

# IMPORTANCIA Y USO DEL NITRÓGENO NO PROTEICO Y DE LA UREA

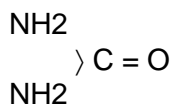
J. K. Loosli y I. W. McDonald. 1969. El nitrógeno no proteico en la nutrición de los rumiantes, FAO, Estudios Agropecuarios, Malta, 75:3-10.

[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Volver a: [Suplementación proteica y con NNP](#)

## BREVE RESUMEN HISTÓRICO

Rouelle descubrió la urea en 1773 y Prout estableció su composición en 1818. De la fórmula



puede calcularse que la urea pura contiene 47 por ciento de nitrógeno, en lugar de 16 % que contienen la mayoría de las proteínas.

La primera síntesis de la urea se debe a Wohler, quien en 1828 evaporó una solución acuosa de cianato de amonio a sequedad. Alrededor de 1880, Weiske y colaboradores, en Alemania, demostraron que, al agregar asparagina a una ración básica de alimento para ovinos, se obtenía una mayor retención de nitrógeno. Esto condujo, en parte, a la hipótesis que formuló Zuntz en 1891: que la microflora del rumen era capaz de desdoblar la celulosa como fuente de energía y convertir el NNP en proteína verdadera. En 1884, Tappeiner, en Alemania, informó que se producían grandes cantidades de ácidos grasos volátiles, especialmente ácido acético, como resultado de la fermentación de carbohidratos dentro del rumen. En 1900, Kellner comunicó que dos ovejas retuvieron un promedio de 0,6 gramo de nitrógeno en una ración básica, en comparación con 2,5 gramos cuando se agregaba acetato de amonio o asparagina al alimento básico. Durante el período de 1904 a 1925, Morgen encontró que la urea podía reemplazar del 30 al 40 % de la proteína en raciones para bovinos y ovinos, y Voltz demostró que se obtenía el crecimiento de corderos sometidos a una dieta de almidón, paja lavada con álcali, minerales y urea. La escasez de proteínas vegetales para piensos durante la primera guerra mundial estimuló las investigaciones sobre la síntesis de la urea y su empleo en alimentos para rumiantes en Alemania; Krebs (1937) revisó en detalle esta labor. No todos los estudios dieron resultados favorables. Al resumir las investigaciones anteriores, Krebs llegó a la conclusión de que subsistían dudas considerables de si los compuestos de NNP podían convertirse en proteína en cantidades significativas para los rumiantes. Se sugirió que la manifiesta acción de ahorro proteico de la urea era el resultado de la neutralización de ácidos orgánicos por el amoníaco en el rumen. Actualmente se ha aclarado que algunos de estos fracasos fueron ocasionados por el hecho de que las raciones administradas fueron con frecuencia demasiado elevadas en proteína verdadera para demostrar un valor correspondiente a la fuente de NNP que se estaba ensayando. Las investigaciones en el Reino Unido y en los Estados Unidos produjeron pruebas a favor de la opinión que sostiene que la urea podía reemplazar con eficacia una parte de la proteína en las raciones para rumiantes. Bartlett y Cotton (1958), en el Reino Unido, informaron que, cuando la urea suplementaba a la proteína en una ración para ganado vacuno joven, se obtenía un crecimiento satisfactorio. Hart y col. (1939) descubrieron que la urea o el bicarbonato de amonio podían reemplazar algunas de las proteínas vegetales para ganado vacuno en crecimiento y producir tejido muscular de contenido proteico normal. Al mismo tiempo, Work y Henke (1939), en Hawaii, demostraron el valor de la urea para las novillas lecheras. Los estudios realizados en vacas en lactación (Archibald, 1943; Owen, Smith y Wright, 1943; Rupel, Bohstedt y Hart, 1943) también mostraron que la urea podía reemplazar una parte de las fuentes proteicas vegetales con un rendimiento satisfactorio de leche en cuanto a cantidad y composición. Una serie de estudios sobre el balance nitrogenado, como los que expuso Reid (1953), dieron la prueba de que el nitrógeno en forma de urea administrado como alimento a los rumiantes quedaba sin duda retenido en el organismo, y que los tejidos de los animales en crecimiento eran de composición normal. Esta demostración ofrecida por diversos grupos de investigadores de que el ganado joven aumentaba de peso corporal mucho más rápidamente, durante un período considerable, cuando se agregaba urea a dietas pobres en proteína, ganado que en otras condiciones no habría obtenido aumento alguno o si acaso muy poco, fue aceptada como prueba contundente de que la urea se utilizaba para el crecimiento. Subsiguientemente, en estudios sobre la digestión se demostró que los suplementos de urea algunas veces aumentaban la digestibilidad de la celulosa y la fibra bruta de raciones hipoproteicas. Los estudios del balance alimentario demostraron que aumentaba la retención del nitrógeno en los animales que ganaban mayor peso con urea suplementaria. Las técnicas de fermentación in vitro y los análisis de la ingesta del rumen fueron útiles para demostrar que, conforme disminuía la urea o el amoníaco, aumentaba el contenido de la proteína

