

Capítulo XXVI

Uso de nitrógeno no proteico como estrategia de suplementación en Ganadería Doble Propósito

Miguel Á. López Gutiérrez

En Venezuela, por sus condiciones tropicales, el ganado bovino es manejado, de manera general, bajo pastoreo de gramíneas de mediana a baja calidad, situación que obliga al productor a buscar otras fuentes de nutrientes para mejorar la alimentación de sus rebaños. Es muy común encontrar valores inferiores a 7% de proteína cruda en los pastos y forrajes tropicales durante el año, especialmente durante el verano, situación que afecta de forma negativa las funciones productivas y reproductivas de los animales. La flora microbiana del rumen requiere como mínimo 1% de nitrógeno en la dieta para que exista una digestión adecuada de la fibra (Duque *et al.*, 2009).

En general, los forrajes tropicales son deficientes en muchos nutrientes esenciales para una fermentación ruminal adecuada, especialmente nitrógeno (N), fósforo, sodio, calcio y azufre. Esto conlleva a que los rumiantes alimentados con forrajes y/o pastos como única fuente de nutrientes presenten múltiples deficiencias, especialmente proteicas. Sin embargo, estas carencias pueden ser reducidas de varias formas: aplicando fertilizantes nitrogenados a los potreros, introduciendo leguminosas, utilizando bancos de proteínas y/o suministrando fuentes de nitrógeno no proteico (NNP) a los animales.

Ante el reto que representa el aumento de precios y el alza a nivel mundial de la demanda de materias primas proteicas, el objetivo del presente capítulo es resaltar las potencialidades de las fuentes nitrogenadas no proteicas, para cubrir las necesidades de los rumiantes en el trópico.

BREVE RESUMEN HISTÓRICO

A finales de los años 30 y principios de los 40 del pasado siglo, las investigaciones sobre el uso de los compuestos nitrogenados no proteicos en la alimentación de los rumiantes, indicaron que estos podían satisfacer las necesidades de N de los animales a partir de dichos productos. Es gracias a su capacidad de conversión en proteína por los microorganismos del rumen, que la proteína microbiana sintetizada tenía un valor biológico similar o superior al de la proteína vegetal y que el NNP era mejor utilizado

cuando las dietas eran deficientes en proteína verdadera, aunque con suficientes carbohidratos disponibles (Martínez, 2009). A pesar de que en un inicio se probaron numerosos productos, la urea se impuso a partir de la década de 1940, extendiéndose su utilización en la alimentación de los rumiantes debido a la escasez de materias primas proteicas por causa de la II guerra mundial, lo que permitió que en las décadas siguientes se redujera notablemente la utilización de la harina de soya en las dietas (Borsting *et al.*, 2003).

FUENTES DE NITRÓGENO NO PROTEICO

La mayoría de las sales de amonio y los co-productos obtenidos por fermentación para la fabricación del ácido L-glutámico, de la L-metionina o de la L-lisina, se consideran materias primas para la fabricación de alimentos, mientras que la urea y sus derivados se consideran aditivos nutricionales (Reynolds & Kristensen, 2008). El uso de la urea $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ está autorizada en rumiantes y es la fuente de NNP más aplicada en condiciones prácticas. Este producto comercial tiene una concentración de N del 46% (287,5% equivalente proteico), sin embargo, su exceso (más de 200 g/d en vacas de 500 kg o más del 1% de la MS ingerida ó del 25% del N total de la dieta) puede provocar toxicidad y reducir la palatabilidad de la ración (MacDonald *et al.*, 2006). En la actualidad, existen productos comerciales de urea recubierta con una matriz orgánica que permite su liberación lenta a nivel ruminal, equilibrando las raciones en N y reduciendo el riesgo de toxicidad (Taylor-Edwards *et al.*, 2009).

