

# SUPLEMENTACIÓN CON NITRÓGENO NO PROTEICO EN RUMIANTES

Martín Garriz y Armando López\*. 2002. Monografía final del curso Nutrición en la Intensificación. Cátedra de Nutrición y Alimentación Animal de la Facultad de Veterinaria de la Univ. de Bs. As.

\*Director.

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

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

## 1. METABOLISMO PROTEICO EN RUMIANTES

En los rumiantes, al igual que en los animales monogástricos, las necesidades de nitrógeno de los tejidos son cubiertos por los aminoácidos absorbidos en el intestino delgado.

Como resultado de la actividad de los microorganismos del rumen, el modo de utilización de las proteínas por los rumiantes difiere significativamente del que tiene lugar en los animales monogástricos. Los microorganismos del rumen se caracterizan por su gran capacidad para sintetizar todos los aminoácidos, incluyendo los esenciales, necesarios para el animal. Por lo tanto los rumiantes son menos dependientes de la calidad de la proteína ingerida. Por otra parte, una parte del nitrógeno de los alimentos para los rumiantes puede administrarse, en reemplazo de las proteínas, en forma de compuestos nitrogenados sencillos como los compuestos de Nitrógeno No Proteico (NNP), como la Urea y las sales de amonio (A. Bondi, 1988).

La utilización de las proteínas ingeridas se realiza del siguiente modo (A. Bondi, 1988):

Durante el paso de los alimentos por el rumen, gran parte de la proteína se degrada hasta péptidos por acción de las proteasas. Los péptidos son catabolizados hasta aminoácidos libres, y éstos hasta amoníaco, ácidos grasos volátiles y dióxido de carbono (Gráfico 1).

El amoníaco (NH<sub>3</sub>), especialmente, es utilizado por los microorganismos si existe suficiente energía (carbohidratos), para la síntesis de proteínas y demás componentes de las células microbianas como los componentes nitrogenados de la pared celular y los ácidos nucleicos. Si bien el amoníaco es la fuente principal de nitrógeno para los microorganismos, hay especies de bacterias que obtienen un alto porcentaje (20-50 %) de su nitrógeno total a partir de aminoácidos y péptidos. Por esto, se logra una mayor síntesis de proteína microbiana y una mayor eficiencia en el uso del nitrógeno, cuando las dietas con alto contenido de NNP son suplementadas con proteína verdadera.

Parte del amoníaco liberado en el rumen no puede ser fijado por los microorganismos, entonces se absorbe y es llevado por la sangre hasta el hígado, donde se transforma en urea, siendo la mayor parte no utilizada por el animal y excretada en la orina.

Los microorganismos (bacterias y protozoos) del rumen; que contienen proteínas como componente principal, pasan con las proteínas de la ración no modificadas en el retículo-rumen, a través del omaso y abomaso, hasta el intestino delgado. La cantidad de la proteína total de la ración que se digiere en el rumen varía desde el 70-80 % o más para las proteínas más solubles, hasta el 30-40 % para las proteínas menos solubles. Entre el 30 % y el 80 % de la proteína de los forrajes se degrada en el rumen, la cantidad depende del tipo de alimento, del tiempo de permanencia en el rumen y del nivel de alimentación.

Las proteínas microbianas, las proteínas de los alimentos que no son degradadas y las proteínas endógenas del animal, son digeridas en el intestino delgado por proteasas y participan en el flujo de aminoácidos que son absorbidos en él. Entonces, para el aporte de los aminoácidos esenciales, los rumiantes dependen de la proteína microbiana y de la proteína de la ración que escapa a la digestión en el rumen.

Por otra parte, las vacas lecheras y los animales jóvenes en crecimiento tienen altos requerimientos y su producción depende de que cierta cantidad de proteína de la dieta pase el rumen sin degradarse, además de la fuente de proteína microbiana dependiente de la energía disponible en rumen.

Por lo tanto, la nutrición proteica del rumiante nos exige considerar simultáneamente dos tipos de necesidades: las de los microorganismos del rumen y las del animal "*per se*" (Astibia y col., 1982).

En resumen, la proteína de la dieta puede seguir tres caminos (Stritzler y col., 1983):

- 1-Convertirse en amoníaco y pasar a proteína microbiana.
- 2-No ser degradada en el rumen y pasar como tal a los compartimientos subsiguientes.
- 3-Ser utilizada en la fabricación de proteína microbiana sin pasar a amoníaco (a partir de aminoácidos o péptidos).

## 1.1 EL AMONIACO EN EL RUMEN

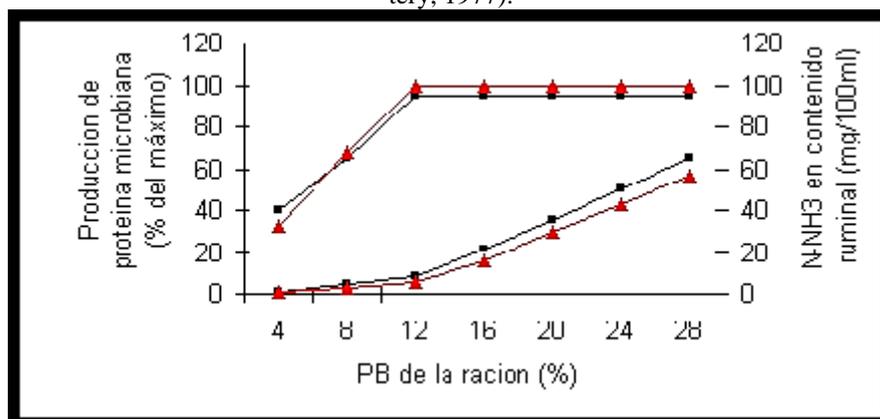
Aproximadamente el 90 % del nitrógeno total presente en el contenido ruminal, se encuentra en forma insoluble. El nitrógeno del pool disuelto, aproximadamente el 10 % del nitrógeno total, es principalmente nitrógeno amoniacal (el 70 % por término medio), y el resto es una mezcla de aminoácidos libres y péptidos. El amoníaco se encuentra en una concentración que oscila entre 2 y 50 mg por 100 ml, dependiendo de la ración y del tiempo transcurrido desde la ingesta; la concentración máxima de amoníaco se alcanza generalmente unas dos horas después de la ingesta de los alimentos que aportan proteína.

El amoníaco es el principal nutriente nitrogenado para las bacterias del rumen; éstas lo utilizan si existen adecuadas fuentes de energía, principalmente hidratos de carbono, para sintetizar los aminoácidos necesarios para cubrir sus propias necesidades proteicas. Se estima que del nitrógeno microbiano del rumen, el 50-80 % procede del amoníaco ruminal. Algunas bacterias también pueden obtener hasta el 20 % o el 50 % de su proteína de otras fuentes distintas al amoníaco, como péptidos y aminoácidos (A. Bondi, 1988).

Otras fuentes de amoníaco para el rumen, aparte de la proteína ingerida y degradada, es a partir de la urea de origen endógeno (a través de un mecanismo de reciclaje endógeno), como de la urea y otros compuestos de nitrógeno no proteico existentes en los alimentos. La degradación de la urea hasta amoníaco y dióxido de carbono por la ureasa de origen bacteriano presente en el rumen, es muy rápida.

A pesar de la gran importancia del amoníaco para el crecimiento de los microorganismos del rumen, no pueden nunca utilizar completamente el amoníaco presente en el rumen, ya que existe un límite en la cantidad que pueden fijar estos microorganismos. La síntesis de proteína en el rumen alcanza un máximo cuando la concentración de amoníaco en el rumen se encuentra entre 5 y 8 mg por 100 ml. (Satter y Roffler, 1975). En el gráfico 2 se ve que al aumentar la ingestión de nitrógeno se produce un aumento gradual en la concentración de amoníaco en el rumen, pero la producción total de proteína microbiana llega a un máximo.

GRAFICO 1: Relación entre la concentración de amoníaco en el rumen y producción de proteína microbiana (Buttery, 1977).



Aproximadamente, la concentración de proteína bruta en la dieta a la cual se produce el máximo crecimiento microbiano, es de 12-13 %. Por encima de estos niveles, la concentración de amoníaco se incrementa sin aumentar la producción de proteína microbiana. Este valor de 12-13 % de proteína bruta en la dieta no es para nada fijo, ya que variará según el contenido de energía fermentecible, la cantidad de NNP y la degradación de la proteína de la dieta (Satter y Roffler, 1975).

El amoníaco producido en el rumen por encima de la capacidad de los microorganismos para asimilarlo, se absorbe y por sangre, es transportado al hígado y convertido en urea. Parte del amoníaco libre existente en el rumen se absorbe directamente a través del epitelio del rumen, hasta la sangre; el resto (en la mayoría de los casos, la mayor parte), pasa con los alimentos digeridos hasta el intestino donde es absorbido, llega a la sangre y luego al hígado. La mayor parte de la urea formada en el hígado se excreta a través de la orina; una parte (hasta el 20 %) es reciclada al rumen con la saliva o por difusión directa desde la sangre a través de la pared del rumen (A. Bondi, 1988).

Hay una relación inversa entre la tasa de transferencia de nitrógeno del plasma al rumen, a través del ciclo "rumino-hepato-salival", y la concentración de amoníaco en el rumen. Solo en condiciones de bajos niveles de amoníaco en el rumen, son relativamente altos los niveles de nitrógeno endógeno reciclado, que sirve como una fuente secundaria de nitrógeno para los microorganismos y un mecanismo ahorrador de este. Las raciones pobres en nitrógeno provocan un mayor reciclaje y una menor excreción de urea en orina. En este caso (dietas pobres en nitrógeno), la principal vía de transferencia del plasma al rumen sería a través de la pared ruminal, y la transferencia por la saliva tendría una importancia secundaria. El mecanismo de control de transferencia sería indirecto y estaría involucrada en él una subpoblación de bacterias productoras de ureasa (bacterias adherentes al epitelio

ruminal). Entonces las dietas pobres en nitrógeno al provocar una baja concentración de amoníaco en rumen, aumentan la concentración de ureasa en el epitelio y estas incrementarían la difusión de urea hacia el rumen al transformar la urea en amoníaco y crear un gradiente adecuado para que se produzca el pasaje por simple difusión de la urea a través de la pared ruminal. Estas dietas aumentan el reciclaje de nitrógeno porque la baja concentración de amoníaco limita la fermentación microbiana para un nivel energético dado. De cualquier manera, la cantidad de nitrógeno reciclado está muy por debajo de los requerimientos microbianos. Debido a que hay una correlación negativa entre el nitrógeno de la dieta y el reciclado, la eficiencia de re-utilización de la urea disminuye a medida que el consumo de nitrógeno con la dieta se incrementa. Como la urea no se almacena en los tejidos corporales, si no es transferida al tracto digestivo, se excreta en la orina (Stritzler y col., 1983).

En resumen, el amoníaco formado en rumen puede (Stritzler y col., 1983):

- 1-Incorporarse al protoplasma microbiano, principalmente como proteína.
- 2-Ser absorbido por la pared ruminal y pasar al torrente sanguíneo.
- 3-Salir del rumen por el orificio retículo-omasal, y ser absorbido en el intestino.

La urea en el alimento es bien utilizada cuando se incluye con cantidades adecuadas de carbohidratos en la ración. La administración de cantidades de proteína que superan las necesidades es un derroche, aunque no es perjudicial para el animal ya que el exceso de amoníaco se transforma en urea en el hígado, eliminándose la mayor parte en la orina. Sin embargo, la administración de cantidades exageradas de urea o sales de amonio (NNP) a los rumiantes puede ser perjudicial, especialmente si no consumen cantidades suficientes de carbohidratos. Los mecanismos de detoxificación del amoníaco por conversión en urea son sobrepasados si las cantidades de amoníaco superan los 80 mg por 100 ml en el rumen. Esta cantidad puede liberarse tras el consumo de urea en exceso, pero no de proteína en exceso (A. Bondi, 1988).

