

# EL USO DE NITRÓGENO NO PROTEICO (NNP) EN LA ALIMENTACIÓN BOVINA

Arthur A. Owen B.\*

## RESUMEN

**E**n este trabajo se hace un breve recuento del metabolismo del nitrógeno de los microorganismos del rumen, la interacción (simbiosis) entre éstos y el animal en sí, con mutuos beneficios. Además, se toca el tema de la concentración de amoníaco en el líquido ruminal, los factores que la afectan y el modo de medirlo, la degradación de las proteínas, "proteína sobrepasante", y la velocidad de degradación de las distintas fuentes de nitrógeno, uso técnico de la urea, y se ofrecen las recomendaciones pertinentes.

## INTRODUCCIÓN

De una u otra manera, seguramente todos los presentes han oído decir que el nitrógeno permite reducir o reemplazar el uso de las tortas de semillas de oleaginosas en la alimentación de rumiantes y que por tanto, se rebajan costos de producción. Pero también han escuchado que se requiere cierta prudencia y/o conocimientos para utilizar urea, toda vez que es potencialmente tóxica para el animal. Así mismo, posiblemente han leído algo sobre el tema y han encontrado las siguientes recomendaciones que se daban:

1. Use hasta 50 gramos de urea por cada 100 kg de peso vivo del animal.
2. Use la urea de tal manera, que del total de proteína cruda (equivalente proteico) que consume el animal diariamente (por todo concepto), hasta el 30% provenga de la urea.

Estas recomendaciones eran un tanto empíricas, dependiendo modernamente el uso de la urea del tipo y cantidad de materia orgánica presente en el alimento del animal.

En esta conferencia se hará un breve recuento de la nutrición proteica (nitrógeno) y de algunos aspectos de la fermentación en el rumen, para, finalmente, explicar las recomendaciones del uso de la urea, basada en los estudios de los investigadores Satter y Roefler (1975-1981).

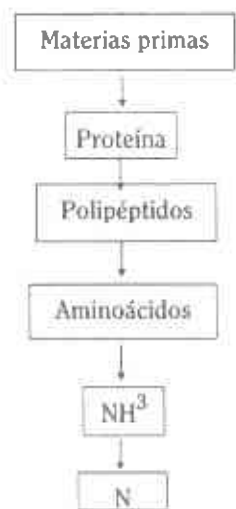
## DESARROLLO

### BREVE RECUESTO DE LA NUTRICIÓN PROTEICA

Todos los seres vivos, excluyendo posiblemente algunos virus, están compuestos en gran parte por proteínas; por tanto, para mantener la integridad de su organismo (renovación de proteínas de la célula o de tejidos) requieren de nitrógeno, ya sea en

\* Curso Nacional de Ganado de Leche. Instituto Colombiano Agropecuario ICA, C.I. Tibaitatá. Octubre 22 al 27 de 1990. Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph.D. en Nutrición Animal. Grupo Bovinos del ICA, C.I. Palmira. Profesor de Nutrición Animal, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional, Seccional Palmira. Apartado Aéreo 233, Palmira-Valle.

la forma de un radical sencillo como el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) o de compuestos más complejos como tri y dipéptidos o amonio ácidos. El estudio de la nutrición proteica es el estudio del flujo del nitrógeno, desde los alimentos (pastos, forrajes) hasta el producto útil (carne, leche) producido por el animal. Dicho de otro modo, es el estudio de la transformación de proteína vegetal en proteína bacteriana y de esta última en proteína animal (carne, leche, etc). Es bueno recordar que las materias primas (sorgo, salvados, forrajes), contienen además de proteínas, otros compuestos como carbohidratos, grasa, etc; esto quiere decir que las proteínas no se encuentran naturalmente en forma aislada y que, entonces, para proveer proteína es necesario suministrar materias primas. Por supuesto que algunas materias primas son más ricas (concentradas) en proteínas que otras. En este contexto tenemos el siguiente flujo (aquí las flechas reemplazan la palabra: "contienen"):



Por otra parte, en los compuestos nitrogenados simples, utilizados en la nutrición de rumiantes y conocidos como fuentes de nitrógeno no proteico (NNP), tales como la urea, *el flujo es mucho más sencillo*:



En este caso la urea es una materia prima, por tanto:



Al comparar los dos flujos (el largo y el corto), se aprecia que la **materia prima urea** no contiene aminoácidos ni polipéptidos y mucho menos proteína.

Ahora bien, los organismos superiores (vacca, cerdo, novillo, gallina) requieren nitrógeno, pero en la forma de aminoácidos, mientras que los organismos inferiores (bacterias, protozoarios, etc) pueden utilizar el N en la forma del radical simple: ( $\text{NH}_3$ ).

En la Figura 1 se presenta un esquema simplificado del metabolismo del nitrógeno en el poligástrico que, como ya se dijo, es el flujo del nitrógeno, desde aquel contenido en el alimento (proteína y NNP), retenido en el "cuerpo metabólico" (crecimiento de tejido) o secretado en la leche (caseína, albúminas), hasta aquél excretado en heces y orina.