Otros aditivos derivados de la urea y utilizados en alimentación de rumiantes son el biuret $[\text{CONH}_2)_2\text{-NH}]$, con un contenido en N del 40,4% (equivalente proteico del 252%), el fosfato de urea $[(\text{CONH}_2)_2\text{-H}_3\text{PO}_4]$ con un contenido en P del 19% y de N del 17,3%, y el diureidoisobutano $(\text{C}_6\text{N}_{14}\text{N}_4\text{O}_2)$, con un contenido en N del 31,7% (Shultz, *et al.*, 1974). El cloruro de amonio (NH_4Cl) es una materia prima en la alimentación animal con ciertos problemas legales en la Unión Europea (UE), donde su uso se encuentra limitado de acuerdo con la especie y con el objetivo de su aplicación. En rumiantes, especialmente en corderos de ceba, el NH_4Cl es muy eficaz a dosis del 0,3 al 0,6% para evitar los problemas de cálculos urinarios originados por el suministro de dietas muy concentradas, ricas en P, pobres en Ca y con un equilibrio electrolítico inadecuado (Pick, 2011). Su contenido en Cl es del 65,5% y en N del 26,2% (Shultz *et al.*, 1974).

Otras materias primas ricas en NNP y de posible uso en alimentos concentrados son las soluciones líquidas de acetato de amonio y sulfato de amonio. Estos productos están poco disponibles en el mercado y además de forma irregular, por lo que su utilización práctica es reducida (Shultz, *et al.*, 2002). La cama de pollos y las excretas de gallinas ponedoras son también fuentes de nitrógeno no proteico (Saddy *et al.*, 2002), siendo subproductos de la industria avícola, cuya utilización se ha generalizado en los sistemas de levante y ceba ubicados en las cercanías de las explotaciones de aves de engorde y postura. A pesar de constituir una fuente con alta concentración de nitrógeno no proteico y otros elementos, también tiene un alto contenido de fibra y un bajo valor energético.

MECANISMO DE UTILIZACIÓN DE LA UREA

En el rumen, la urea rápidamente se hidroliza formando amoníaco (NH_3) por acción de la ureasa bacteriana; luego las bacterias utilizan el NH_3 para la síntesis de los aminoácidos necesarios para su crecimiento. Los grupos amino también se forman a partir de los aminoácidos y de las proteínas intactas y las bacterias los utilizan de igual manera. La síntesis de la proteína bacteriana a nivel ruminal se encuentra asociada muy estrechamente a la actividad de esos mismos microorganismos en el desdoblamiento de la celulosa y de otros carbohidratos, al igual que en la formación de ácidos orgánicos como productos secundarios de este proceso de fermentación (Church & Pond, 1977). La solubilidad de las proteínas naturales varían considerablemente y, por lo tanto, la velocidad con que las bacterias las hidrolizan y utilizan difiere de manera apreciable.

Hay evidencias de que las proteínas de alta solubilidad, como la caseína, llegan a ser utilizadas por las bacterias de la misma forma que el amoníaco procedente de la urea. En las proteínas de baja solubilidad, como la zeína, el proceso de liberación del NH_3 es mucho más lento y pueden pasar proporciones altas de la proteína a través del rumen hasta el abomaso sin degradarse (proteína sobrepasante). Cuando la concentración de amoníaco en el rumen es muy elevada, se absorben cantidades apreciables directamente a través del epitelio ruminal y se llevan al hígado donde se reconvierten en urea, se excretan por los riñones en la orina y de este modo, se producen pérdidas nitrogenadas. Sin embargo, siempre hay una pequeña cantidad de urea en la corriente sanguínea y en otros líquidos del organismo, que llega hasta la saliva y recircula hasta el rumen. Cierta cantidad de urea pasa al rumen directamente desde la sangre circulante a través de su pared (MacDonald *et al.*, 2006).

MANERAS DE SUMINISTRAR LA UREA AL GANADO

Garriz & López (2002) sugieren que la urea puede ser suministrada de las maneras siguientes:

- **Ensilaje de gramíneas.** Para este fin se pueden agregar entre 5 y 6 kg de urea (0,5% sobre base húmeda) por tonelada de material ensilado, en el momento de llenar el silo y previamente disuelto en 20 kg de melaza. Para este procedimiento, aunque resulte más costoso, se prefiere utilizar el biuret para más seguridad.
- **Concentrados comerciales.** En la elaboración de los alimentos comerciales balanceados puede ser incluido hasta el 3% de urea. El fin principal de su uso es disminuir en gran parte la utilización de proteína en su preparación, tanto de origen animal como vegetal, que son más costosas.
- **Mezclas sólidas.** Es una práctica de administrar urea acompañada de sales minerales y sal común, representando una manera de disminuir las deficiencias minerales y de nitrógeno a la flora microbiana del rumen. Este tipo de suplementación ha sido usado en otros países, variando considerablemente sus porcentajes y logrando usarse hasta el 45% de urea.
- **Mezclas semisólidas.** Este tipo de suplemento combina urea, melaza, harina de maíz, sal común y harinas de origen animal para suministrar proteínas, energía