La absorción de amoníaco a través de la pared ruminal depende casi enteramente de su concentración en rumen, pero solo se produce en presencia de la forma no-ionizada. Esto depende del PH existente en el rumen (a mayor PH mayor absorción), y si éste es inferior a 7, la absorción a través de la pared del rumen no es tan alta. Los niveles de amoníaco extremadamente altos en el rumen elevan el PH, su absorción y van unidos a altos niveles de amoníaco en sangre; esto provoca una intoxicación por amoníaco que puede llevar a la muerte. Es el caso de una suplementación excesiva con urea (Stritzler y col, 1983).

Por otra parte, el empleo adecuado de urea como sustituto parcial de la proteína en la nutrición de los rumiantes resulta beneficioso, siempre que se aporte una adecuada energía.

## **1.2 SÍNTESIS DE PROTEÍNA BACTERIANA (ASTIBIA Y COL., 1982)**

Como se comentó, las proteínas de origen bacteriano son una importante fuente de aminoácidos para los rumiantes.

En un sistema microbiano anaeróbico, como es el rumen, la energía es el principal factor que limita el crecimiento microbiano, razón por la cual, el suministro y la eficiente utilización de esa energía para la producción de proteína es de suma importancia. La síntesis de proteína microbiana requiere además de un adecuado suministro de nitrógeno para alcanzar la máxima eficiencia. En este sentido la degradabilidad de las proteínas y el reciclaje del nitrógeno (N) son factores condicionantes. Si el nivel de N no fuese el adecuado podría ocurrir una fermentación desacoplada sin producción útil de ATP. Si en cambio el nivel de N es excesivo, la energía puede tornarse en el factor limitante para una eficiente utilización de N.

Por lo tanto, para lograr una máxima eficiencia de síntesis microbiana, el nitrógeno y la energía disponible en el rumen deben estar balanceados.

La eficiencia de síntesis de proteína microbiana es generalmente expresada como la cantidad de N microbiana producido por materia orgánica (MO) digerida en el rumen, se acepta como valor promedio una producción de 30 g de N de origen microbiano por Kg de MO digerida.

## **FACTORES QUE AFECTAN LA SÍNTESIS PROTEICA EN EL RUMEN (ASTIBIA Y COL., 1982)**

### **1-FUENTES DE N Y CONCENTRACIÓN DE AMONÍACO**

Si bien es ampliamente reconocido que el amoníaco es el principal nutriente nitrogenado para los microorganismos (aproximadamente el 80 % de las especies presentes pueden crecer con amoníaco como única fuente de N), algunas bacterias también utilizan aminoácidos y péptidos, y aparentemente la presencia de aminoácidos y péptidos preformados sería esencial para una síntesis eficiente de proteína microbiana.

En situaciones de pastoreo de buena calidad y con elevados contenidos de proteína las concentraciones de amoníaco superan ampliamente la concentración considerada óptima (de 5 a 8 mg/dl), llegando a valores promedios diarios de 42 mg/dl en pastoreo de alfalfa, con picos de más de 60mg/dl. Estos valores nos indican claramente un ineficiente uso del N, por un desbalance nitrógeno-energía de la dieta, que afecta la performance animal. En diferentes trabajos en pastoreo sobre forraje fresco, se observa que hasta un 12-14 % de proteína bruta (PB) los

niveles de amoníaco en rumen son de aproximadamente 5mg/dl y de aquí en más se produce una explosión de amoníaco en rumen, debido a la incapacidad de las bacterias para captar más amoníaco (indicando un desbalance de energía-proteína en las pasturas con elevado nivel de N).

## 2-FUENTES DE CARBOHIDRATOS

Los hidratos de carbono tales como azúcares solubles y algunos tipos de almidón son más efectivos que otros carbohidratos en incrementar la utilización del nitrógeno proveniente de la dieta, promoviendo un rápido crecimiento microbiano. Se observa un incremento en la utilización del amoníaco con el uso de carbohidratos no estructurales (almidón) en lugar de los estructurales. Los valores de crecimiento microbiano evidencian que la utilización del N por los microorganismos fue más eficiente y que la proteína bacteriana fue significativamente mayor cuando el nivel de carbohidratos no estructurales aumentó.

## 3-EFICIENCIA DE CAPTACIÓN DEL NITRÓGENO NO PROTEICO POR LOS MICROORGANISMOS SEGÚN EL TIPO DE ALIMENTO UTILIZADO

La eficiencia de captura del N amoniacal por los microorganismos está relacionada directamente con la energía disponible, generada durante la digestión de los componentes de la dieta.

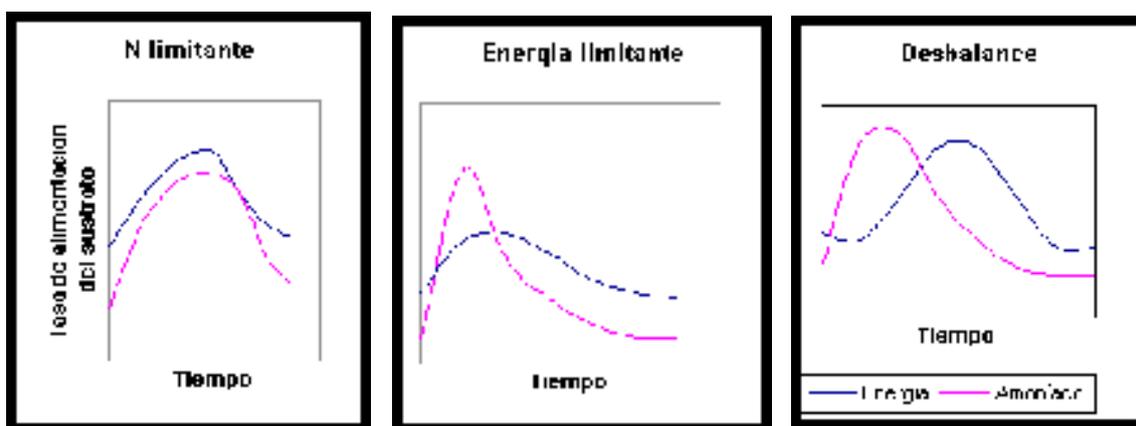
En los siguientes ejemplos se esquematizan los diferentes tipos de fermentación que pueden alterar la eficiencia de captación del N (Gráfico 2).

GRAFICO 2: Esquema de las formas en las cuales la liberación de NNP y energía pueden alterar la eficiencia de utilización de la proteína degradable (Mc. Rae y Reeds 1980).

Gráfico A

Gráfico B

Gráfico C



El gráfico A, representa una dieta con un forraje tosco (de baja calidad), donde el N es limitante, por ejemplo un forraje seco con un contenido de PB menor al 8-9 %. En este caso la liberación de NNP (amoníaco) por los microorganismos está bien equilibrada con la liberación de energía y de esta manera los microbios son capaces de capturar la mayoría de ese N disponible.

El gráfico B, representa una dieta de forraje fresco, con un alto contenido de proteína (muchas de la cual es soluble). En este caso la liberación del NNP es muy rápida y considerables cantidades de amoníaco son absorbidos directamente del rumen. Esta es la situación que se presenta en nuestro sistema pastoril.

El gráfico C, representa la situación que ocurre cuando se suministran suplementos nitrogenados fácilmente disponibles (urea) a animales con una dieta base de forrajes de baja calidad. Se observa un desfasaje entre la rápida fermentación del suplemento proteico y la más lenta de la energía del forraje, con la consiguiente pérdida de N amoniacal por absorción a través de la pared del rumen.

## 4-OTROS FACTORES

Se habló de la fuente de N y la concentración de amoníaco, de la energía disponible, de la fuente de carbohidratos; pero quedan otros nutrientes requeridos por los microorganismos que por requerirse en menor cantidad no son menos importantes. Tomando como ejemplo la síntesis de metionina y cisteína por los microorganismos del rumen, se requiere para ello de azufre, y su deficiencia puede limitar la síntesis de proteína cuando se usan grandes cantidades de NNP. El azufre debe proporcionarse como sulfato o como metionina y cisteína. Además, para la síntesis de ácidos nucleicos se necesita fósforo y es por lo tanto esencial asegurar un suministro del mismo en la dieta. Deficiencias pueden traer aparejado cambios en la concentración de los productos finales de fermentación.

Como regla general debemos admitir que cualquier deficiencia en primera instancia disminuye la eficiencia digestiva ruminal, afectando la cantidad y la proporción de los productos ruminales, reduciendo el consumo total de materia seca y disminuyendo la performance de los animales.

## 2. SUPLEMENTACIÓN NITROGENADA

Para alcanzar los requerimientos proteicos de animales en crecimiento, en terminación o con altos niveles de producción de leche; es necesario suplementar sus dietas con fuentes exógenas de nitrógeno (Kilkenny, 1978 y Leaver, 1978).

Nocek y Russell (1988) establecen que existe una relación entre la suplementación nitrogenada y el consumo de energía, dado que si se favorece la síntesis microbiana por medio de la suplementación proteica, se incrementa la digestibilidad, la tasa de pasaje y el consumo de materia seca (MS); de esta forma se generan mayores cantidades de productos de la fermentación ruminal disponibles para el animal (proteína bacteriana y AGV), por unidad de materia seca consumida y por unidad de tiempo. Existen distintos trabajos en los que se obtuvo respuesta en la performance animal a la suplementación de silo de maíz (como fuente de energía), tanto con nitrógeno no proteico como con nitrógeno proteico (Thomas y Wilkinson, 1975; Poos, Bull y Hemken, 1979; Horton, Pitman y Pate, 1992).

Este papel del Nitrógeno como regulador del consumo voluntario también se presenta cuando los animales son alimentados con forrajes de baja calidad (con 50 % o menos de digestibilidad). En estas dietas el déficit de nitrógeno en el rumen puede actuar como factor limitante del consumo de energía porque deprime la digestión de la celulosa. Por otra parte, el consumo de estos forrajes está determinado por la tasa de "vaciado" de forraje del rumen, y debido a la menor actividad bacteriana ésta se encuentra disminuida. La respuesta animal a un aumento en la provisión proteica, generalmente conduce a un aumento en el consumo voluntario, al incrementarse las tasas de digestión y de pasaje del alimento (Stritzler, Gallardo y Gingins, 1983).

Como fue comentado, dentro de la proteína que llega al intestino delgado para ser absorbida y metabolizada por el animal, pueden distinguirse tres tipos: a) proteína bacteriana, b) proteína dietaria y c) nitrógeno de origen endógeno (Astibia et al., 1984). El nitrógeno endógeno posee una contribución relativamente baja, por lo cual generalmente se lo desprecia, mientras que en animales de altos requerimientos el primer tipo de proteína sólo alcanzaría para cubrir los requerimientos de mantenimiento (Chalupa, 1975). Smith, Broster y Hill (1980) encontraron que en dietas de alto porcentaje de fibra se obtiene mejor respuesta productiva si se suplementa con proteína by-pass. Sin embargo, estos autores señalan que las mejores respuestas atribuidas a la proteína no degradable en rumen podrían deberse, en parte, a que a pesar de la mayor proporción de proteína pasante en la dieta se alcanzó un nivel de amonio ruminal adecuado para el crecimiento microbiano.

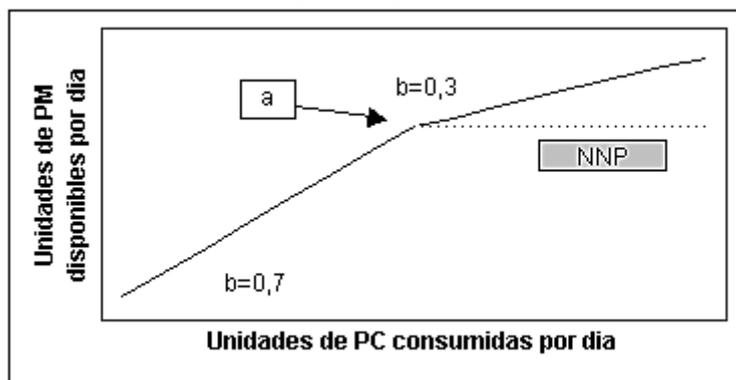
La proteína puede ser suplementada en dos formas: solubles (mayor degradabilidad ruminal, harinas vegetales y urea) y menos solubles (menor degradabilidad ruminal, harinas de origen animal como de sangre, de pescado, de plumas, etc.).