verdadera en el medio de fermentación. Finalmente, los análisis químicos y microbiológicos y el uso de trazadores eliminaron todas las dudas de que el nitrógeno de la urea, en realidad, se convertía en el rumen en aminoácidos y proteína verdadera, que subsiguientemente aparecían en forma de proteínas tisulares y lácteas.

Una escasez aguda de alimentos proteicos vegetales para alimentación del ganado, durante el período bélico inmediatamente posterior a 1940, estimuló el uso muy amplio de la urea en los Estados Unidos para reemplazar a fuentes de proteína en la alimentación práctica de bovinos y ovinos. Su empleo inicial se retrasó temporalmente por la muerte de algunas reses a causa de la toxicidad de la urea, debido a mezclas mecánicas inadecuadas y a la ingestión resultante de un exceso de urea. No fue sino después de 1950 cuando la urea llegó a ser un ingrediente generalmente aceptado de los alimentos para el ganado vacuno, después de amplias investigaciones que demostraron su seguridad y utilidad en muchas clases de raciones.

Schoenemann y Kilian (1960) examinaron detenidamente las investigaciones publicadas en Alemania después del trabajo de revista de Krebs (1937). Llegaron a la conclusión de que el trabajo alemán de la preguerra no demostraba que pudieran utilizarse cantidades considerables de urea, porque los métodos empleados en los experimentos no eran suficientemente buenos para establecer la prueba. Estos autores administraron  $N^{15}$  y mostraron que el 8 % de la dosis se excretaba en la orina. La leche de cabras contenía 15 % de la urea con  $N^{15}$  administrada, lo que mostraba claramente que se utilizaba la urea, de conformidad con datos anteriores (Watson y col., 1949). Ensayaron la administración de urea dos veces al día, cada cuatro horas y también continuamente, a través de una fístula en el rumen, sin encontrar diferencia alguna patente en el índice de crecimiento de corderos.

### IMPORTANCIA DE LA UREA COMO INGREDIENTE DE LOS PIENSOS

Se calcula que la capacidad industrial del mundo para producir urea fue de 1,91 millones de toneladas métricas en 1959. Esta cifra se elevó a 4,82 millones en 1963 y se esperaba que llegase a 9 millones de toneladas métricas hacia 1966 (Hodges, 1965). En 1959, tres cuartas partes de la capacidad productiva dependían de los Estados Unidos y el Japón, y la mayor parte del resto de Europa occidental. Se calcula que para 1970 más del 50 % de toda la capacidad de producción de urea corresponderá a países que no son los Estados Unidos, Japón ni los de Europa occidental.

La mayoría de la urea producida se emplea como fertilizante. El Cuadro 1 muestra la producción total de urea en los Estados Unidos, la cantidad producida para piensos y las importaciones netas. No existen datos precisos sobre la cantidad de urea utilizada como alimento para rumiantes. Además de la producida específicamente para piensos, se utiliza para este fin parte de urea de calidad fertilizante y algo de la urea importada. Hodges calculó que tal vez se hayan empleado hasta 190.900 toneladas métricas para piensos en los Estados Unidos en 1963, y señala que esta cifra podría aumentar a 250.000 toneladas métricas hacia 1970. En el Reino Unido, el consumo calculado de urea como pienso alcanzó la cifra de 1600 toneladas métricas en 1965. No se dispone de cifras correspondientes a otros países, pero se emplean grandes cantidades en la U.R.S.S. y en los países de Europa oriental.

CUADRO 1. - Producción e importación de urea en los Estados Unidos (estimación) (Hodges, 1965).

Año	Producción nacional		Importaciones netas <sup>1</sup>
	Total	Piensos	
Miles de toneladas métricas			
1958	428,3	68,0	--
1959	573,2	77,3	--
1960	667,7	86,4	14,3
1961	837,9	92,3	31,5
1962	918,1	101,3	92,1
1963	992,1	114,9	151,0
1964	--	--	212,8
1 importaciones menos exportaciones.			