Los bovinos, como organismos superiores requieren aminoácidos a nivel de tejido, como material de construcción de sus proteínas. Para bovinos alimentados exclusivamente con forrajes, las proteínas que consumen en su alimento, no son propiamente la fuente de aminoácidos que absorben de su intestino. La fuente fundamental de aminoácidos de estos animales la constituyen las células bacteriales que llegan al intestino, las cuales están compuestas en mayor proporción por proteínas.

Lo anterior se presenta esquemáticamente en la Figura 2, en donde se aprecia que la proteína dietética es transformada en proteína bacteriana, constituyendo ésta la principal fuente de aminoácidos para el animal. De esta figura vale destacar seis hechos, a saber:

1. Tanto la proteína verdadera dietética como la fuente de NNP, son completamente degradadas (fermentadas o hidrolizadas) a amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). No obstante, como se verá más adelante, es posible, dependiendo de ciertas condiciones, que algo de la pro-





- teína verdadera escape de la destrucción en el rumen.
2. Una vez liberado el  $\text{NH}_3$ , éste es atrapado por los microorganismos del rumen, los cuales lo utilizan para crecer, dividirse y así aumentar la población. Los microorganismos atraparán el  $\text{NH}_3$ , si disponen de suficiente energía.
  3. Todo aquel  $\text{NH}_3$  en exceso, que no es atrapado por los microorganismos, es absorbido por las paredes del rumen; pasando vía sanguínea al hígado, los radicales  $\text{NH}_3$  son convertidos en urea.
  4. La mayor proporción de urea formada en el hígado es eliminada del organismo en la orina; sin embargo, pequeñas cantidades de urea son recibidas en el rumen por vía de la saliva o por difusión inversa, de la sangre hacia el interior del rumen.
  5. A ciertos intervalos, parte del contenido ruminal, líquido con partículas y células microbiales en suspensión, pasan del retículo rumen al omaso y de allí al abomaso y, finalmente, al intestino delgado. Las partículas suspendidas en el líquido ruminal que llega al intestino puede o no contener variadas cantidades de proteína dietética que escapa a la destrucción por las bacterias.
  6. Las células bacteriales (compuestas por proteína) junto con la proteína dietética que haya escapado a la fermentación en el rumen, al llegar al intestino delgado son atacadas por las enzimas proteolíticas secretadas por el epitelio intestinal, liberando sus aminoácidos que ulteriormente son absorbidos y luego utilizados por el metabolismo animal para sintetizar sus propias proteínas.

Acerca de lo dicho hasta ahora, hay un aspecto crucial referente al eficiente uso del amoníaco por parte de las bacterias, especialmente de aquel  $\text{NH}_3$  procedente del NNP como la urea. En la Figura 3 se indica que la síntesis de proteína bacteriana depende y es función de la disponibilidad de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y de los carbohidratos (CHO) fermentables en el rumen.

La secuencia es la siguiente: Las bacterias atacan simultáneamente la fuente de  $\text{NH}_3$  y el carbohidrato (azúcar, almidón o celulosa). La fermentación del carbohidrato

libera energía, que las bacterias atrapan en la forma de un compuesto fosforado de alta energía, conocido con la sigla: "ATP"; provista de energía, la bacteria puede atrapar, incorporar y utilizar el  $\text{NH}_3$  (recién liberado) y sintetizar proteínas bacteriales.

#### CONCENTRACIÓN DE AMONÍACO EN EL RUMEN

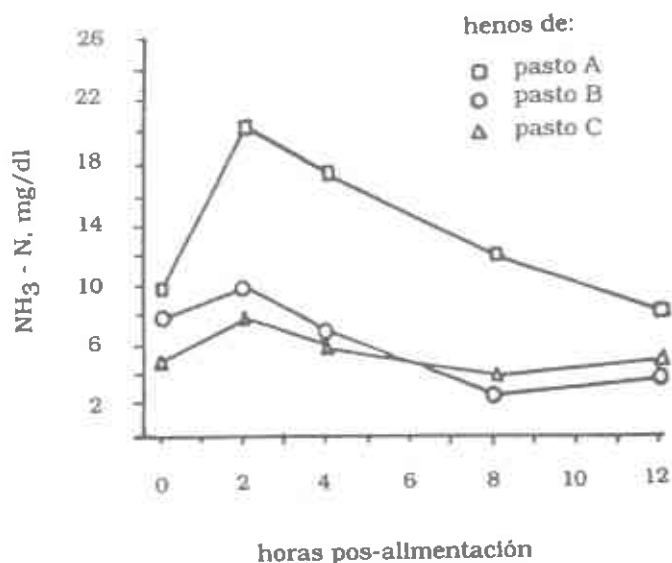
La ciencia de la nutrición y su aplicación práctica será mucho más eficaz en la medida en que las cosas se puedan cuantificar; de lo contrario, habrá cierto grado de empirismo, arbitrariedad y/o adivinanza.