### 2.1 NIVEL DE SUPLEMENTACIÓN

Santini y Dini (1986) expresan que en dietas con altos niveles de proteína, debe considerarse el exceso de amonio que se genera y que debe ser eliminado. En relación a esto Bunting, Boling y MacKown (1989), al suplementar dietas de concentrados con dos niveles de proteína (18,8 y 10,2 % de proteína bruta sobre la materia seca de la dieta) en vaquillonas Angus, concluyeron que altos niveles de proteína resultan en un leve aumento en el consumo de materia seca, mientras que la retención de nitrógeno (g/día) es significativamente mayor, al igual que la cantidad de nitrógeno urinario y la eficiencia de síntesis de proteína bacteriana (g de proteína bacteriana/100 g de materia orgánica aparentemente fermentada). Sin embargo, el reciclaje de nitrógeno fue mayor en la dieta de menor nivel de suplementación, lo que coincide con la correlación negativa entre la cantidad de N consumido y el reciclaje del mismo que citan Astibia et al. (1982); por lo tanto, la eficiencia de utilización del N (unidad retenida por unidad consumida) disminuiría al incrementarse la cantidad de N consumida. En el trabajo de Bunting et al. (1989), el nivel de proteína de la dieta no afectó la digestibilidad de la materia seca, y la cantidad de proteína bacteriana que alcanzó el abomaso fue similar para los dos tratamientos, lo que indica que el N no fue limitante para el crecimiento bacteriano en la dieta con menor proporción del mismo.

La menor eficiencia de utilización del nitrógeno al incrementarse su consumo es explicada por Satter y Roffler (1975), quienes establecen una concentración máxima de amoníaco en el rumen (punto de acumulación de amoníaco), donde todo el amoníaco ruminal que se genera (por desaminación, consumo o reciclaje) es utilizado para la síntesis de proteína bacteriana, obteniéndose, de esta forma, la mayor cantidad de proteína metabolizable (PM) por unidad de proteína consumida (Gráfico 3).

GRAFICO 3: Esquema de la relación entre la proteína metabolizable (PM), la proteína cruda (PC) y el nitrógeno no proteico (NNP) (Satter y Roffler, 1975).



a) punto de acumulación de amoníaco; b) eficiencia de conversión de PC a PM.

La adición de nitrógeno no proteico (NNP) por sobre el nivel mencionado no aumenta la cantidad de PM que llega al duodeno, mientras que si se suplementa con proteína verdadera, la PM se incrementa en función de la cantidad de proteína y aminoácidos que escapan a la fermentación que ocurre en el rumen; es aquí donde disminuye la eficiencia de utilización del nitrógeno consumido. Se puede advertir entonces que en el ensayo de Bunting et al. (1989) este punto ya había sido alcanzado con el nivel de 10,2 % de proteína, pues la eficiencia de síntesis bacteriana no fue alterada por el nivel de proteína utilizado en la dieta.

Veira et al., (1980 a) al suplementar terneros de destete con distintos niveles de proteína (10,2 – 12,2 – 14,1 – 16,1 %) con harina de soja en una dieta restringida de grano de maíz molido, observaron que el punto de acumulación de amoníaco se obtuvo con 12 % de proteína cruda (PC) en la dieta, y que si bien los distintos niveles proteicos aportaron cantidades similares de proteína bacteriana al duodeno, la cantidad de proteína total que llegó al mismo aumento en forma conjunta con el porcentaje de proteína de la dieta. En otro trabajo de características similares Veira et al., (1980 b), con niveles proteicos de la dieta de 9,9; 12; 14,2 y 16,2 %, establecieron que el aumento en proteína se reflejaba en aumentos en la digestibilidad de la materia seca, de la materia orgánica, del nitrógeno, de la fibra detergente ácida (FDA) y del almidón. Los aumentos diarios de peso vivo (ADPV) se incrementaron en forma lineal con el aumento del porcentaje de proteína dietaria. Los autores consideran que para lograr la máxima eficiencia de utilización del nitrógeno en animales de altos requerimientos, la dieta debe proveer cantidad suficiente de nitrógeno para un adecuado desarrollo bacteriano y cubrir el resto de los requerimientos proteicos con proteína by-pass. Coleman y Barth (1974) sugieren que cuando el nitrógeno suplementado en forma de urea (en dietas de silaje y grano de maíz) aumenta desde 5,4 hasta 45,4 % del nitrógeno total, la eficiencia de retención del nitrógeno del total absorbido, del consumido y la utilización neta de la proteína disminuyen 17,9; 14,7 y 12,2 unidades porcentuales, respectivamente.

### 3. SUPLEMENTACIÓN CON NITRÓGENO NO PROTEICO (NNP)

Los compuestos con nitrógeno no proteico pueden utilizarse satisfactoriamente en cierta cuantía como sustituto de la proteína, tanto en el engorde de bovinos para producir carne como en la alimentación de vacas lecheras. A este respecto se utilizan principalmente: amoníaco, urea, biuret, fosfato diamónico y polifosfato amónico (Kolb, 1971).

**AMONIACO** : es un gas que, en general, se disuelve en el agua. Es la fuente más barata de nitrógeno que puede utilizarse en la alimentación del ganado, pero, como es tóxica y difícil de manejar, se usa principalmente para aumentar el contenido de nitrógeno de los alimentos pobres en proteína mediante la amonización en escala industrial. El amoníaco se fija químicamente y no se libera hasta que el pienso fermenta en el rumen. (El sitio de la Prod. bovina 1).

**UREA** : es la fuente más barata de nitrógeno sólido. Es un polvo blanco, cristalino y soluble en agua, que se usa como fertilizante y para la nutrición animal. Actualmente se presenta en el mercado en forma granulada y perlada, siendo esta última la más recomendable para el uso animal por su soltura y facilidad para mezclarla con otros ingredientes. La urea fertilizante, que es más barata, es higroscópica y se cuaja con mucha facilidad, lo que hace difícil mezclarla en los piensos sólidos; sin embargo, puede utilizarse con los piensos si se añade en forma de suspensión o de solución en melaza. Las semillas de algunas leguminosas, especialmente la soja, contiene una enzima, la ureasa, que descompone la urea y hace inapetecible el pienso. La ureasa queda en gran parte destruida por tratamiento térmico, por el cual los granos y las harinas oleaginosas pueden mezclarse con urea. (El sitio de la Prod. bovina 1).

**BIURET:** Se produce a partir de la urea por calentamiento, y contiene un 41 % de nitrógeno. Es apenas soluble en agua y no es tóxico, ya que el amoníaco se libera lentamente en el rumen. Por consiguiente, tiene ventajas concretas en comparación con la urea para utilizarlo en los piensos secos. Sin embargo, es más caro y hace falta un período de adaptación de 2 semanas a 2 meses, antes que se obtenga una respuesta en la alimentación con biuret. Esta adaptación se pierde rápidamente cuando no se suministra biuret. (El sitio de la Prod. bovina 1).

**FOSFATO DIAMONICO:** Se trata de un polvo cristalino de color blanco soluble en agua. Contiene 21,4 % de nitrógeno y 23,7 % de fósforo. Tiene la ventaja, con respecto a la urea, que mejora a la vez el aporte de fósforo. (El sitio de la Prod. bovina 1).

**POLIFOSFATO AMONICO:** Es una fuente corriente de fósforo y de NNP en los suplementos líquidos. Se emplea en forma líquida, ya que tiene la ventaja, que no es corrosivo. Contiene 11 % de nitrógeno y 16,1 % de fósforo. (El sitio de la Prod. bovina 1).

Los compuestos de NNP se hallan presentes ya naturalmente en los alimentos en más o menos concentración. Particularmente rica en compuestos de NNP son las pasturas tiernas (especialmente en otoño), en cuyo contenido de nitrógeno (N) entra el NNP en proporción hasta del 25-30 %. La fracción principal del NNP de la pastura está constituida por aminoácidos libres, amidas libres (glutamina y asparagina), nitrato, bases púricas y sales de amoníaco (Kolb, 1971).

En los sistemas de producción animal, el recurso de NNP más difundido es la "**UREA**". Este suplemento es básicamente nitrógeno no proteico de rápida degradación ruminal, a las 2 horas de ingestión se produce el pico de amoníaco en rumen y a las 9 o 10 horas éste vuelve a tener el nivel que tenía antes de la ingestión. Su aprovechamiento para la síntesis de proteína microbiana dependerá, entre otros factores, del aporte simultáneo de energía en el rumen. La urea es un compuesto de NNP comercial conteniendo aproximadamente 46 % de nitrógeno, por lo tanto, 100 gramos de urea representan 287,5 gramos de proteína cruda (PC) para el animal ( Kjeldahl, contenido de nitrógeno por 6,25) (Kolb, 1971).

Cuando pensamos en incorporar urea a la dieta, motivados por su menor costo con relación a otra fuente proteica, debemos tener presente que sólo aportará nitrógeno; a diferencia de cualquier otro concentrado que aporta simultáneamente cantidades variables de fibra, azúcares, grasas, etc (Kolb, 1971).

La clave de suplementar con urea radica en asegurar un nivel constante de nitrógeno amoniacal en el rumen a fin de maximizar el metabolismo microbiano. Por otra parte, la urea en el rumen, puede descomponerse en el amoníaco más rápido que lo que las bacterias pueden convertir esto en proteína. Ello dependerá por un lado, de la frecuencia de consumo del suplemento durante el día y de la cantidad consumida, y por otro, de la fracción de NNP presente en la dieta base. En planteos de alimentación en feedlot, podemos asegurar el consumo regular de urea durante el día; pero en pastoreo (vacas lecheras, por ejemplo), el suministro se reducirá a una o dos veces por día, provocando picos de producción de amoníaco en rumen que difícilmente puedan ser aprovechados por las bacterias dado que no se equilibraría el aporte de energía y nitrógeno (Kolb, 1971).

Son precisamente estos excesos de amoníaco los que a veces desencadenan casos de intoxicación, pues el sistema hepático no alcanza a convertirlo en urea para eliminarlo. La intoxicación por amoníaco produce una alcalosis, los síntomas clínicos presentados por este tipo de anomalía fisiológica son: salivación excesiva, dificultad para respirar, alteración de la coordinación motora, temores musculares, timpanismo, convulsiones, mugidos, rigidez en las patas delanteras y finalmente la muerte. Si no se trata inmediatamente, el animal morirá en un lapso de 3 horas. En los bovinos el tratamiento común de este tipo de intoxicación, consiste en suministrar por vía oral una solución de 2 o 3 litros de vinagre disueltos en 20 o 30 litros de agua fresca, antes que el animal alcance la etapa de rigidez muscular. (El sitio de la Prod. bovina 2).

Por lo tanto, sería recomendable combinar urea con otra fuente proteica de degradación más lenta (harina de soja), agregar una fuente energética de fácil disponibilidad (granos de rápida digestión) y asegurar la completa homogeneización de la mezcla para evitar elevados picos de amoníaco ruminal. Otra manera de manejar esto, aparte de la adecuada sincronización con fuentes de hidratos de carbono de rápida fermentación ruminal, sería disminuyendo la velocidad de producción de amoníaco con fuentes de NNP de hidrólisis lenta; favoreciendo la formación de un PH más bajo que disminuya la absorción de amoníaco a nivel ruminal (fosfato diamónico); reparando los aportes de NNP a lo largo del día por métodos de distribución adecuados como mezclas de urea con forraje que son ingeridos lentamente, libre acceso a bloques de urea para lamer, o mezclas líquidas o de productos pulverulentos conteniendo urea adicionados a la ración (Kolb, 1971).

También, el uso de ciertos aditivos como el extracto de "Yucca schidigera" o como la "zeolita" pueden servir de ayuda para atrapar el exceso de amoníaco liberado en rumen. La primera es una planta que ha desarrollado un sistema para atrapar el amoníaco cuando se encuentra en altas concentraciones y retenerlo en forma no-tóxica y no-volátil, y así tenerlo disponible para cuando se requiera. La zeolita es una sustancia mineral con alta capacidad de intercambio iónico, este aluminosilicato también capta los iones de amoníaco cuando están en exceso y los libera cuando la concentración a nivel ruminal disminuye a niveles limitantes para el óptimo desarrollo bacteriano. Estos compuestos disminuyen las fluctuaciones de amoníaco ruminal a través del día y esta mejora en el ambiente ruminal se refleja en la performance productiva de los animales, especialmente en las vacas lecheras donde au-

mentó su producción en aquellos casos donde el amoníaco era limitante en determinados momentos del día (Rearte, 1992).