y minerales a los animales. La textura de la mezcla juega un papel muy importante en su consumo, ya que mientras más pastosa sea la mezcla (conteniendo menos melaza), podría ser suministrada a terneros de 7 meses de edad, sin problemas de sobreconsumo. La urea en este tipo de mezcla puede alcanzar hasta el 10%.

- **Mezclas líquidas.** Este tipo de mezcla incluye hasta el 10% de urea, en melaza, pero requiere de mayor atención durante el período de adaptación del ganado. Se recomienda disolver la urea en agua antes de mezclarla con la melaza, con el fin de homogeneizar la solución. También se pueden incluir otros ingredientes como sal común, sales minerales y flor de azufre. Para evitar consumos exagerados por los animales, se recomienda usar un rodillo de madera que gire sobre una varilla metálica que servirá como eje, cubriendo la mayor parte del recipiente con la mezcla. Los suplementos líquidos son baratos y disminuyen los desperdicios.
- **Bloques multinutricionales.** Constituyen la forma más segura de suministrar urea a los rumiantes en condiciones de campo. Son un producto alimenticio que posee los nutrientes básicos que el animal necesita, siendo mezclados, compactados y presentados en forma cúbica o cilíndrica, con un peso que oscila entre 10 y 50 kg. La concentración de urea puede alcanzar hasta el 15%. También deben protegerse de las lluvias, para evitar que pierdan textura y que los animales consuman cantidades tóxicas de urea.
- **Agregada a forrajes maduros.** En este caso se recomienda utilizar urea al 5% y aplicar 15 litros de solución por cada 100 kg de forraje, debiendo a continuación mantenerlo cubierto con plástico o bolsas de plástico durante 48 horas. En estos casos, es posible utilizar una urea de categoría fertilizante, que es más barata, siempre que se añada en forma de suspensión o de mezcla en la melaza.
- **Agregada a forrajes verdes.** Para este fin se utiliza la caña de azúcar o pasto de corte picado, empleándose hasta 800 g de urea por cada 100 kg de material verde. Se requiere incrementar la urea de manera paulatina, a partir de 200 g durante la primera semana.
- **Rociada en potreros.** Esta técnica es oriunda de Sud África. El animal aprovecha el nitrógeno incorporado en los potreros de pasto seco durante el verano. La mezcla rociada consiste en urea al 8% en melaza. Se utiliza poco por su elevado costo y por su gran desperdicio.

EFFECTOS DEL NNP SOBRE EL CONSUMO VOLUNTARIO Y EL COMPORTAMIENTO ANIMAL

Diferentes estudios han evaluado el efecto del NNP sobre el consumo voluntario y los resultados han sido variados. Lee *et al.* (2000) adicionaron urea (3,7% de la MS) a una dieta (16% de proteína cruda, PC) de silaje y grano de maíz (46,4 y 36,1% de la MS, respectivamente) con un potencial de fermentación de la urea (UFP) de +5; además, encontraron que la urea afectó de manera negativa el consumo pero no la digestibilidad de la materia seca, en comparación con los animales suplementados con

harina de soya, concluyendo que la disminución en el consumo se debió a una menor palatabilidad.

Sin embargo, Moss (2000) suplementó dietas para novillos con un 1,2% de urea (15,2% de PC), observando que el consumo fue similar al de los animales suplementados con harina de soya. En apariencia, la eficiencia de la suplementación con NNP es limitada por varios factores, entre ellos, el porcentaje de PC degradable en la dieta basal. En esta evaluación, el UFP de la dieta base fue menor a cero (-1,14), lo que indica que el consumo podría afectarse de forma negativa si se adiciona NNP a dietas que posean un UFP mayor a cero. UFP es la relación entre la proteína de la dieta degradada en el rumen y los nutrientes digestibles totales (NDT) que son transformados en proteína bacteriana; UFP expresa el exceso (valor positivo) o el déficit (valor negativo) de nitrógeno requerido para alcanzar el equilibrio en la cantidad de urea (gr) por kg de dieta).