Es altamente deseable saber, en un momento dado, cuál es la concentración de carbohidratos fermentables (CHOF) y de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) en el líquido ruminal para efectos de hacer corrección en la eventualidad de que uno de los dos esté deficitario. De lo dicho se desprende que determinada concentración de  $\text{NH}_3$  en el líquido ruminal, deberá estar acompañada de cierta concentración de CHOF; en efecto, se debe trabajar con una relación energía: proteína óptima.

Desafortunadamente, en la literatura reciente no se ha podido constatar alguna metodología práctica para medir concentraciones de (CHOF), toda vez que éstos son de diversos tipos; algunos solubles, otros enlazados con diferentes compuestos no fermentables, etc. Esta deficiencia de información se suple de otra manera como se verá más adelante.

La concentración de nitrógeno amoniacal ( $\text{N-NH}_3$ ) sí se puede medir, y ésta se suele expresar como mg por 100 ml (o por dl) de líquido ruminal. El procedimiento para obtener líquido ruminal para su análisis en el laboratorio o para hacerle una prueba rápida mediante un "kit", es algo dispendioso. Brevemente, consiste en introducirle al animal un tubo esofágico por la boca hasta que este llegue al rumen; el animal se dobla hasta bajar su cabeza a nivel del suelo y el líquido ruminal sale, fluyendo por acción de la gravedad. Experimentalmente, los investigadores generalmente cuentan con animales fistulados ruminalmente, con cánulas permanentes.

figura 4.



A.A. Owen

FIGURA 4. Concentración de amoníaco ruminal de ovejas alimentadas con tres henos (A, B y C) distintos, cuya composición aparece a continuación.

La Figura 4 muestra como la composición química de tres henos distintos (A, B y C), suministrados a ovejas, afecta la concentración de amoníaco (N-NH<sub>3</sub>) en el líquido ruminal de las mismas. Al comparar la composición química de los henos, se observa que la única diferencia significativa entre ellas, es su contenido de proteína bruta: 12.14, 8.37 y 6.10%, respectivamente. Al examinar la gráfica (eje x = horas post-alimentación y eje y = concentración N-NH<sub>3</sub>, mg/dl, se pueden notar varias cosas:

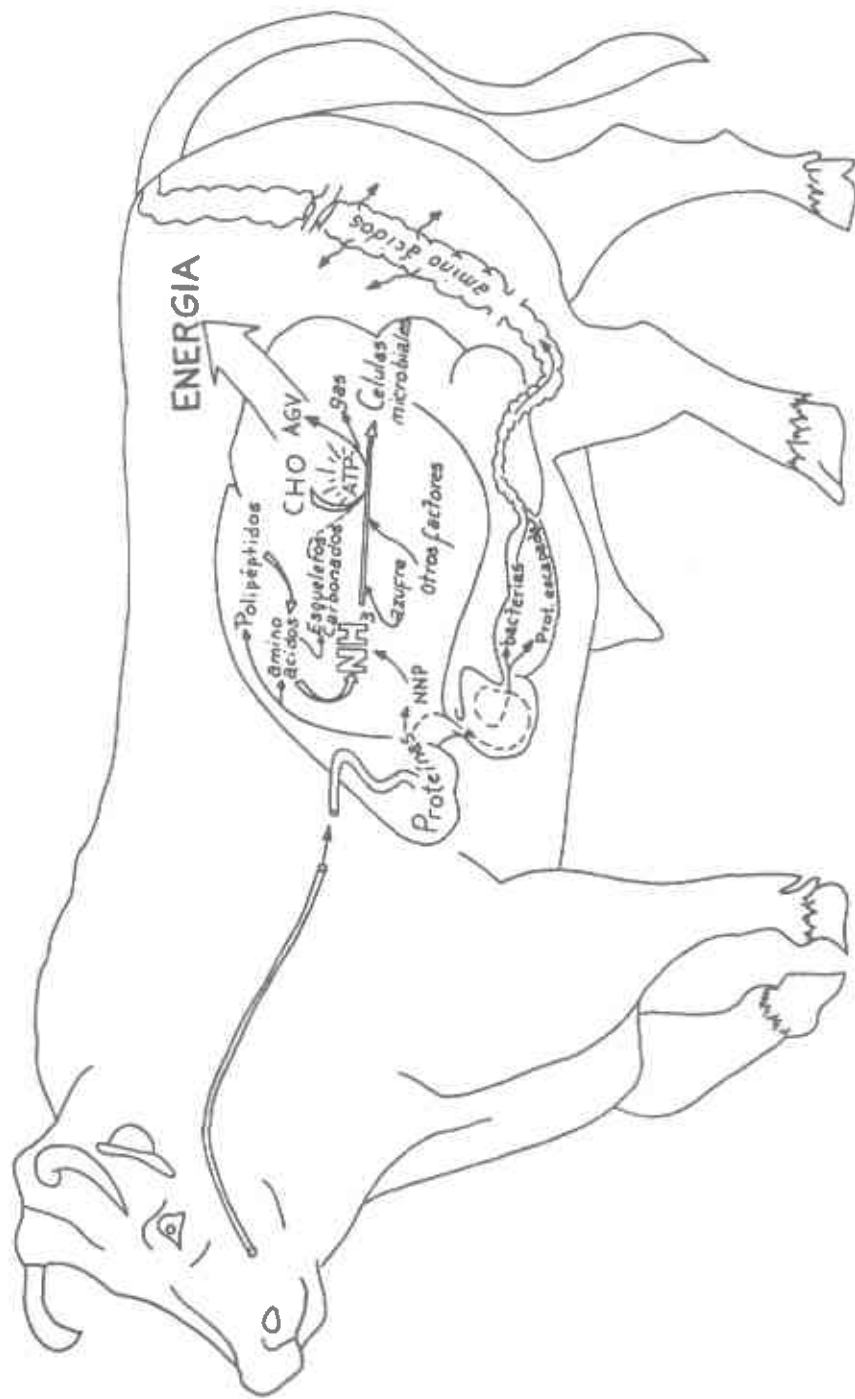
1. La mayor liberación de NH<sub>3</sub> por la fermentación de las proteínas de los henos, ocurre cerca de las dos horas post-alimentación.
2. Las concentraciones de N-NH<sub>3</sub>, provocadas por la fermentación de los distintos forrajes, es decididamente más alta para el heno "A", seguido inicialmente por el heno "B" y, por último, del heno "C", en concordancia con los valores de proteína bruta de los henos.
3. Que la diferencia entre las concentraciones de N-NH<sub>3</sub>, producidas por los henos "B" y "C", es pequeña y no es consistente, siendo reflejo de la poca diferencia del valor de la proteína bruta de los henos.

