammoniated flox straw, wheat straw and wheat chaff for beef cattle. *Anim Feed Sci Tech.* 1988; 21: 57-66.
22. Souza O, Cañete M, Guia LE. Efecto del tratamiento sobre el valor nutritivo de la paja tratada con urea. *Arch Zoot.* 2001; 50: 343-353.
23. Villarreal CM. Efecto de la fertilización nitrogenada y la edad de rebrote sobre la producción y algunas características nutricionales del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica: Univ. Costa Rica; 1985.
24. Bravo RD, Arelovich HM, Storm AC, Martínez MF, Amela MI. Evaluación de métodos de amonificación mediante hidrólisis de urea sobre el valor nutritivo de paja de trigo. *Rev Arg Prod Anim.* 2008; 28: 179-191.
25. Godoy S, Chicco CF. Utilización de la paja de arroz con y sin amonificación en la alimentación de bovinos de carne. *Zoot Trop.* 1997; 15: 30-50.
26. Rodríguez RN, Araujo FO, González B, Santos R. Efecto de la amonificación con urea sobre el pH y la presencia de microorganismos en heno de *Brachiaria humidicola*. *Rev Científ Univ Táchira.* 2002; XII: 2.
27. Bravo RD, Arelovich HM, Storm AC, Martínez MF, Amela MI. Evaluación de métodos de amonificación mediante hidrólisis de urea sobre el valor nutritivo de paja de trigo. *Rev Arg Prod Anim* 2008; 28: 179-191.
28. Godoy S, Chicco CF. Utilización de la paja de arroz con y sin amonificación en la alimentación de bovinos de carne. *Zoot Trop* 1997; 15: 30-50.
29. Rodríguez RN, Araujo FO, González B, Santos R. Efecto de la amonificación con urea sobre el pH y la presencia de microorganismos en heno de *Brachiaria humidicola*. *Rev Científ Univ Táchira (Venezuela)* 2002; XII: 2.