Es preciso no solamente aportar energía y nitrógeno, sino también los demás factores de crecimiento: una proporción de nitrógeno en forma de aminoácidos, péptidos o polipéptidos pequeños; minerales, especialmente fósforo y azufre y ciertos ácidos grasos volátiles ramificados que provienen de la desaminación de los aminoácidos correspondientes. (Astibia y col., 1982).

La adaptación del animal a la dieta también limita la cantidad de urea que puede ser usada en el comienzo de la suplementación. Toma aproximadamente 10 días a dos semanas para que el animal comience a adaptarse para una utilización total de la urea, pero ésta puede perderse en períodos más cortos de 48 horas. Si se suministra a un animal no adaptado una dosis grande de urea, se pierde una cantidad sustancial de nitrógeno por orina. Se establece que la retención de nitrógeno absorbido se mejora en 3 % por cada período de 10 días de suministro de urea. La máxima capacidad de los microorganismos del rumen para asimilar el amoníaco se alcanza a los 19 a 22 días de iniciar el consumo de una dieta rica en urea. (El sitio de la Prod. bovina 3).

Para animales de altos requerimientos proteicos como los jóvenes en activo crecimiento (hasta 300 Kg. de PV) o las vacas lecheras de alta producción (más de 20 l.) en su primer tercio de lactancia, la adición a la urea de fuentes de proteína verdadera (harinas vegetales y animales) estimula el crecimiento y metabolismo microbiano asegurando un mayor flujo de aminoácidos al intestino (Astibia y col., 1982).

Se recomienda que la urea usada como suplemento proteico, puede reemplazar un tercio (1/3) del total de la proteína, o componer un 3 % de la materia seca (MS) del concentrado o un 1 % del total de la MS de la ración (Briggs, 1967).

Según lo descrito al hablar de suplementación nitrogenada, el NNP tendría prácticamente el mismo valor nutricional que la proteína, si es suministrado hasta alcanzar el punto de máxima utilización del amoníaco ruminal (Satter y Roffler, 1975). Valores de amoníaco ruminal entre 5 y 8 mg/dl determinarán una máxima eficiencia de síntesis de proteína bacteriana. Cantidades superiores de amoníaco solo serán utilizadas en la formación de proteína si se asegura un correcto balance en el tiempo de energía:proteína dentro del rumen; de lo contrario el exceso de amoníaco será absorbido y eliminado. Satisfacer los requerimientos de N de los microorganismos, así como asegurar el balance energía:proteína para maximizar su metabolismo repercutirá, no solo en el aporte de proteína bacteriana que arribará al intestino, sino que mejorará la digestión ruminal de la fracción fibrosa de toda la dieta así como el consumo total de MS (Astibia y col., 1982).

Barth et al. (1974) afirman que con urea se pueden alcanzar las tasas de digestión de la celulosa que se logran con la suplementación con proteína vegetal, e inclusive se podrían superar; Wales, Moran y Farrel (1993) sugieren que la urea puede ser utilizada exitosamente como única fuente nitrogenada en dietas de silaje de maíz para el engorde de novillos; esto se debería al elevado contenido de almidón del silaje como fuente de energía (Phipps, 1978). Moran y Pritchard, (1987) comentan que en animales de más de 200 kg es posible alcanzar ganancias de 0,8 a 1 kg/día utilizando 1 % de urea sobre la MS total de la dieta, pero si se buscan mayores ganancias de peso se debería utilizar algún concentrado energético. Para Amos y Evans (1976) la suplementación con urea sólo aporta beneficios en dietas de elevada digestibilidad. Chalupa (1975) expresa que en dietas purificadas donde la urea es la única fuente nitrogenada, toda la proteína metabolizable disponible para el animal es de origen bacteriano, y como se citó anteriormente, ésta no alcanzaría a cubrir los requerimientos proteicos de animales en crecimiento o en lactancia. Cottrill et al, (1976) y Kilkenny (1978) coinciden con Chalupa y no esperan buenos resultados al suplementar animales jóvenes con urea como única fuente de nitrógeno. Huber (1975) en una revisión sobre la utilización de la proteína y el NNP en dietas para vacas lecheras, evidencia la posibilidad de utilizar urea como único suplemento nitrogenado en vacas con una producción menor a los 20 lts/día alimentadas a base de grano o de silaje de maíz; pero si el nivel de producción de las vacas es mayor, se debería suplementar con una fuente de proteína verdadera.

## MANERAS DE SUMINISTRAR LA UREA AL GANADO

**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 a ser ensilado (maíz, sorgo, pasto de corte) 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. (El sitio de la P. Bovina 3).

**Concentrados comerciales:** en los alimentos comerciales balanceados puede ser incluido hasta el 3 % de urea en su elaboración. 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. (El sitio de la P. Bovina 3).

**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. (El sitio de la P. Bovina 3).

**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 viene a jugar un papel muy importante en su consumo por parte de los animales, ya que mientras más pastosa sea la mezcla (contenga menos melaza), ella puede ser suministrada a los terneros de 7 meses de edad sin problemas de sobre consumo. La urea en este tipo de mezcla puede alcanzar hasta el 10 %.(El sitio de la P. Bovina 3).

**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 desperdicios de la mezcla y posibles consumos exagerados por los animales, se recomienda usar una rejilla de madera que flote sobre la superficie de la mezcla. También la utilización de 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, están preparados con ingredientes no costosos y disminuyen los desperdicios. Debido a que contienen melaza, el ganado los consume gradualmente a lo largo de un prolongado período de tiempo. Se evitan problemas de apetecibilidad, de toxicidad y se mejora la utilización; por todo esto es que son muy populares.(El sitio de la P. Bovina 3).

**Bloques multinutricionales:** constituyen la forma más segura y sencilla de suministrar urea a los rumiantes en condiciones de campo. En sí, los bloques son un producto alimenticio que posee en su composición los nutrientes básicos que el animal necesita, siendo mezclados, compactados y presentados en forma cúbica o cilíndrica, con un peso que oscila entre 14 y 50 kg. Bajo esta forma de suministro, la urea puede alcanzar hasta el 15 %. Los bloques que contengan urea deben verse dentro de una lata o cajón fuerte, para evitar que los animales lo mordisqueen. Deben también protegerse de las lluvias, de forma que los animales no beban una solución de urea. Los animales hambrientos de sal pueden inadvertidamente ingerir una dosis excesiva de urea en su deseo de consumir sal.(El sitio de la P. bovina 3).

**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, y subsecuentemente 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, si se añade en forma de suspensión o de mezcla en la melaza.(El sitio de la P. Bovina 3).

**Agregada a forrajes verdes:** para este fin es utilizada la caña de azúcar o pasto de corte picado, empleándose hasta 800 gr de urea por cada 100 kg de material verde. Se requiere incrementar paulatinamente la urea a partir de 200 gr durante la primera semana.(El sitio de la P. Bovina 3).

**Rociado 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 melazas. Se utiliza poco por su elevado costo y por su gran desperdicio.(El sitio de la P. Bovina 3).

### 3.1 EFECTOS DE LA UREA SOBRE EL PH Y EL N AMONIAL EN EL LÍQUIDO RUMINAL DE BOVINOS

Distintos trabajos se han realizado con el objeto de determinar la influencia de la suplementación con urea en las características del ambiente ruminal.

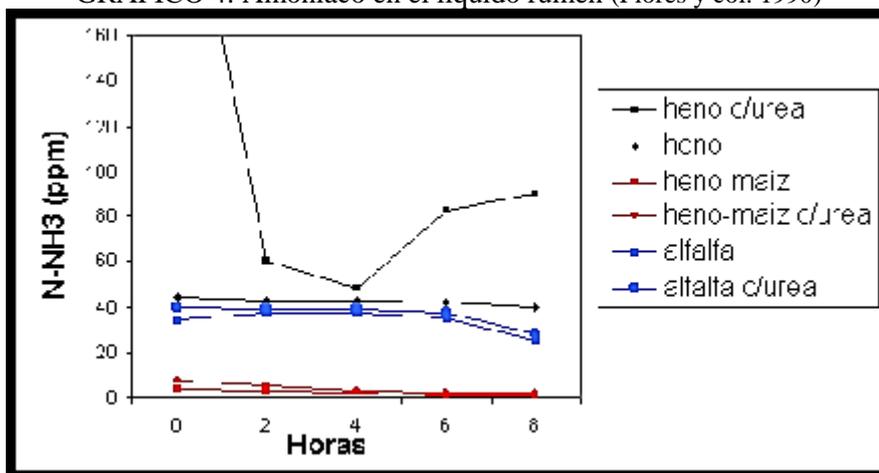
En una conferencia dictada por el Ing. D.H. Rearte (1992), especialista en alimentación, establece que la máxima actividad bacteriana se logra cuando el ambiente ruminal es óptimo, es decir que tanto la digestión de la fibra como la multiplicación bacteriana alcanza su punto máximo. Se observó que dicho ambiente se daba cuando el Ph del líquido ruminal estaba en el rango de 6,7-6,8, la concentración de amoníaco (NH<sub>3</sub>) es de 5-8 mg/dl y la de los ácidos grasos volátiles (AGV) de 79-80 mMol/l y una relación acético:propiónico de 3,3-3,5:1, para una adecuada producción y composición de la leche.

Flores y col. (1990), realizaron un estudio para ver el efecto de la urea en el Ph y el NH<sub>3</sub> a nivel ruminal (Cuadro 1; Gráfico 5). Para esto, utilizaron novillos Holando argentino de 2 años de edad y 250 kg, alimentados con tres diferentes dietas, a las que luego se les adicionó urea. Las dietas eran: 1) heno de baja calidad, 8 % de PC, 2) heno, 8 % PC, más 2 kg de maíz molido y 3) fardo de alfalfa de alta calidad, 18 % de PC. Las variaciones del Ph y del NH<sub>3</sub> fueron los siguientes:

CUADRO 1: Variación del Ph y del N amoniacal ruminal con distintos alimentos (Flores y col. 1990).

	Heno	Heno c/urea	Heno-maíz	Heno-maíz c/urea	Alfalfa	Alfalfa c/urea
Ph ruminal :	7.32	7.25	7.00	6.24	6.70	6.81
N NH <sub>3</sub> (ppm) :	35.4	110.6	1.7	2.1	26,8	27.3

GRAFICO 4: Amoníaco en el líquido rumen (Flores y col. 1990)



Con respecto al Ph ruminal, se observó que no hay diferencias significativas para un mismo alimento con el aditivo de urea o sin la urea. Los valores más bajos para las dietas 2 y 3 indican una mayor actividad microbiana con mayor acumulo de AGV.

En el caso del NH3 ruminal, al suministrar la dieta 1 (heno), se observaron valores más estables en el tiempo del contenido de amoníaco. Al adicionarle urea se obtienen valores más elevados (260 ppm) y muy variados. El valor mínimo se encuentra luego de las 4 horas de suministrado el alimento, lo cual coincide con otra bibliografía. Estos valores reflejan la poca adaptación del líquido ruminal al aditivo de urea, en caso de emplearse una alimentación pobre en proteínas e hidratos de carbono solubles. El NH3 se mantiene elevado, al no ser utilizado en la síntesis de proteína bacteriana, debido entre otras cosas a la falta de cadenas carbonadas.