Queda así establecido, que mayores concentraciones de proteína bruta en el alimento provocan concentraciones más altas de N-NH<sub>3</sub> en el líquido ruminal del animal, pero hay que agregar: siempre y cuando en el rumen de los animales se encuentre igual o similar cantidad de CHOF.

Anteriormente se había comentado que no existe una metodología práctica para medir concentraciones de CHOF en el rumen, pero éstas se

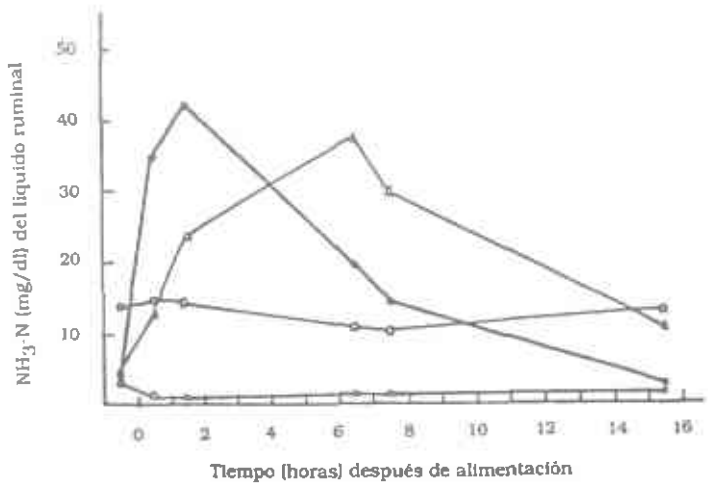
	Heno		
	A	B	C
Materia seca %	92.92	94.39	93.39
Proteína bruta %	12.14	8.37	6.16
Fibra deter. ac. %*	34.22	33.91	34.45
Extracto etero %	1.96	2.25	1.34
Cenizas %	8.53	9.20	7.15

\* Todos los análisis en base seca, excepto FDA = base libre de cenizas.  
Tomado de: Grings, E.E. y J.R. Males. 1987. Macromineral Absorption in Sheep Fed Tetany - Prone and Non - Tetany Prone Hays J.Anim.Sci.65:821-829.



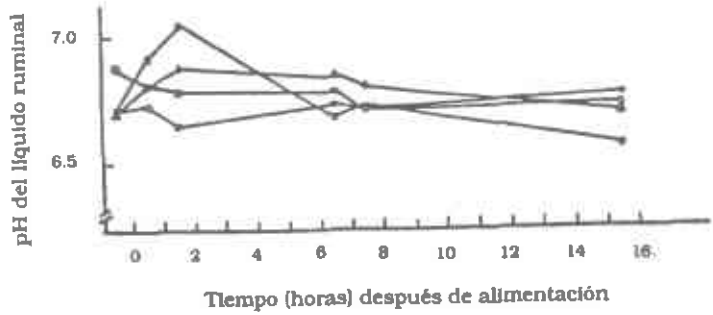
**Figura 3.** La síntesis de proteína bacteriana depende y es función de la disponibilidad de amoníaco (NH<sub>3</sub>) y carbohidratos (CHO) fermentables en el rumen.