### COMPUESTOS NITROGENADOS NO PROTEICOS QUE SE EMPLEAN EN PIENSOS PARA RUMIANTES

Se han estudiado diversos compuestos de NNP como ingredientes de alimentos para el ganado. Algunos de ellos figuran en el Cuadro 2. Belasco (1954) determinó la disponibilidad del nitrógeno en la mayoría de estos compuestos, para el crecimiento de cultivos mixtos del rumen, utilizando un procedimiento de fermentación in vitro. Todos los compuestos resultaron ser fuentes útiles de nitrógeno, pero ninguno superó a la urea en disponibilidad. Además de los compuestos enumerados, los primeros investigadores alemanes estudiaron

extensamente la asparagina como un ingrediente del alimento para el ganado, y más recientemente se ha ensayado, con algún éxito, el formiato amónico.

CUADRO 2. - Fuentes de nitrógeno no proteico para rumiante

	Fórmula	Contenido de nitrógeno	Equivalente proteico <sup>1</sup>
		Porcentaje	
Acetato amónico	CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> NH <sub>4</sub>	18	112
Bicarbonato amónico	NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	18	112
Carbamato amónico	NH <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> NH <sub>4</sub>	36	225
Lactato amónico	CH <sub>3</sub> CHOHCO <sub>2</sub> NH <sub>4</sub>	13	81
Biuret	NH <sub>2</sub> CONHCONH <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	35	219
Dicianodiamida	NH <sub>2</sub> C:(NH)NHCN	67	419
Glutamina	NH <sub>2</sub> CO(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CHNH <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> H	19	119
Glicina	NH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> H	19	119
Urea - pura	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	46,7	292
Urea - de calidad para piensos <sup>2</sup>	--	42-45	262-281
Harina de semillas oleaginosas <sup>3</sup>	--	5,8-8,0	36-50

1) Nitrógeno x 6.25;  
 2) La urea de calidad para pienso se diluye con cantidades variables de materiales para prevenir la formación de grumos;.  
 3) Comprende semilla de algodón soja, linaza, coco y harinas similares de las que se ha extraído el aceite.

### MECANISMO DE UTILIZACIÓN DE LA UREA

Cuando la urea procedente de los piensos entra en el rumen, rápidamente se disuelve e hidroliza formando amoníaco por acción de la ureasa bacteriana. Luego las bacterias pueden utilizar el amoníaco 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 íntactas, y las bacterias los utilizan de igual manera. La síntesis de la proteína dentro del rumen, que llevan a cabo los microorganismos, se encuentra asociada muy estrechamente a la actividad de esos mismos microorganismos en el desdoblamiento de la celulosa y otros carbohidratos y en la formación de ácidos orgánicos como productos secundarios de este proceso de fermentación. Las solubilidades de las proteínas naturales varían considerablemente y, por tanto, la velocidad con que las bacterias las hidrolizan y utilizan difiere de manera apreciable. Pero hay pruebas de que una proporción bastante alta de las proteínas más solubles, como la caseína, llega a ser utilizada por las bacterias más o menos de la misma forma que el amoníaco procedente de la urea. En las proteínas menos solubles, como la zeína, el proceso de liberación del amoníaco es mucho menos rápido y pueden pasar proporciones bastante grandes de la proteína a través del rumen hasta el cuajar sin degradarse. Cuando se produce amoníaco demasiado rápidamente en el rumen, o cuando la concentración llega a ser demasiado alta, se absorben cantidades apreciables directamente en la corriente sanguínea, se reconvierten en urea en el hígado, se excretan por los riñones en la orina y de este modo las pierde el animal. Sin embargo, siempre hay una pequeña cantidad de urea en la corriente sanguínea y en otros líquidos del organismo. Esta urea llega hasta la saliva y vuelve a entrar en el rumen. Se ha demostrado que la urea pasa al rumen directamente a través de su pared desde la sangre circulante.

Schnidt-Nielsen y col. (1957) observaron que los camellos tenían una capacidad extraordinaria para conservar nitrógeno en condiciones de stress nutricional. Con raciones normales que proporcionaban ampliamente energía, proteína y agua, el 40 % de la urea filtrada en los glomérulos renales se excretaba en la orina, pero, con una ración hipoproteica, sólo se excretaba 1 a 2 % de la urea y el resto volvía al rumen. La capacidad de reciclar y utilizar la urea difiere entre diversas especies de rumiantes. También influyen sobre la respuesta la ingestión de agua y la naturaleza de la ración.

Haupt (1959) empleó un procedimiento en rumen aislado, en ovejas anestesiadas, para demostrar que la urea se secretaba desde el torrente circulatorio al interior del rumen en cantidades unas 15 veces mayores que por conducto de la saliva. Esta secreción o reciclado parece ocurrir en condiciones normales. Se ha pensado que este mecanismo suministra nitrógeno para preservar la población microbiana del rumen cuando la provisión de pienso es limitada o de muy bajo contenido de nitrógeno.