Galvis *et al.* (2011) midieron el efecto en vacas lecheras al suplementar dietas con urea (2,2% y 2,7% de la MS), observando una disminución en la producción láctea como consecuencia de un menor consumo y concluyendo que niveles de urea, mayores al 1% de la MS de la dieta afectan negativamente el consumo. Sin embargo, Alcáráz *et al.* (2001) mostraron que dietas de silo de maíz para vacas lecheras, con adición de urea a niveles del 2 al 3% de la MS no disminuyeron el consumo voluntario total comparado con la suplementación con harina de soya; este efecto sobre el consumo se atribuyó a la manera en la cual las vacas fueron gradualmente adaptadas a la dieta con alto contenido de urea. Betancur & Trujillo (2004) concluyen que los valores de nitrógeno aportados por la urea pueden incrementarse hasta 25-30% del nitrógeno total de la dieta (grano o silaje de maíz) de vacas lecheras. Con estos niveles de urea (equivalentes a 2,5% sobre la MS) en dietas de silaje de maíz se obtuvieron producciones y consumos similares a los de la dieta control suplementada con harina de soya.

Stanton & Whittier (2006) evaluaron el efecto de tres niveles de urea sobre el consumo y la digestibilidad en bovinos consumiendo forrajes de baja calidad (entre 3 y 5% de PC) y observaron que el efecto de la urea sobre el consumo fue más marcado que sobre la digestibilidad, a pesar de que esta última también aumentó, detectando un incremento lineal a medida que aumento la adición de urea. De acuerdo a los autores, el incremento en consumo se debe al aumento en la velocidad de paso de la ingesta y que la falta de apetito es el primer síntoma de la deficiencia proteica, mientras que la suplementación nitrogenada suele estimular el consumo de forrajes de baja calidad. De igual manera, Manella (2008) suplementó con niveles crecientes de urea a novillos alimentados con forraje de bajo contenido proteico. Los resultados presentados en el Cuadro 1, muestran los mejores resultados obtenidos usando un máximo de urea del 1% de la MS de la dieta total.

Por su parte, Neumann *et al.* (2004) evaluaron en terneros (188 kg promedio) alimentados con una dieta base de silaje de maíz y suplementados con dos fuentes proteicas; en un período 1, urea (2,9% de la MS) y expeller de girasol (7,2%); luego en un período 2 se suplementaron con una mezcla del expeller de girasol (7,2%) más urea (2,4% de la MS). En el primer período, el consumo voluntario fue superior en los animales suplementados con expeller de girasol; sin embargo, al disminuir el nivel de NNP en la dieta en el segundo período, debido al agregado de expeller de girasol, el

Cuadro 1
Suplementación con niveles crecientes de urea sobre el consumo
y las características del rumen

Urea consumida (g/día)	0	5	20	100
Consumo (g MS/kg PV)	13,2	13,6	15,6	18,1
NH ₃ ruminal (mg/dL)	2,2	3,2	9,2	19,8
DMS (%)	39,0	40,6	41,5	41,8
Tasa de pasaje (%/hora)	1,3	1,3	1,4	1,6

Fuente: Manella (2008).

consumo voluntario aumentó en 15%. Estos resultados ponen en duda el concepto de que al utilizar un nivel superior al 1% de urea en las dietas, se reduzca el consumo. En el segundo período, la combinación de NNP con proteína vegetal posiblemente mejoró la actividad microbiana, pues algunas bacterias crecen mejor o requieren para su crecimiento aminoácidos y péptidos preformados.

Al evaluar dos fuentes de PC (urea *vs* harina de soya) y dos niveles proteicos: 11,5 (0,93% de urea) *vs* 13,5%, en novillos de 335 kg en la fase de ceba (Cuadro 2) se observó que durante los primeros 70 días de alimentación, la ganancia diaria de peso fue mejorada en 8,8% y 6,1%, respectivamente, para los novillos alimentados con harina de soya y urea, respectivamente, sin hallar diferencias entre los mismos (Martínez *et al.*, 2001). Para el período completo de prueba (132 días), los animales alimentados con harina de soya consumieron 3,8% más, comparados con aquellos en dietas suplementadas con urea.