A.A. Owen

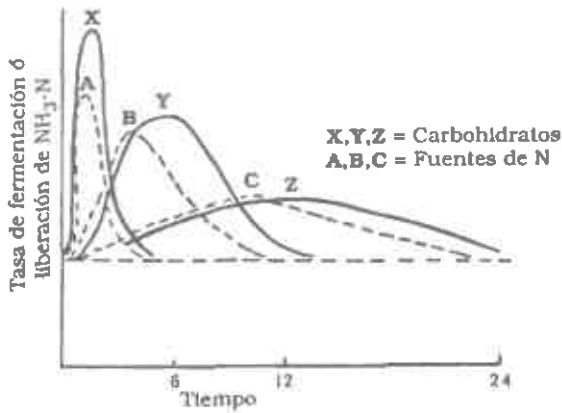


**Figura 5.** Concentración de nitrógeno amoniacal y pH del líquido ruminal de novillos suplementados con urea y por entregas a diferentes intervalos.

Tomado de: K.L. Mizwick et al., 1980. Time Ammonia Release for steers. **A.A. Owen**  
 JAS Vol. 51 No 3p 698-703.



Convenciones, tratamientos así:  
 Cero suplementación... (○) = Cero urea  
 Entrega rápida... (●) = 85g urea en una hora  
 Entrega moderada... (△) = 14g urea por hora durante 6 horas  
 Entrega continua... (□) = 3.5g urea por hora durante 24 horas



**Figura 6.** Ilustración de la tasa de fermentación teórica a través del tiempo pos-alimentación de tres tipos de carbohidratos y las curvas de liberación de nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>-N) requeridos para sostener la síntesis de proteína bacteriana de la fermentación de estos carbohidratos; donde X= azúcares solubles, Y= dextranas y almidones y Z= paredes celulares; A= urea, B= torta de soya y C= germen de maíz, torta de algodón y otras proteínas de lenta degradación.

**A.A. Owen**

Tomado de: R.R. Johnson, 1976 JAS 43:1

**Figura 6.** Requerimientos de A.A. a diferentes edades y estado fisiológico del bovino. (Orskov, 1970, citado por Schneichel, 1989).

pueden estimar en los alimentos, recurriendo a los valores TND (total nutrientes digestibles) ó a la digestibilidad de la materia seca (MSD).

Se concluye que la concentración de N-NH<sub>3</sub> en el líquido ruminal de un animal, en un momento dado, dependerá de:

- a. Tiempo transcurrido post-alimentación y
- b. *Concentración de proteína bruta y el TND o MSD del alimento.*

### VELOCIDAD DE LIBERACIÓN DE N-NH<sub>3</sub>

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la velocidad o tasa de liberación de NH<sub>3</sub>, a causa de la fermentación de las proteínas o por hidrólisis de la urea.

En la Figura 5 se presenta la concentración de N-NH<sub>3</sub> y el pH del líquido ruminal de novillos suplementados con urea a distintos intervalos.

El manejo del suministro de urea a diferentes intervalos fue el siguiente:

A un grupo de animales se les suplementó cero urea, a los otros tres grupos de animales se les ofreció la misma cantidad total de urea, o sea 84 g; pero a un grupo se les suministró la urea en una hora; al otro grupo, 14 g de urea por hora, durante 6 horas y, al último grupo de animales, a razón de 3.5 g de urea por hora, durante 24 horas.

El análisis del primer gráfico indica varias cosas:

1. Los niveles de N-NH<sub>3</sub> en el líquido ruminal del grupo de novillos que no recibieron urea es muy bajo.
2. El nivel de N-NH<sub>3</sub> más alto obtenido fue para el grupo de animales que recibió toda la dosis de urea en una sola hora, y en el que el N-NH<sub>3</sub> hizo pico cerca a la hora y media, para luego declinar 15 mg/100 ml a ocho horas de suministro.
3. La forma más estable de mantener una concentración constante de N-NH<sub>3</sub> en el líquido ruminal, cuando se suministra urea, es mediante un pequeño suministro constante, aunque este manejo no es práctico.

En la Figura 6, las curvas "A", "B" y "C" representan la relativa cantidad de N-NH<sub>3</sub> liberado de tres fuentes distintas de nitrógeno, en función del tiempo. Se aprecia que la curva "A" corresponde a una liberación grande de N-NH en cor-

to tiempo (pico aprox. dos horas), la curva "C" a una baja liberación en un tiempo prolongado (pico cerca a las 12 horas) y la curva "B" a una situación intermedia. También se observa qué sucede con la liberación de energía, al fermentarse distintos tipos de carbohidratos. Las curvas "X", "Y" y "Z", representan la liberación de energía de tres distintos carbohidratos fermentables (CHO<sub>F</sub>), en función del tiempo, donde "X" se fermenta rápidamente, "Z" fermenta lentamente y "Y" es intermedio.