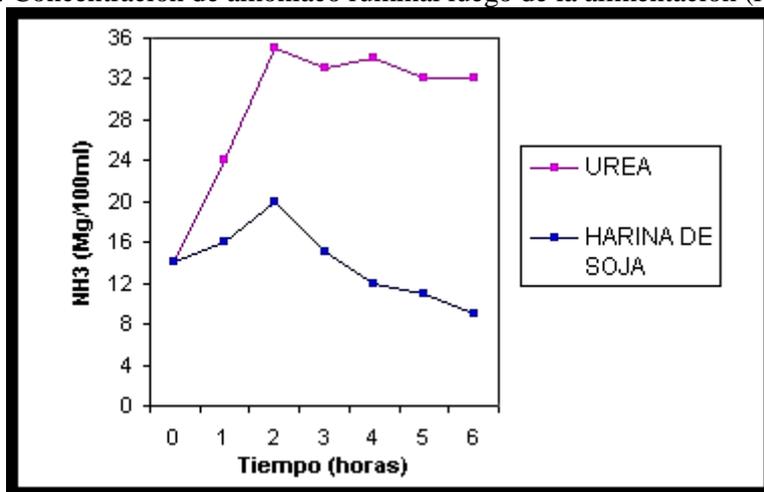
En el caso de la dieta 2 (heno y maíz), el amoníaco se mantiene muy bajo tanto en el caso de emplearse urea, como en el caso de no usarla. El maíz molido incorpora un elevado porcentaje de almidón, el cual por su mayor degradación en comparación con el maíz entero, suministra AGV que pueden ser utilizados junto al N para la síntesis de proteína bacteriana. Con la dieta 3 (alfalfa), con buen porcentaje de proteína e hidratos de carbono de alta digestibilidad, se obtienen valores de NH3 superiores a la dieta 2, pero menores a la dieta 1; y el agregado de urea no afectó significativamente estos valores.

Los autores determinan que el N proveniente de la urea es aprovechable siempre que se le suministre una dieta rica en proteína y/o hidratos de carbono de alta digestibilidad para la síntesis de proteína bacteriana.

Poos et al, (1979), alimentando animales con dos fuentes diferentes de proteína, urea y harina de soja, en distintas concentraciones; obtuvieron las siguientes concentraciones de amoníaco en rumen (Gráfico 5).

Entre una dieta con 3,7 % de urea sobre la MS y otra con un 17,4 % de harina de soja sobre MS:

GRAFICO 5: Concentración de amoníaco ruminal luego de la alimentación (Poos et al. 1979).



El patrón de concentración del N amoniacal para estas vacas alimentadas con dietas suplementadas con urea o con harina de soja, son diferentes, como muestran los valores de los picos de concentración de cada dieta. El hecho de que ambas dietas suplementadas mantienen concentraciones de amoníaco de más de 7,5 mg/dl, sugieren que el N no era limitante para la fermentación ruminal. Los mismos autores, usando dos dietas: una con un 1,2 % de urea y 3.5 % de harina de soja, y la otra con un 13,6 % de harina de soja, encontraron que los picos de N amo-

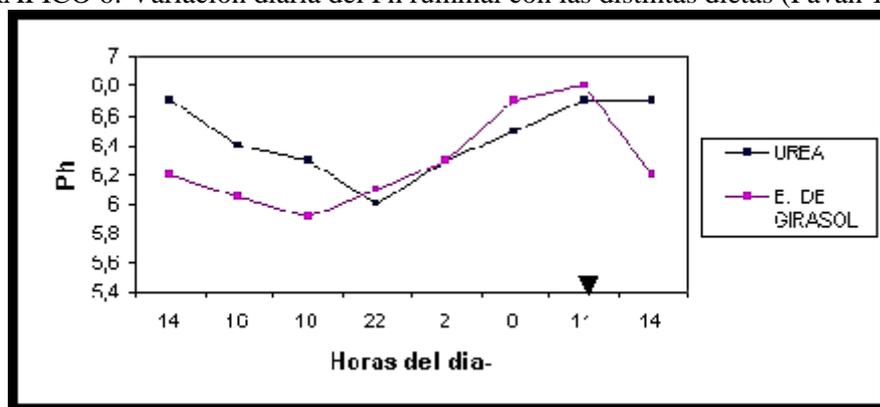
niacal en los animales alimentados con estas dietas suplementadas, eran más bajos con respecto a aquellos observados en el primer experimento; sin embargo, la digestibilidad de la dieta total fue similar debido a que se alcanzan concentraciones de amoníaco ruminal capaces de producir el máximo crecimiento microbial.

El Ing. E. Pavan (1996), comparando urea con expeller de girasol en animales de feedlot, encontró que el promedio del Ph ruminal fue mayor para las dietas conteniendo urea (Cuadro 2 y Gráfico 7). Entre otros factores, el nivel de Ph está influenciado por el consumo (por su efecto sobre la rumia) (Owens y Goetsch, 1984) y la concentración de AGV en el rumen; así, el mayor Ph encontrado con la urea sería consecuencia de una mayor rumia, generada por el menor consumo de esta dieta con respecto a la dieta con expeller de girasol. Por otra parte, la suplementación con expeller de girasol mejora el crecimiento bacteriano con respecto a la urea (Amos y Evans, 1976); esto originaría una mayor producción de AGV, lo que explicaría su bajo Ph. Las menores variaciones diarias del PH para la dieta con urea se podría atribuir a un posible efecto "buffer" del amonio (Counotte et al., 1979), producto de las altas concentraciones de amoníaco liberado por la urea (Gráfico 7) en el momento de mayor producción de AGV.

CUADRO 2: Caracterización del ambiente ruminal. (Pavan 1996)

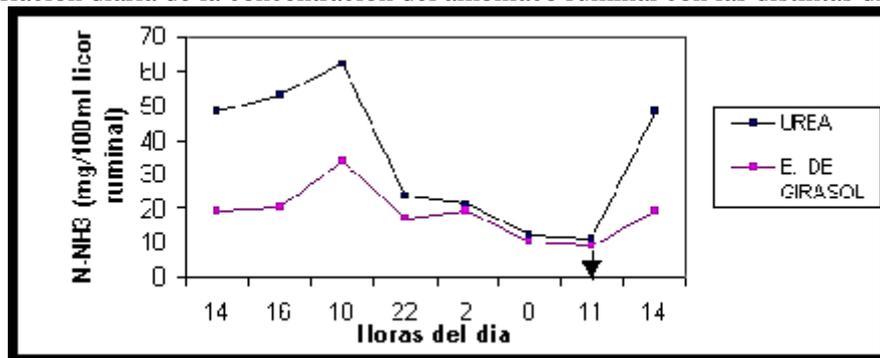
	Dieta 1	Dieta 2
	(29.3 % de expeller de girasol)	(2.9 % de urea)
Ph	6.3	6.44
NH3 (mg/dl)	17.8	34.07

GRAFICO 6: Variación diaria del Ph ruminal con las distintas dietas (Pavan 1996)



La flecha indica el momento de alimentación.

GRAFICO 7: Variación diaria de la concentración del amoníaco ruminal con las distintas dietas (Pavan 1996).



La flecha indica el momento de alimentación

Los valores de amoníaco ruminal presentan poca variación para las dietas con expeller de girasol, mientras que con la urea se evidencia un gran pico en el momento en que el consumo sería máximo para luego disminuir abruptamente. La gran variación en la concentración de amoníaco con la urea, también encontrada por Smith et al. (1980) cuando suplementaron dietas fibrosas con urea, se debería a que como la urea es 100 % soluble incrementa las concentraciones de amoníaco ruminal al poco tiempo de haber sido ingerida, pues los microorganismos del rumen no tienen la capacidad ni la disponibilidad de energía suficiente para metabolizarlo en su totalidad. La más lenta degradación de la proteína del expeller de girasol permitiría un mejor sincronismo entre la disponibilidad energética y la nitrogenada para el desarrollo de las bacterias, con lo que la utilización del N se hace más eficiente y las concentraciones de amoníaco menores.

Adamu et al.(1989) en animales alimentados con dietas de silaje de rastrojo de maíz suplementadas con concentrado proteico que poseían distintas proporciones de urea, encontró que el máximo crecimiento microbiano, medido a través de la cantidad de N-bacteriano que llega a duodeno, se produjo cuando el nivel de amoníaco en rumen alcanzó 4,9 mg/dl, mientras que el nivel óptimo para maximizar el consumo y la digestibilidad de la MS se alcanza cuando, en los animales alimentados 4 veces por día, el valor era de 13,3 mg/dl. Este autor concluye que para mantener el valor de amoníaco ruminal por sobre los 13,3 mg/dl en animales alimentados una vez por día se debería alcanzar, a las 2 horas del pico de alimentación, un nivel superior a los 18,2 mg/dl.

### **3.2 EFECTOS DEL NNP SOBRE LA ACTIVIDAD MICROBIANA**

#### **3.2.1 SINCRONIZACIÓN DEL NITRÓGENO CON LA ENERGÍA**

Para maximizar la síntesis de proteína microbiana en el rumen, se requiere la oportuna disponibilidad de fuentes adecuadas de N y de Hidratos de Carbono para un rápido crecimiento bacteriano. Nocek y Russell (1988) sugieren que la eficiencia del crecimiento microbiano y de la producción de proteína microbiana, pueden ser mejoradas por el balanceo de la ración en energía y nitrógeno disponible en el rumen. Henning et al. (1993) demostraron que únicamente mejorando el grado de sincronización entre la proporción de energía y de N liberados en el rumen, no se aumenta la producción microbiana; también son necesario adecuados niveles de aporte de energía y de N (dietas balanceadas). Está comprobado que las dietas conteniendo menos del 35 % de carbohidratos no estructurales traen problemas en la síntesis de proteína microbiana; y aquellas con más del 40 % de éste tipo de carbohidratos producen un exceso de AGV y problemas de acidosis.

La consecuencia de un asincronismo en la digestión de las fuentes de N y de energía, es un aumento en la absorción del amoníaco ruminal dentro del torrente sanguíneo y conversión a urea en el hígado. Esta detoxificación hepática del exceso de amoníaco ruminal, requiere un gasto calórico para los rumiantes de 0,2 Mcal de Enl/100 gr de exceso de proteína cruda consumida (Twigg and Van Gils, 1988). También la elevación del N ureico en plasma, como consecuencia de esto, puede estar asociado con el deterioro en la performance reproductiva de las vacas lecheras de alta producción (Ferguson et al. 1993; Mc. Cormick et al. 1999). Además, el ineficiente uso del N por los rumiantes y la excesiva excreción urinaria de N pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente (Tamminga, 1992).

La suplementación con maíz molido a una pastura tierna con alto porcentaje de PC, puede mostrar una reducción en la concentración de amoníaco ruminal y un aumento en la síntesis de proteína microbiana en sistemas de cultivo in vitro (Bach et al, 1999) o con vacas lecheras en lactación in vivo (Berzaghi et al, 1996). Arieli et al. (1996), en otras investigaciones comparando altas y bajas fuentes de Hidratos de Carbono degradables en rumen; revelaron que la suplementación de la dieta con granos de cereales conteniendo altos carbohidratos fácilmente degradables, tales como la cebada o la tapioca, reducen la concentración de amoníaco ruminal y mejoran el uso de N, en mayor cantidad que la suplementación con granos de maíz. El mejoramiento en el uso de N y en la síntesis de proteína bacteriana, también fue registrado cuando el almidón del trigo fue reemplazado, en las dietas basadas en silo de pastura, por otras fuentes energéticas como la sacarosa y la lactosa de mejor disponibilidad a nivel ruminal, en la alimentación de corderos (Chamberlain et al, 1993).

Mc Cormick et al. (2001), demostró que en dietas basadas en pasturas con la suplementación de grano de maíz molido y harina de soja, administradas a vacas lecheras, la adición de sacarosa a un nivel del 5 % sobre base seca, mejora el uso del N. Pero no observaron lo mismo cuando se suplementó lactosa, en lugar de la sacarosa.

Cuando se suplementa con NNP, se observa que la gran solubilidad de la urea aumenta rápidamente los niveles de N amoniacal en el rumen; en dietas con elevada proporción de urea, la retención del nitrógeno en el animal se correlaciona positivamente con la cantidad de hidratos de carbono fácilmente fermentecibles (Coleman y Barth, 1974). Si se busca mantener los niveles de amoníaco ruminal dentro de los rangos adecuados para lograr un óptimo aprovechamiento del nitrógeno (máxima obtención de proteína metabolizable), la cantidad necesaria de este tipo de azúcares será mayor en las dietas donde la urea es la principal fuente de nitrógeno, pues los microorganismos deben disponer simultáneamente de ambos nutrientes (Shirley, 1986).