Cuadro 2
Efectos del nivel y la fuente de proteína cruda sobre el consumo y la ganancia
de peso (GDP). Urea y harina de soya en dos niveles proteicos

Variables analizadas	Urea	Urea	H. de Soya	H. de Soya
Proteína de la dieta (%)	11,5	13,5	11,5	13,5
Día (0 a 70)				
CMS, kg	9,87	9,65	10,01	10,04
GDP (kg)	1,65	1,64	1,76	1,85
Día (0 a 132)				
CMS, kg	9,82	9,33	9,88	10,02
GDP (kg)	1,41	1,29	1,47	1,57

Fuente: Martínez *et al.* (2001).

En cuanto a la GDP en estos animales, Oviedo *et al.* (2011) observaron que en las dietas con urea sola (primer período), la proteína pudo haber sido limitante para el crecimiento de los animales, debido a una menor respuesta en las dietas con urea comparada con las dietas conteniendo proteína vegetal. Un factor que con seguridad provocó la menor GDP en esta dieta fue el menor consumo, aunque también pudieron actuar otros factores, entre los que se pueden indicar:

- El exceso de amoníaco generado en el rumen no se reflejó en una mayor síntesis de proteína microbiana (Patiño *et al.*, 2003) y sería eliminado por la orina en forma de urea. Esta transformación requiere energía, lo que se traduce en un mayor costo de mantenimiento por unidad de peso metabólico. Cuando el porcentaje de urea en la dieta fue de 2,4%, la energía de la dieta alcanzó a cubrir ese costo adicional y lograr una mayor GDP; sin embargo, con un 2,9% de urea, el exceso de amoníaco pudo ser mayor y así la energía de la dieta pudo no haber sido suficiente, lo que se tradujo en una menor GDP.
- El desarrollo limitado de la biomasa microbiana ante la falta de aminoácidos preformados en la dieta, habría provocado una menor fermentación ruminal y como consecuencia una menor digestión del silaje de maíz.
- En las dietas donde la única fuente de nitrógeno es el NNP, habría un déficit aminoácidos en animal por una menor síntesis de proteína bacteriana (Oliveira *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

Para lograr una mayor degradación y aprovechamiento de los forrajes, la dieta debe proveer suficiente elementos nitrogenados para mejorar la síntesis de proteína microbiana. Los compuestos de NNP pueden utilizarse satisfactoriamente en rumiantes, como sustituto de las proteínas, en determinada cantidad. En dietas con elevada cantidad de NNP, la retención del N en el animal se correlaciona positivamente con la cantidad de carbohidratos fácilmente fermentables. Al utilizarse fuentes proteicas de fácil degradación en el rumen, es conveniente utilizar fuentes de azúcares (melaza) y/o cereales de elevada fermentación ruminal. La suplementación con fuentes de NNP en cantidades moderadas y en animales que consumen forrajes de baja calidad, estimula el consumo de MS. Su uso representaría una alternativa económica ante la escasez de fuentes proteicas para los rebaños de rumiantes en el trópico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaráz C, Alviar D, Correa H. 2001. Eficiencia en el uso de nitrógeno en vacas lactantes en un hato lechero del oriente antioqueño. *Rev Colomb Cienc Pec* 14: 36-43.
- Betancur JF, Trujillo LG. 2004. Balance de nitrógeno en vacas lecheras de alta producción alimentadas con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y dos niveles de suplementación de proteína no degradable en el rumen. Trabajo de grado de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 30 pp.
- Borsting CF, Kristensen T, Misciattelli L, Hvelplund T, Weisbjerg MR. 2003. Reducing nitrogen surplus from dairy farms. Effects of feeding and management. *Livest Prod Sci* 83: 165-178.
- Church DC, Pond WG. 1977. Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos. Edit, Acribia. Zaragoza, España, 345 pp.
- Duque M, Noguera RR, Restrepo LF. 2009. Efecto de la adición de urea protegida y sin protección sobre la cinética de degradación *in vitro* del pasto estrella (*Cynodon nlemflensis*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). *Livest Res Rural Dev*. 21-58. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd21/4/duqu21058.htm>. Consultado: 03/03/2014.