La óptima situación es aquella en la cual la fermentación libere simultáneamente (o muy cerca) urea y NH<sub>3</sub>, asegurando, de esta manera, la máxima captura y la más eficiente utilización del N-NH<sub>3</sub> por las bacterias.

Ahora, si le asignamos a las letras "A", "B" y "C" nombres propios, tenemos A = urea, b = torta de soya y c = torta de algodón; y si hacemos lo mismo con las tres fuentes de cho<sub>F</sub>, tenemos: "x" = azúcar, "y" = germen de maíz y "z" pared celular (fibra), el análisis de la Figura 6 indica una serie de cosas que tienen una gran aplicabilidad en la práctica.

1. Las dos series de curvas están interpuestas en forma lógica, es decir "A" con "X", "B" con "Y" y "C" con "Z", toda vez que para estas tres situaciones la liberación de energía será simultánea o casi simultánea con la liberación de N-NH<sub>3</sub>.
2. Que en atención al tema central de este trabajo (uso de NNP), sería un error grande utilizar la mezcla "A" con "Z", o sea urea con sólo fibra (pared celular), especialmente si se trata de pastos maduros, secos y lignificados. La razón del error debe saltar enseguida: la liberación de NH<sub>3</sub>-N hace pico cerca de las dos horas, mientras que la liberación máxima de energía ocurre aproximadamente a las 12 horas, muy distante la una de la otra. Este tipo de situación es la que más se presta para una intoxicación por urea.
3. El otro caso equivocado, es el inverso al anterior, es decir, mezclar "C" con "X", o sea torta de algodón con azúcar. En esta situación, la energía es liberada rápidamente y estará acompañada de una insuficiente concentración de N-NH<sub>3</sub>. Las

**TABLAS I.** Influencia de la composición de la ración sobre la concentración promedio ruminal de NH<sub>3</sub>-N y la utilización de nitrógeno no proteico (NNP).<sup>1</sup>

% PC de la ración	TND	55	60	65	70	75	80	85
MS de la ración	MSD	59	63	68	72	76	81	85
								% utilización del NNP

**Concentración NH<sub>3</sub>-N ruminal (mg/100 ml) 2.**

8	6	5	4	3	2	2	2	1
9	6	5	4	3	2	2	2	1
10	6	5	4	3	2	2	2	1
11	6	5	4	3	3	3	2	2
12	7	6	5	4	4	4	3	3
13	8	7	6	6	5	4	4	4
14	10	9	8	7	6	6	5	5
15	12	11	10	9	8	8	7	7
16	14	13	12	11	10	10	10	10
17	17	16	15	14	13	13	12	12
18	18	17	16	15	14	16	16	15
19	23	22	21	20	19	19	19	18
20	27	26	25	24	23	23	23	22

1 Satter, L. D. y Roffer R. E. 1981. Recent Development in ruminal nutrition. Butter Worths.

2 NH<sub>3</sub> = 38.73 / 3.04 % PC + 0.171 % PC<sup>2</sup> - 0.49 % TND + 0.0024 % TND<sup>2</sup>; r<sup>2</sup> = 0.92 (mg 100 ml).

más de 90  
de 0 a 90  
ceró

consecuencias serían un lento crecimiento de la población bacteriana y un ineficiente uso de la energía liberada. Además, los productos de la fermentación estarían desbalanceados en su relación energía: proteína; presentándose una excesiva oferta de AGV, (en especial acetato y butirato), acompañado de un déficit de proteína (aminoácidos).

El contenido de la Figura 6 y su análisis, prepara el marco para entender mejor las recomendaciones para el uso de nitrógeno no proteico (NNP), desarrollado por los doctores Satter y Rotter. Estos investigadores sujetaron la suplementación de urea a una relación dada, a la cantidad y digestibilidad de los carbohidratos fermentables (CHOF) presentes en la ración. Además, estos científicos procuraron que la concentración de N-NH<sub>3</sub> en el líquido ruminal se estabilizará cerca de 5 mg/100, pues, según ellos, es la óptima concentración para una normal fermentación. Sin embargo, el doctor Leng (1985, 1987), sostiene que el mejor valor es de 15 mg/100 ml.

#### UTILIZACIÓN DEL NNP

Ya se había dicho que el correcto uso del NNP gira alrededor de la adecuada concentración de N-NH<sub>3</sub> en el rumen, acompañado de una cantidad proporcional de materia orgánica o de carbohidrato fermentable (CHOF), y también que era dispendioso tomar muestras de líquido ruminal con una sonda esofágica para analizar su contenido de N-NH<sub>3</sub>.

En la práctica, estas dificultades se pueden evitar mediante el uso de las tablas desarrolladas por Satter y Rotter. La Tabla 1 muestra la influencia de la composición de la ración sobre la concentración promedio de N-NH<sub>3</sub> en el rumen y su relativa utilización expresado en %.

Explicación en la Tabla 1:

- Los valores de la primera columna vertical corresponden al % de proteína cruda (PC) de la materia seca (MS) de la ración; comienza con el 8% y termina con el 20%.
- La Tabla tiene dos juegos de datos: uno para TND y el otro para MSD, que corresponden al contenido total de nutrientes digestibles y al contenido de materia seca digestible de la ración.