La absorción del amonio a través de las paredes del rumen se da bajo su forma no ionizada; por lo tanto, este proceso es regulado por la cantidad total de amoníaco y el Ph ruminal (Nolan, 1993). Según Bartley (1976) se podrían tolerar altos niveles de amoníaco ruminal sin problemas de toxicidad si la dieta posee suficiente cantidad de hidratos de carbono fácilmente fermentecibles para mantener el Ph por debajo de 7,4 . Russell et al. (1983), comentan que la concentración de amoníaco ruminal, es inversamente proporcional a los hidratos de carbono solubles adicionados a la dieta.

Casper and Schingoethe (1986), demostraron que las menores concentraciones de amoníaco ruminal y de la urea sérica, en los animales alimentados con dietas suplementadas con urea y suero de queso; indica que el suero desecado aumenta la utilización del N en las dietas con urea (al 1 % de la MS), por estimular la síntesis de proteína microbiana. Esto también fue reportado por Windschitl and Schingoethe (1984). El aumento en la utilización del N por suplementar con suero seco, puede ser debido al aumento en la cantidad de lactosa fácilmente fermente-

cible como una fuente de energía y de esqueletos carbonados para la síntesis proteica (el suero contiene un 70 % de lactosa). Aunque las dietas eran altas en N degradable, la concentración de amoníaco ruminal era reducida por una rápida disponibilidad de carbohidratos fácilmente fermentables.

Un punto importante a tener en cuenta con respecto a los granos de cereales en la suplementación de las dietas con urea, es el sitio de digestión del almidón. Clasificando a los granos de mayor a menor degradabilidad ruminal de su almidón, tenemos: trigo, cebada, avena, maíz y por último el sorgo (éstos dos últimos se digieren principalmente a nivel intestinal). Por lo tanto, si se utilizan fuentes proteicas de rápida degradación en rumen, como la urea, sería conveniente utilizar granos de alta digestión en rumen como la avena, el trigo o la cebada; para hacer una mejor utilización del amoníaco ruminal rápidamente disponible y lograr una buena síntesis de proteína bacteriana. Esto, como ya fue comentado, es de suma importancia porque entre el 60 y el 80 % de la proteína que es utilizada por el rumiante tiene este origen (Elizalde y Santini, 1992).

Muchas veces la combinación de granos con diferente utilización ruminal de su almidón sería lo más recomendable, tal es el caso de vacas lecheras con altos requerimientos energéticos y proteicos a principios de lactación. En estos casos la fermentación ruminal del grano de avena, cebada o trigo daría la energía necesaria para el crecimiento microbiano, y la inclusión en la dieta de maíz o sorgo aportaría, por su menor digestión ruminal, almidón directamente en intestino delgado donde se absorbería como glucosa. Esta nutriente es de gran importancia como proveedor de energía, y para la síntesis de lactosa de la leche, o de grasa corporal en el novillo en terminación (Elizalde y Santini, 1992). Por otra parte, éste aporte de glucosa disminuye la gluconeogénesis en el hígado a partir de los aminoácidos, y éstos quedan disponibles para ser utilizados en la síntesis de proteínas.

Por otro lado, existen granos que serán mejor utilizados a lo largo del tracto digestivo cuando se dan procesados, caso del maíz y el sorgo. En éstos, los gránulos de almidón están encerrados por una cobertura proteica y si esta no se rompe (quebrado o molido), la digestión del almidón es muy lenta. Los grano de cebada y trigo, si bien tienen una estructura distinta, su utilización aumenta con el proceso de partido o aplastado. La avena no sufre demasiados cambios de utilización si se la da entera o aplastada.

Una forma de mejorar la utilización del grano de maíz en la sincronización con dietas conteniendo urea, es por medio de la confección de silos de grano húmedo de maíz (D.H. Rearte 1995). Se ha comprobado que el ensilado de grano húmedo de maíz suele presentar una mayor digestibilidad que el grano de maíz seco (Tyrrel y Vargas, 1984). Se indica que la degradabilidad ruminal del almidón proveniente del grano húmedo de maíz es mayor que la del maíz seco y similar a la de la cebada. Esta mayor degradabilidad ruminal se produce como consecuencia de la mayor cantidad de agua en el grano, lo que altera las uniones hidrogenadas del almidón, originando una masa más amorfa. El aumento de este amorfismo de los gránulos de almidón incrementa el grado de solubilidad del mismo en el rumen o la tasa de penetración y digestión bacteriana (Nocek, 1987). Esto proveería una mayor cantidad de energía rápidamente disponible para las bacterias del rumen, lo cual aumenta la eficiencia de utilización del N liberado por la urea, mejorando la performance animal.

### 3.2.2 REQUERIMIENTOS DE AMINOÁCIDOS Y PÉPTIDOS

La mayoría de las bacterias ruminales pueden utilizar NNP como fuente de nitrógeno; otras en cambio, requieren aminoácidos preformados y péptidos (Al-Rabbat, Baldwin y Weir, 1971; Hoover y Stokes, 1991). La falta de estos aminoácidos, según Shirley (1986), podría afectar la eficiencia del crecimiento microbiano del rumen; Hoover y Stokes (1991) consideran que para alcanzar el óptimo crecimiento microbiano se dependería de la utilización de las formas orgánicas del nitrógeno. Chalupa (1975) señala que posiblemente los aminoácidos sean necesarios como sustrato para la producción de ácidos grasos de cadena ramificada, que son factores de crecimiento bacteriano. Al-Rabbat et al. (1971) encontraron que del total del nitrógeno microbiano, el 61 % provenía del amoníaco y el 39 % de aminoácidos y péptidos; es por esto que la adición de aminoácidos preformados en las dietas con urea, incrementaría la actividad ruminal y la cantidad de proteína bacteriana que sale del rumen (Hume y Purser, 1974; en Nocek y Russell, 1988).

La utilización de proteína de elevada degradabilidad mejoraría la digestión de la celulosa respecto a la utilización de urea o aminoácidos como única fuente de nitrógeno (Hoover y Stokes, 1991).

Burris et al. (1976) al realizar infusiones de lisina en el abomaso de terneros suplementados con urea, encontraron que dicho aminoácido era limitante para el crecimiento de los animales. Estos autores observaron que los animales en crecimiento en los cuales todo el nitrógeno suplemental en la dieta era derivado de la urea, presentaban un nivel de lisina en el plasma menor al encontrado en aquellos animales alimentados con otra fuente de proteína natural como la harina de soja; y sugirieron que este aminoácido estaría limitando la performance de los novillos en crecimiento (con altos requerimientos). La infusión abomasal de lisina para éstos novillos alimentados con NNP, dio como resultado un incremento en la cantidad de nitrógeno retenido. Además, la retención máxima de nitrógeno se observó con la infusión de 24 gr de lisina por día.

En un trabajo posterior, Richardson y Hatfield (1978) llegaron a la conclusión de que en dietas donde la proteína bacteriana es la única fuente proteica para el animal, el crecimiento del mismo se ve limitado por la disponi-

bilidad de metionina, lisina y treonina. Hogan (1975), cita que de la comparación entre los aminoácidos presentes en los productos animales (carne, leche y lana) con los presentes en la digesta, se puede concluir que las proporciones son bastante similares, a excepción de lisina y los aminoácidos azufrados.

Según Satter (1979; en Shirley 1986), en dietas con elevada proporción de NNP, la metionina junto con la fenilalanina serían limitantes para las bacterias.

Zinn y Shen (1998), en un trabajo realizado sobre novillos en feedlot alimentados con una dieta suplementada con un 0,8 % de urea (sobre MS); encontraron que usando tejido bovino como la referencia de proteína, el valor biológico de las proteínas que llegaban al intestino es en promedio del 73 %, y la metionina fue el primer aminoácido limitante. Los requerimientos de metionina metabolizable (gr/día) de los novillos en feedlot, pueden ser confiablemente predecidos a partir del peso corporal y la ganancia diaria de peso.

### 3.2.3 REQUERIMIENTOS DE MINERALES

Para la síntesis de metionina, cisteína y cistina en el rumen, los microorganismos requieren una fuente de azufre (Shirley, 1986). Generalmente las dietas tienen suficiente cantidad de este elemento para satisfacer los requerimientos; pero cuando el porcentaje de NNP en la dieta es elevado, el azufre puede ser escaso (Shirley, 1986).

Brondani et al. (1991) hallaron que cuando se combina la suplementación de N con azufre, en ovejas alimentadas con dietas de alta proporción de fibra, se obtiene una mejora en la fermentación ruminal; mientras que si alguno de los dos es limitante, el agregado del otro nutriente no produce mejora alguna. Jacobson et al. (1967) informaron que la adición de sulfato a los concentrados conteniendo urea, mejora la performance de los animales alimentados. Por otra parte, Plummer et al. (1971), no lograron mejorar el uso del concentrado conteniendo urea, con la adición de sulfato de sodio. En animales alimentados con forrajes de baja calidad a los que se suplementa con urea, sería recomendable la adición de azufre a un nivel del 0,1 % de la MS de la ración.

Barth et al. (1974), trabajando sobre novillos alimentados con distintos niveles de urea; encontraron que la adición de carbonato de calcio a estas dietas con elevado NNP, mejora la retención del nitrógeno consumido, la eficiencia de utilización de nitrógeno y la utilización de la PC de la dieta.

Chalupa (1968) sugirió que cuando la urea es suplementada a la ración, es necesario adicionar fósforo a la dieta para mejorar la eficiencia de uso del NNP.

## 3.3 EFECTOS DEL NNP SOBRE EL CONSUMO Y EL AUMENTO DE PESO

### 3.3.1 EFECTOS SOBRE EL CONSUMO

Poos et al (1979) al suplementar con urea (3,7 % de la MS) una dieta 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 +5,2, para alcanzar un 16 % de proteína total (PC); encontraron que la urea afectó negativamente el consumo pero no la digestibilidad de la materia seca, en comparación con la suplementación con una fuente de proteína natural como la harina de soja, asignando esta disminución en el consumo a una menor palatabilidad y a las elevadas concentraciones de amoníaco en el rumen. Por otra parte Wilson et al. (1975) demuestra que esta disminución se debe principalmente a causas fisiológicas, y no al mal sabor que producía la urea. Cuando Poos et al. (1979) suplementaron con un 1,2 % de urea (llevando la dieta a una PC de 15,2 %), el consumo alcanzó niveles similares a los obtenidos con la suplementación con harina de soja, y las concentraciones de amoníaco disminuyeron considerablemente; en este caso el UFP de la dieta base fue menor a cero (-1,14). Es decir que el consumo se vería afectado si se suplementa con NNP dietas que poseen un UFP mayor a cero, o si la suplementación lo eleva por sobre dicho valor. Aparentemente, la eficiencia de la suplementación con NNP es limitada por varios factores, uno de ellos es el porcentaje de PC degradable en la dieta basal.

**\*UFP:** es la relación entre la proteína de la dieta degradada en el rumen y nutrientes digestibles totales (TND) que son transformados en proteína bacteriana; expresa el exceso (valor positivo) o el déficit (valor negativo) de nitrógeno para alcanzar el equilibrio en la cantidad de urea (gr) por kg de dieta o componente de la misma.

Van Horn, Foreman y Rodríguez (1967) y Van Horn et al. (1975) indican que niveles de urea mayores al 1 % de la MS de la dieta disminuyen el consumo. Estos autores, en un experimento suplementando las dietas con urea a un nivel del 2,2 % y del 2,7 % (de la MS), para alimentar vacas lecheras, observaron una disminución de la producción como consecuencia de un menor consumo. Puede asumirse, sin embargo, que la adición de un 1 % de urea al concentrado es aceptable en vacas lecheras, ya que no disminuyó el consumo. También observaron que la adición de urea al silo de maíz en el momento de la confección de éste, en un nivel de 5 kg de urea por tonelada de silo (0,5 % de urea por tonelada en base húmeda), no produjo problemas con la palatabilidad y el consumo.