- Galvis RD, Correa HJ, Barrientos SM, Muñoz Y. 2011. Efecto de Niveles Crecientes de Nitrógeno no Proteico Dietario en Vacas Lactantes sobre las Concentraciones de Metabolitos Nitrogenados en Orina, Sangre y Leche. Rev Fac Nac. Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 64: 6191-6198.
- Garriz M, López L. 2002. Suplementación con nitrógeno no proteico en rumiantes (en línea). Monografía final del curso Nutrición en la Intensificación. Cátedra de Nutrición y Alimentación Animal, Fac Vet Univ Bs. As. Disponible en: http://www.produccion_animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_proteico/07-suplementacion_con_nitrogeno.pdf. Consultado: 02/03/2014.
- Lee SS, Ha JK, CHenG KJ. 2000. Influence of an anaerobic fungal culture administration on in vivo ruminal fermentation and nutrient digestion. Anim Feed Sci Tech 88: 201-212.
- MacDonald P, Edwards RA. Greenhalgh JFD, Morgan CA. 2006. Nutrición animal. Editorial Acribia S.A. 6ta ed. Zaragoza, España. pp 58-521.
- Manella M. 2008. Nitrógeno no proteico para ganado en confinamiento. Producir XXI, Buenos Aires 16: 29-30.
- Martínez AL. 2009. Urea de lenta degradación ruminal como sustituto de proteína vegetal en dietas para rumiantes. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. ISSN: 1695-7504. 10-12 Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121209/120906.pdf>. Consultado: 02/03/2014.
- Martínez M, Bravo J, Betancourt M, Morán V. 2001. Efecto de la suplementación sobre el crecimiento de becerros mestizos en la época seca. Zoot Trop 19: 31-42.
- Moss R. 2000. Dairy replacement heifers growth targest. DPI Notes. Queensland Dept. of Primary Industries: USA.
- Neumann N, Restle J, Filho DC, Pellegrini LG, Souza NA, Kuss F. 2004. Desempenho de bezerros y bezerras de corte em pastagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) associado a diferentes níveis de suplementação. Ciência Rural. 35: 157-163.
- Oliveira JS, Zanini AM, Santos EM. 2007. Fisiologia, manejo e alimentação de bezerros de corte. Arq Ciên Vets Zool 10: 39-48.
- Oviedo C, Pastrana A, Maza L, Salgado R, Vergara O. 2011. Suplementación de terneras lactantes doble propósito en la época seca en el valle medio del Sinú, Colombia. Rev Cient UDCA 14: 57-62.
- Patiño R, Fischer V, Balbinotti M, Moreno B, Ferreira E, Vinhas E, Monks P. 2003. Comportamento ingestivo diurno de novilhos em pastejo submetidos a níveis crescentes de suplementação energética. Rev Bras Zoot 32: 1408-1418.
- Pick, G. 2011. Utilización de nitrógeno no proteico en recría de bovinos. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/utilizacion-nitrogeno-no-proteico-recría-bovinos.pdf>. Accesado: 02/03/2014.
- Reynolds CK, Kristensen NB. 2008. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: an asynchronous symbiosis. J Anim Sci 86: 293-305.
- Saddy J, Combellas J, Tesorero M, Gabaldón L. 2002. Comparación de dos sistemas de alimentación con cama de pollos sobre la ganancia de peso en bovinos. Zoot Trop 20: 111-119.
- Shultz E, Chicco CF, Shultz TA, Garbati ST. 1974. Urea, biuret y su combinación como suplementos de nitrógeno para bovinos. Agron Trop 24: 145-158.

Stanton TL, Whittier J. 2006. Urea and NPN for cattle and sheep. In: Colorado State University Cooperative Extension – Agriculture, Document, 1.608. Disponible en: <http://www.ext.colostate.edu/PUBS/LIVESTK/01608.html>. 3 p.; Consultado: 03/03/2014.

Taylor-Edwards CC, Hibbard G, Kitts SE, McLeod K, Axe DE, Vanzant ES, Kristensen N, Harmon DL. 2009. Effects of slow-release urea on ruminal digesta characteristics and growth performance in beef steers J Anim Sci 87: 200-208.