Ejemplos: Si a un animal se le suministra una ración que contiene 9% de PC y 70% de TND (ó 72% MSD) éste tendrá una concentración de 3 mg/100 ml N-NH<sub>3</sub> de líquido ruminal. Si la ración contiene los mismos 9% de PC, pero sólo 55% de TND (ó 59% MSD), el contenido de N-NH<sub>3</sub> en el líquido ruminal será de 6 mg/100 ml, o sea, que se acumula por poca utilización de las bacterias por falta de energía.

En vez de usar la Tabla, que es cómoda para averiguar la concentración de N-NH<sub>3</sub> en el líquido ruminal, se puede utilizar la ecuación de regresión múltiple siguiente:

$$\text{N-NH}_3 (\text{mg}/100 \text{ ml}) = 38.73 - 3.04\% \text{ PC} + 0.171\% \text{ PC} - 0.49\% \text{ TND} + 0.0024\% \text{ TND}; (r = 0.92).$$

En la Tabla 2 se indica el límite superior de la utilización del nitrógeno no proteico. Esta Tabla se maneja igual que la anterior y, sin embargo, es distinta, veamos:

-La columna a la izquierda corresponde a los valores de PC en una ración *antes de* agregar (ó suplementar) NNP.

-Al igual que la >Tabla anterior, los datos correspondientes a TND y a MSD se pueden utilizar indistintamente.

El bloque de datos en el centro de la Tabla corresponden al % PC de la ración después de agregarle NNP a la ración original correspondiente; en otras palabras, éstos son los topes de % PC para raciones, mediante la adición de NNP. Al respecto, el llamado 3/ a pie de tabla, dice así: "estos valores son los límites superiores a los cuales se puede elevar justificadamente la PC total de una ración mediante la adición de NNP.

Ejemplos: Si la PC de la ración *antes de* agregar NNP es del 8%, y la ración contiene entre 70 a 75% de TND (ó 72 a 76% MSD), entonces se puede agregar NNP (área) hasta que la PC suba al 10.9%. Es decir, que subir el % de proteína de esta ración más allá del 10.9, mediante la adición de urea, *no se justifica*.

Una ración que contiene el 10% de PC antes de agregar urea, pero que sólo contiene 55 a 60% de TND (ó 59-63% MSD), no tolera justificadamente la adición de urea (Ver llamado 4 de la Tabla 2).

TABLA 2. Limite superior de la utilización del nitrógeno no proteico.<sup>1</sup>

% Proteína cruda en la ración sin adicionar NNP	TND <sup>2</sup>		55 - 60		60 - 65		65 - 70		70 - 75		75 - 80		80 - 85	
	DMS <sup>3</sup>		59 - 63		63 - 68		68 - 72		72 - 76		76 - 81		81 - 85	
8			NO <sup>5</sup>		10.0		10.5		10.9		11.2		11.4	
9			NO <sup>5</sup>		10.4		10.9		11.3		11.6		11.8	
10			NO <sup>5</sup>		10.8		11.3		11.7		12.0		12.2	
11			NO <sup>5</sup>		11.2		11.7		12.1		12.4		12.6	
12			NO <sup>5</sup>		NO <sup>5</sup>		12.1		12.5		12.8		13.0	
*			—		11.4		12.2		12.8		13.3		13.6	

% Proteína cruda después de agregar Nitrógeno no proteico<sup>4</sup>

1 Satter L. D. y Roffler R. E. 1981. Recent Development in Ruminant Nutrition. Butter Worths.

2 Valores tab ulados del NRC expresados como % de la MS de la ración.

3 Calculado de ecuaciones de regresión propuestas por Moe, Flatt y Tyrrell (1972); expresados como % de la MS de la ración.

4 Estos valores son los límites superiores al cual se puede elevar justificadamente la proteína cruda total de una ración mediante la adición de NNP.

5 El límite superior de la utilización del NNP es por debajo del contenido de proteína cruda de la ración NO suplementada con NNP y por lo tanto no se espera beneficio al suplementarla.

\* Proteína cruda dietética a la cual comienza a culminar NH<sub>3</sub> - ruminal cuando solo Proteína Vegetal está en la ración.

## RECOMENDACIONES PARA EL USO DEL NNP (UREA)

La urea es una fuente relativamente económica para suplementar proteína cruda (equivalente protéico) a raciones de bovinos; por tanto, se puede y debe emplear en la alimentación animal pero, con discreción.