Plummer et al. (1971), mostraron que las dietas de silo de maíz para vacas lecheras con la suplementación de urea a niveles del 2 al 3 % de la MS del concentrado, no causaron una disminución en el consumo de MS total comparado con la suplementación con harina de soja; este mantenimiento en el consumo del concentrado se atribuyó a la manera en la cual las vacas fueron gradualmente adaptadas a la dieta con alto contenido de urea. Por

otro lado encontraron que si bien se mantuvo el consumo, éste era más lento y se le debe dar al animal el tiempo suficiente. Estos investigadores no observaron diferencias significativas en el consumo y en la producción con las dietas suplementadas con urea, al cambiar el suministro del alimento a los animales de 2 veces diarias a 6 veces diarias.

Huber (1975) concluye que los valores de nitrógeno aportados por la urea pueden incrementarse hasta un 25-30 % del nitrógeno total de la dieta (grano o silaje de maíz) de vacas lecheras; con estos niveles de urea (equivalentes a un 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 soja.

Melo y col. (1982), realizaron un trabajo para evaluar el efecto de la urea en el consumo y la digestibilidad de forrajes de baja calidad diferidos para el invierno. Se trabajó sobre gramíneas de crecimiento primavera-estival, quienes diferidas, manifestaban una notable disminución de su valor nutritivo en el invierno. Presentaban un contenido proteico entre 3 y 5 % de PC. La falta de apetito es el primer síntoma de la deficiencia proteica, y la suplementación nitrogenada suele estimular el consumo de este forraje. Se establecieron 3 tratamientos en los que se iba aumentando en nivel de suplementación de urea. La urea fue suministrada en mezcla, con un suplemento mineral completo (sin N) y sal común, en forma gradual hasta alcanzar las dosis fijadas.

El efecto de la urea sobre el consumo fue más marcado que sobre la digestibilidad, a pesar de que esta última también aumentó. Este incremento en los consumos sería explicado por un aumento en la velocidad de paso de la ingesta. Los aumentos en los consumos resultan mayores a mayor nivel de suplementación con urea.

En relación con esto, Kennedy et al. (1992), al suplementar con niveles crecientes de urea a novillos alimentados con forraje de bajo contenido proteico, encontraron los siguientes resultados en el consumo y las características del rumen (Cuadro 3). Estos autores recomiendan un máximo de urea del 1 % de la MS de la dieta total.

CUADRO 3: Suplementación con niveles crecientes de urea sobre el consumo y las características del rumen. (Kennedy et al. 1992).

UREA INFUNDIDA (gr/día)				
	0	5	20	100
Consumo (gr MS/kg PV)	13.2	13.6	15.6	18.1
NH <sub>3</sub> ruminal (mg/dl)	2.2	3.2	9.2	19.8
Dig. de la MS (%)	39.0	40.6	41.5	41.8
Tasa de Pasaje (%/hora)	1.3	1.3	1.4	1.6

### 3.3.2 EFECTOS SOBRE EL CONSUMO Y LA GANANCIA DE PESO (EN ANIMALES DE FEEDLOT)

Milton y Brandt (1994 a) realizaron una prueba de alimentación sobre novillos (335 Kg), en la que evaluaron el efecto del nivel y la fuente de PC en la terminación de animales (Cuadro 4). Las dietas comparadas presentaban dos fuentes de PC (urea vs harina de soja) y dos niveles de PC (11,5 vs 13,5 % de la MS). La dieta conteniendo un 11,5 % de PC y urea, presentaba un porcentaje de 0,93 % de urea en la MS.

Se observó que durante los primeros 70 días de alimentación, el aumento diario de peso vivo (ADPV) fue mejorado un 8,8 % y un 6,1 %, respectivamente, para los novillos alimentados con harina de soja vs urea. No se observaron efectos provocados por el nivel de PC en la dieta.

Para el período completo de prueba (132 días), los animales alimentados con harina de soja consumieron 3,8 % más comparados con aquellos en dietas suplementadas con urea. En este período, el ADPV disminuyó en los novillos en los que se aumentaba la PC a 13,5 % con urea; mientras que en aquellos en los que se aumentaba el nivel de PC con harina de soja, se lograba un mayor ADPV. La eficiencia en la ganancia de peso (consumo/ADPV), fue mayor con la suplementación de harina de soja. Además, comparada con la urea, la adición de harina de soja aumentó la extensión del lomo de los animales.

CUADRO 4: Efectos del nivel y la fuente de proteína cruda sobre el consumo y el aumento de peso (Milton 1994).

	UREA	UREA	H, DE SOJA	H, DE SOJA
	11.5	13.5	11.5	13.5
<b>Día (0 a 70)</b>				
MS cons. (kg)	9.87	9.65	10.01	10.04
ADPV (kg)	1.65	1.64	1.76	1.85
<b>Día (0 a 132)</b>				
MS cons. (kg)	9.82	9.33	9.88	10.02
ADPV (kg)	1.41	1.29	1.47	1.57

Los mismos autores (Milton y Brandt, 1994 b), realizaron otro trabajo en el cual evaluaron el nivel de suplementación con urea en dietas con alta cantidad de maíz molido (90 % de la dieta). Empleando cuatro niveles de urea (0; 0,5; 1,0 y 1,5 % de la MS), estudiaron el efecto de ésta en la digestión de los nutrientes, en la producción de proteína bacteriana y en el metabolismo ruminal de animales adultos (557 kg) (Cuadro 5).

Encontraron que la MS consumida (% del peso corporal), respondió cúbicamente a la adición de los distintos niveles de urea. El mayor consumo se dio con un 0,5 % de urea para luego disminuir con los mayores niveles de suplementación. La digestibilidad de la materia orgánica y del almidón en el rumen, fue mejorada un 33 y un 25 % respectivamente, con la adición de 0,5 % de urea. Pero la digestibilidad en el total del tracto digestivo para la materia orgánica (MO) y el almidón, no varió entre tratamientos. La digestibilidad real del nitrógeno en el rumen y en todo el tracto digestivo, aumentó linealmente a medida que aumentaba la urea en la dieta.

El total de nitrógeno que pasa al duodeno, el flujo de nitrógeno microbiano y la eficiencia de síntesis de proteína microbiana, no se vieron afectadas por los distintos niveles de urea ( 285 gr/día; 141 gr/día y 2,79 gr/100 gr de MO realmente fermentada, respectivamente). El Ph ruminal declinó linealmente y la concentración total de AGV aumentó linealmente, con los niveles de urea. La proporción de propionato tendió a incrementarse, mientras que la de butirato disminuyó con el aumento en el nivel de urea; sugiriendo un mejoramiento en la eficiencia de fermentación.

Los autores concluyeron que el nitrógeno suministra suficiente cantidad de amoníaco para la producción de proteínas bacterianas, pero no para la fermentación de toda la MO.

CUADRO 5: Efectos de la adición de urea sobre la concentración de amoníaco ruminal, digestión ruminal del almidón y el consumo de materia seca (Milton 1994).

UREA ( % de la MS)

	0.0	0.5	1.0	1.5
PC (% MS)	7.7	9.0	10.3	11.6
MS cons, (% PV)	2.52	2.59	2.15	2.43
N cons, (gr/día)	171	205	189	234
Dig MO en rumen (%)	25.3	43.2	36.9	34.3
Dig almidón en rumen (%)	47.1	64.6	59.2	63.7
PH ruminal	6.00	6.06	5.81	5.74
NH <sub>3</sub> ruminal (mg/dl)	3.7	5.2	14.3	15.5
Total de AGV (mM)	113	109	127	133
Acetato (%)	44.7	47.1	43.1	44.8
Propionato (%)	27.3	28.0	29.6	30.3
Butirato (%)	16.4	12.3	11.2	9.9

En un tercer experimento, Milton y Brandt (1994 c), utilizaron los mismos niveles de urea empleados en el trabajo anterior, para evaluar la performance animal y las características de la carcasa de novillos en terminación (332 kg) (Cuadro 6). La suplementación de urea se realizó a una dieta conteniendo un 90 % de concentrado (maíz molido). El único suplemento proteico en la dieta era la urea. Observaron que la MS consumida respondió cúbicamente a la adición de urea, siendo menor el consumo para los novillos suplementados con 0,5 o 1,5 % de urea. El promedio del ADPV y la eficiencia de conversión, respondieron cuadráticamente a la adición de urea. Ambas obtienen la mejora más grande en el primer aumento de urea (0,5 %). El espesor de grasa a nivel de la costilla N° 12 se incrementó linealmente con los niveles de urea. El análisis de regresión, determinó que el nivel óptimo de urea es de 0,91 % de la MS dietaria, para el ADPV y la eficiencia de conversión. Recomendándose para este tipo de animales un límite de urea del 1 % de la MS de la dieta total. La adición de urea a estas dietas con un alto contenido de granos (90 %), mejora la utilización de la energía del alimento a nivel ruminal.

En terneros bolita (230 kg PV), los cuales presentan mayores requerimientos, se recomienda basar el límite de utilización de la urea al 0,5 % de la MS, junto con la adición de otra fuente de proteínas naturales (Harina de soja o de sangre).

CUADRO 6: Efectos de la adición de urea sobre el consumo, la ganancia de peso y la eficiencia de conversión. (Milton 1994).

UREA ( % de la MS)

	0.0	0.5	1.0	1.5
PC (% MS)	7.7	9.0	10.3	11.6
MS cons (% PV)	2.63	2.40	2.48	2.46
MS cons (kg/día)	11.09	10.50	10.91	10.72
ADPV (kg/día)	1.52	1.60	1.65	1.59
Efic, de conv, (kg/kg)	7.29	6.54	6.62	6.76
Esp,graso 12 costilla (cm)	0.77	0.90	1.15	1.25

Efecto cuadrático para la ganancia de peso y la eficiencia de conversión.

El Ing. Agr. E. Pavan (1996), realizó un ensayo de producción en terneros (188 kg promedio) alimentados con una dieta base de silaje de maíz, a los cuales se suplementó con dos fuentes proteicas, urea y expeller de girasol. La urea se adicionó a un nivel de 2,9 % de la MS cuando fue el único suplemento proteico (período 1); y luego se la combinó en la misma dieta con el expeller de girasol (7,2 %), donde la urea se encontraba a un 2,4 % de la MS (período 2). Durante el primer período, encontró que el consumo de las dietas con expeller de girasol fue superior con respecto a las dietas con urea, tanto en porcentaje del peso vivo como en Kg/día. El consumo obtenido en las dietas con urea fue un 5 % menor al obtenido en otros trabajos donde se usó un 2 % de urea en la dieta de silaje de maíz (Thomas y Wilkinson, 1975). Sin embargo, al disminuir el nivel de NNP en la dieta en el segundo período (por el agregado de expeller de girasol), el consumo expresado en % de PV aumentó en un 15 % (Cuadro 7).

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 (Leaver, 1978; Shirley, 1986; Van Horn, Foreman y Rodríguez, 1967; Van Horn et al, 1975; Wilson et al, 1975). En el segundo período, a pesar de haber utilizado un 2,4 % de urea en la MS, no hubo una reducción en el consumo. Al combinarse la urea con proteína vegetal (expeller de girasol) habría mejorado la actividad microbiana respecto a cuando se utilizó únicamente urea (período 1), pues algunas bacterias crecen mejor o requieren para su crecimiento aminoácidos y péptidos como ya fue comentado anteriormente. Como consecuencia de la mejor actividad fermentativa, la digestibilidad de la dieta y su velocidad de desaparición del rumen habría aumentado con la adición del expeller, permitiendo un mayor consumo.

En cuanto al aumento diario de peso vivo (ADPV) en estos animales; Pavan observó que en las dietas con urea sola (primer período) la proteína puede haber sido limitante para el crecimiento de los animales, dado que existió una menor respuesta en estas dietas con urea comparada con las dietas conteniendo proteína vegetal (Cuadro 7). Un factor que seguramente provocó el menor ADPV en esta dieta fue el menor consumo; pero sin embargo existieron también otras causas:

- 1) el exceso de amoníaco generado en el rumen por la urea no se refleja en una mayor síntesis de proteína microbiana (Satter y Roffler, 1975) y debe ser 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 un buen ADPV; sin embargo con un 2,9 % de urea el exceso de amoníaco seguramente fue mayor y así la energía de la dieta pudo no haber sido suficiente, lo que se tradujo en un menor ADPV.
- 2) 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.
- 3) en las dietas donde la única fuente de nitrógeno es el NNP existirían aminoácidos que no son suplidos satisfactoriamente al animal por la proteína bacteriana (Richardson y Hatfield, 1978).