Watson y col. (1949) administraron urea marcada con N<sup>15</sup> a ovejas, dos veces al día, en cápsulas de gelatina inmediatamente antes de la alimentación regular con una ración básica hipoproteica. Se sacrificaron las ovejas después de haberles administrado la urea marcada durante 4 días, y se examinaron su sangre, hígado y riñones para investigar la proteína que contenía N<sup>15</sup>. Como la proteína separada de estos tejidos contenía N<sup>15</sup> en exceso

respecto de la cantidad encontrada en animales testigos, se llegó a la conclusión de que los rumiantes utilizaban la urca para la formación de proteína corporal.

Administrando dietas purificadas a corderos, en las cuales la urea era la única fuente de nitrógeno (Loosli y col., 1949), se demostró que todos los 10 aminoácidos esenciales para el crecimiento se sintetizaban en el rumen. Los corderos aumentaron de peso y produjeron lana normal en cuanto a su composición de aminoácidos. Continuaron con un balance nitrogenado positivo durante varios meses de la prueba.

Virtanen (1966) informó de la producción de más de 4000 kilogramos de leche en un año por vacas alimentadas con dietas en las cuales las únicas fuentes nitrogenadas eran urea y sales amónicas, junto con carbohidratos purificados como fuente energética. La proteína de la leche fue normal en cantidad y composición, como también lo fueron las vitaminas hidrosolubles. Estos estudios y muchos otros no dejan duda sobre la conversión eficaz del nitrógeno de urea en proteínas tisulares y lácteas de los rumiantes.

En los 20 años últimos se han llevado a cabo gran cantidad de estudios in vitro sobre la actividad de la microflora del rumen y la utilización de compuestos de NNP. Doetsch y Robinson (1953) han revisado la bibliografía relacionada con la función de las bacterias específicas del rumen en la síntesis de la proteína. Se han aislado algunos de los diferentes tipos principales de bacterias encontrados en el rumen y se han precisado sus necesidades para el crecimiento. Aunque estos estudios han contribuido en proporción considerable al conocimiento de las reacciones que se efectúan en el proceso de la digestión de los rumiantes, en el presente trabajo no se reseñan sus resultados, porque aquí el interés se concentra sobre todo en el empleo práctico de la urea para alimentar el ganado.

### **VALOR BIOLÓGICO DE LA PROTEÍNA MICROBIANA**

Múltiples experimentos con ganado vacuno y ovino han inducido a pensar que la calidad de la proteína dietética tiene relativamente poca importancia, porque todas las fuentes de nitrógeno se convierten en gran proporción en proteína microbiana en el rumen, y el animal hospedante recibe proteína de calidad más o menos normal independientemente de su dieta. Las investigaciones han demostrado que el valor biológico de las proteínas es mucho menos variable para los rumiantes que para los no rumiantes.

Johnson y col. (1942) encontraron valores biológicos de 60, aproximadamente, en corderos con una dieta al 12 % de proteína, cualquiera que fuese la fuente de la proteína, lo que concordó muy de cerca con los resultados obtenidos por Harris y Mitchell (1941). Los análisis de la proteína bacteriana muestran valores más inferiores para la metionina que los que se encuentran en proteínas alimentarias de alta calidad. Siguiendo la misma línea, Loosli y Harris (1945) observaron que los suplementos de metionina mejoraban el rendimiento de corderos alimentados con dietas que contenían urea, y Lofgreen, Loosli y Maynard (1947) encontraron diferencias significativas en el valor biológico de diferentes proteínas administradas en forma de un 10 % de la dieta a corderos. Cuando la urea proporcionaba el 40 %, de la proteína dietética, el valor biológico de la ración era de 71; con urca + metionina el valor fue de 74, mientras que la proteína de huevo desecado dio 80. Esos resultados y otros confirman la opinión de que los microorganismos del rumen convierten la urea en proteína de calidad suficientemente alta para sostener una producción eficaz.

La proteína microbiana suele tener un valor biológico de 60 a 70. Cuando se administran raciones mixtas o proteínas específicas de valor biológico más alto, las bacterias muestran tendencia a degradar su valor. Cuando se administra proteína de baja calidad, como la del maíz, aumenta su valor por la microflora del rumen. Aunque existe una posibilidad de que los suplementos de aminoácidos de raciones prácticas puedan resultar beneficiosos en lo futuro para obtener los niveles más altos de producción de leche o los índices máximos de ganancia de peso con ganado vacuno de carne, los resultados de las investigaciones no han demostrado hasta la fecha el valor de dichos suplementos.

[Volver a: Suplementación proteica y con NNP](#)