Entre los factores a tener en cuenta están:

- La urea tiene una baja palatabilidad.
- Hay que mezclarla homogéneamente en la ración, o asegurarse de que se disuelva muy bien si el vehículo usado es líquido.
- El uso de la urea es potencialmente tóxico.
- Es necesario adaptar los animales a ingerir urea en sus raciones, no se debe suministrar urea súbitamente a animales no adaptados.
- Hay que readaptar (por 5 a 8 días) a los animales, cuando se suspende el suministro de urea (1 ó 2 días) a animales adaptados.
- Cuando la urea reemplaza considerables cantidades de fuentes de proteína verdadera (tortas de semilla oleaginosas), se debe reforzar la ración con azufre y fósforo.
- La urea no se debe desperdiciar, se debe suplementar aquella cantidad acorde con el contenido de carbohidratos fermentables en la ración.
- Por la rápida liberación de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), debido a la rápida hidrólisis de la urea en el rumen, es altamente deseable suministrar urea en combinación de azúcar (es), melaza y/o almidón (algo de grano), que son de relativa y rápida fermentación.
- Para la correcta suplementación de urea, se sugiere utilizar las Tablas (en esta conferencia) desarrolladas por los investigadores Satter y Rotter.
- El antídoto para intoxicación por urea, es el vinagre (ácido acético).

## CONCLUSIONES

Gracias a la simbiosis entre los microorganismos que habitan el rumen de los bovinos y el animal en sí, el animal-rumiante tiene la capacidad de utilizar compuestos nitrogenados simples como la urea, en su alimento. No obstante, el suministro indiscriminado de urea es potencialmente tóxico. La forma más técnica de utilizar urea, es

suplementarla en concordancia con la cantidad de materia orgánica fermentable en la ración; de esta manera se asegura que la población microbiana tendrá a su disposición los dos factores primarios que requieren:  $\text{NH}_3$  y energía. De otra parte, la correcta combinación de  $\text{NH}_3$  y energía disponible es conducente a una concentración de N- $\text{N}_3$  ruminal adecuada para atender las necesidades de una activa fermentación ruminal. La forma de aplicar esta técnica es mediante el uso de las Tablas desarrolladas, para tal efecto, por los investigadores Satter y Roffer (1981).

## BIBLIOGRAFÍA

1. AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. 1980. The nutrient requirement of ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux. Surrey: The Gresham Press.
2. BARTLEY, E.E. and C.W. DEYCE. 1981. Recent developments in ruminant nutrition. p. 99 Butterworth.
3. LENG, R.A. 1987. Some theoretical considerations on drought feeding recommendations. En: Recent advances in animal nutrition in Australia. Univ. of New England.
4. LENG, R.A. 1985. Efficiency of feed utilization by ruminant. En: Recent advances in animal nutrition in Australia. Univ. of New England.
5. LOERCH, S.C.; L.L. BERGER; D. GIANCLA and G.C. FAHEY Jr. 1983. Effects of dietary nitrogen source and energy level on in situ nitrogen disappearance of various protein sources. Journal of Animal Science. Vol. 56. No. 1. 5. 206-216.
6. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1984. The nutrition requirements of beef cattle. Sixth revised edition. Washington, D.C.: National Academy Press.
7. OWEN, A.A. 1990. La importancia de los productos de la fermentación de los carbohidratos y de los productos nitrogenados en la nutrición de bovinos. En XIII Programa para el desarrollo de capacitación científica en investigación para la producción y utilización de pastos tropicales. CIAT, Cali Colombia. (Feb. 26 al 4 de Mayo de 1990).
8. ——— 1988. Nutrición proteica y energética en ovinos. En: Curso "Avances de la nutrición animal". ICA, Bogotá, Agosto 1 al 5. p. 27.
9. ——— 1987. Utilización de carbohidratos y proteínas en el rumiante. En: VI Encuentro Nacional de zootecnia y II conferencia nacional de producción y utilización de pastos y forrajes tropicales. Cali, Octubre 28-31, p. 19.
10. OWENS, F.N. and W.G. BERGEN. 1983. Nitrogen metabolism of ruminant animals: Historical perspective,

- current understanding and future implications J. Anim. Sci. 57 (suppl. 2): 498.
11. ROY, J.H.B. 1982. Nitrogen sources and roughage in ruminant nutrition. p. 203-219. In Chemraw II pp 664. Edited by L.W. Shemilt McMaster University Hamilton, Canada.
  12. SATTER, L.D. and R.E. ROFFER. 1975. H. Pair Sci, 56. 649.
  13. SATTER, L.D. and R.E. ROFFER. 1981. Recent development in ruminant nutrition. p. 115-139. Butterworth.
  14. TAMMINGA, S. 1979. Protein degradation in the forestomachs of ruminants. J. Anim. Sci. 49: 1615.
  15. THOMAS, E.E.; C.R. MASON and S.P. SCHMIDT. 1984. Relation of feedlot performance to the metabolizable protein and urea content of cattle diets. J. Anim. Sci. Vol. 58, No. 5, p. 1285-1291.
  16. VAN SOEST, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant, pp. 373. Durham and Downey, Inc. 300 Nwth Av. Portland, USA.
  17. ZINH, R.A. and F.N. OWEN. 1983. Site of protein digestion in steers: predictability. J. Anim. Sci. Vol. 56, No. 3, p. 707-716.