CUADRO 7: Consumo y ADPV con distintas fuentes proteicas (Pavan 1996).

	Expeller de girasol	Urea	E, de Gira, (7.2 %)
	(31.7 %)	(2.9 %)	Urea (2.4 %)
		(Período 1)	(Período 2)
Consumo (% PV)	2.62	2.25	2.59
Consumo (Kg Ms/día)	7.31	4.51	6.50
ADPV (Kg/día)	1.11	0.32	1.15

Al incorporar el expeller a la dieta con urea (período 2), el ADPV de los novillos se incrementó en un 259,4 % respecto a cuando se utilizó urea únicamente. Esta gran respuesta se debería principalmente al aumento en el consumo y a que se mejoraron los aspectos citados anteriormente, ya que el expeller aportó aminoácidos preformados

y sólo una quinta parte del nitrógeno soluble que aportaba la urea reemplazada; además, la liberación más lenta del amoníaco desde las proteínas del expeller provocaría una mejor distribución del mismo durante el día.

La gran mejoría en la eficiencia de conversión del alimento en el período 2, evidenciaría que al combinar el NNP con proteínas de origen vegetal se habría mejorado notablemente los aspectos fisiológicos del ADPV. Con esto se concluye que si se combina con una fuente de proteína degradable a nivel ruminal, la suplementación con altas proporciones de urea permiten mantener elevadas ganancias de peso.

### 3.4 EFECTOS DEL NNP SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y SU COMPOSICIÓN

Van Horn, Foreman y Rodríguez, (1967) estudiaron el efecto de la adición de altos niveles de urea a la dieta (grano de maíz) en el consumo y la producción de leche. Como la producción de leche se encuentra estrechamente relacionada con el consumo de concentrado, cuando se lo suplementó con 2,2 % y 2,7 % de urea, se produjo una merma importante en el consumo y en la producción de leche. Cuando suplementaron con un 1 % de urea, demostraron que hubo una ligera depresión en la producción de leche de estas vacas, con respecto a aquellas alimentadas con proteína natural; y los mayores niveles de depresión se producen en las vacas de alta producción debido a sus mayores requerimientos. Estos autores encontraron que la disminución en la producción de leche por la suplementación con urea era máxima durante los primeros días de alimentación, y luego la depresión se estabilizaba; sugiriendo que esto se debía al efecto de la adaptación de los animales a la dieta suplementada.

Plummer et al. (1971), en otro experimento realizado sobre vacas en lactación alimentadas con silo de maíz; encontraron que el consumo de MS, la producción de leche, el porcentaje de proteína y de sólidos no grasos en leche no se afectaron cuando se suplementó con urea en niveles del 2 al 3 % de la MS, en comparación a una equivalente cantidad de nitrógeno aportada a partir de la harina de soja. El porcentaje de grasa en leche fue alto para las vacas alimentadas con concentrados adicionados con urea en lugar de la harina de soja, esto coincide con trabajos anteriores (Colovos et al. 1967). Los resultados de esta prueba indican que la urea puede ser utilizada en la mezcla concentrada al 2 o 3 % sin reducir la performance animal. Por otra parte, Huber et al. (1967) observaron una menor producción en animales en los que la urea suministrada representaba un 21-23 % del total de nitrógeno de la ración. En el trabajo de Plummer et al. (1971) la urea representaba del 21 % al 35 % del nitrógeno total de la ración y algunos animales consumían hasta 310 gr de urea por día; los autores sugirieron que la respuesta satisfactoria obtenida en la performance animal con estos niveles de urea se debía a la gradual adaptación de las vacas a las dietas suplementadas con NNP.

Murdock y Hodgson, (1979) suplementando con urea hasta un nivel del 11,1 % del total de nitrógeno de la ración (silo de maíz y heno de alfalfa), no encontraron efectos adversos en el consumo y en la producción de leche. Las raciones con alta urea (17,7 % de PC aportados por proteína natural y NNP), producían mas leche que las raciones sin urea y con baja proteica (14 % PC); pero menos que las dietas con una proporción de PC de 17,5 % a partir de proteína natural sola (harina de soja).

Poos et al. (1979) demostró que cuando las vacas alimentadas con dietas deficientes en proteína (9 % PC), eran suplementadas con fuentes proteicas como la urea o la harina de soja (hasta 16-17 % PC), responden con un aumento en la producción de leche (sin diferencias entre suplementos). También vieron que las vacas de primera lactación respondían con un aumento en el consumo pero no en la producción, sugiriendo una menor capacidad fisiológica para responder a la adición proteica.

Casper et al. (1986), indicaron que las vacas alimentadas con dietas conteniendo nitrógeno en forma más soluble (urea), pueden aportar producciones de leche iguales a aquellas con suplementaciones de proteína natural, si la ración contiene además más hidratos de carbono fácilmente fermentables. Por otro lado el porcentaje de proteína y de sólidos no grasos en leche no son afectados por la adición de urea a la dieta.

Broderick et al. (1993), realizaron un trabajo en donde compararon la suplementación con urea y la suplementación con proteína verdadera, en vacas lecheras de alta producción. Se formularon cuatro suplementos: 1) 1,5 % de urea, 2) 9,3 % de harina de soja, 3) 8,2 % de harina de carne y hueso, y 4) 4,7 % de harina de soja más 4,1 % de harina de carne y hueso. Los animales tenían un promedio de producción de 36 kg/día, y la dieta consistía en 30 % de silo de maíz, 26 % de silo de alfalfa y 32-40 % de grano de maíz. La ración presentaba un contenido de PC de 15,4 a 15,7 %. Los resultados mostraron que el consumo de MS, la producción de leche y la composición de esta no fueron alterados por la fuente de PC suplemental. La ganancia de peso corporal tiende a ser mayor con proteína verdadera que con urea.

La falta de respuesta en la producción de leche y en su composición para la proteína verdadera sugiere que la proteína absorbida para la dieta con urea no era limitante en este caso, y que las dietas sin urea eran limitantes en proteína degradable en rumen disminuyendo la síntesis de proteína microbiana. Esto se demostró por la menor concentración de urea en sangre en las dietas con proteína natural comparado con la de la dieta con urea (3,8 vs 5,2 mM, respectivamente), debido al alto amoníaco ruminal liberado por la urea. Como la concentración de urea en sangre y leche generalmente son similares, Oltner y Wiktorsson (1983) sugieren que una concentración de

urea en leche menor a los 5 mM indica que la proteína degradable en rumen fue insuficiente en comparación con la energía de la dieta.

Lines y Weiss (1996), compararon distintos suplementos proteicos como harina de soja, urea (1,2 % de la MS), harina de proteína animal y heno de alfalfa tratado con amoníaco. Los resultados también indicaron que la producción de leche y su composición no se afectaron negativamente con las distintas dietas suplementadas con urea.

### 3.4.1 RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN DE LA DIETA Y LOS ELEMENTOS NITROGENADOS EN LA LECHE

El nitrógeno contenido en la leche puede ser dividido en tres fracciones: caseína (78,5 %), proteínas del suero (16,5 %) y nitrógeno no proteico (NNP: 5,0 %). Estos valores presentan variaciones. La proteína contenida en la leche aumenta en respuesta a mayores concentraciones energéticas del alimento ofrecido. Está comprobado de que altas concentraciones de ácido propiónico en el rumen, favorecen la síntesis de proteína en la glándula mamaria (M. García).

El componente más abundante del NNP de la leche es la urea; la contribución que esta hace es muy variable. Excesos de nitrógeno suplementado en el rumen (exceso de urea, por ejemplo), aumentan las concentraciones de urea en el plasma y en la leche, aumenta la excreción de urea por la orina, un mayor gasto energético por la detoxificación hepática y supone un derroche de nitrógeno por la ineficiente alimentación proteica. Por el contrario, la adición a la dieta de fuentes de energía disponibles para el rumen, declinan el amoníaco ruminal, la urea circulante y la urea en la leche. Se puede decir por lo tanto, que la urea en el plasma está positivamente asociada con el consumo de proteína degradable (o de NNP) y no degradable en el rumen (siendo más importante la proteína degradable), y negativamente asociada con el consumo de energía neta (M. García).

La concentración de urea en la leche está estrechamente relacionada con la concentración ureica del plasma (coeficiente de correlación: 0,88 ; Roseler et al. 1993). Al existir relaciones entre la energía y la proteína de la dieta, con la proteína verdadera en leche y los compuestos de NNP (urea) en plasma, leche y rumen; la concentración de urea en la leche es usada como indicador del metabolismo proteico y de la eficiencia de utilización del nitrógeno. La eficiencia en el uso del nitrógeno en la dieta se debería encaminar para aumentar el nitrógeno en leche como proteína verdadera y disminuir el nitrógeno como urea en leche. Para lograr esto se deben balancear correctamente las dietas en "proteína degradable" (o urea) y "proteína no degradable" en rumen. Todo desbalance aumenta el NNP en leche pero no la proteína verdadera en leche. La cantidad de proteína verdadera en leche está influenciada por la suplementación con proteína no degradable en rumen y por el balance de aminoácidos esenciales (Baker, Ferguson y Chalupa, 1995). Por otro lado, Roseler et al, (1993) encontraron que la producción de proteína verdadera en leche es influenciada por: la producción de leche, por la proteína no degradable a nivel ruminal en la dieta y por la energía consumida.

Con una dieta bien balanceada en proteína (degradable y no degradable), los niveles de urea en leche nunca deben ser mayores a 0,40 gr o 400 mg por litro de leche (Gómez Berzal).

Óptimo: 0,27-0,30gr/litro

Déficit de proteína degradable: menor a 0,20 gr/litro

Exceso de proteína degradable: mayor de 0,40 gr/litro

### 3.5 USO DEL NNP EN VACAS DE CRÍA

La marcada estacionalidad de las precipitaciones y las bajas temperaturas invernales provocan, en la Región Pampeana, épocas críticas en la alimentación de los animales, especialmente en el invierno y principios de primavera. Durante este período, la disponibilidad de forrajes perennes de buena calidad es escasa debido a los factores ya mencionados (Stritzer, 1983). Los verdes de invierno producen forrajes de buena calidad pero a un costo más elevado.

Aparentemente, la manera más viable de cubrir la deficiente disponibilidad forrajera mencionada, sería la transferencia del gran volumen de pasto producido durante el verano por gramíneas de crecimiento estival hacia la época invernal crítica (Stritzer, 1983). Sin embargo, estas especies tienen un bajo valor nutritivo; presentan mayor contenido de fibra, menor contenido proteico y menor digestibilidad, características que se acentúan con la maduración (Kellaway, 1981).

Durante el invierno, estos recursos no superan el 50 % de digestibilidad. Animales en pastoreo de forrajes con estas características no alcanzarían a mantener su peso corporal (Stritzer, 1983). El bajo consumo de estos forrajes no permiten mantenerse aún a las categorías de bajos requerimientos, como las vacas gestantes sin ternero al pie. Los ensayos realizados durante varios años por Cairnie (1981) con vacas de cría en pasto llorón mostraron pérdidas de más de 600 gr por día.

El consumo de estos forrajes está determinado por la tasa de "vaciado" de forraje del rumen. Este se produce por digestión o por pasaje a través del orificio retículo-omasal. Uno de los factores más importantes en la ruptura

del forraje hasta partículas que pasen el orificio retículo-omasal es la digestión microbiana (Stritzer, 1983). Para un óptimo crecimiento de estos microorganismos ruminales se requiere de la correcta provisión de nitrógeno, entre otros factores. Para dietas de baja calidad, el déficit de nitrógeno en el rumen puede actuar como factor limitante del consumo de energía, porque deprime la digestión de la celulosa (Kellaway, 1981).

La depresión de la digestibilidad y el consumo con el avance de la madurez están asociados con una proporcional reducción en el contenido proteico. La concentración mínima de nitrógeno necesaria para rumiantes que consumen dietas con digestibilidad entre 40 y 50 % debería ser de 0,8 a 1,6 %, siendo 1 % el valor más recomendado (Stritzer, 1983). Para dietas cuyo contenido en nitrógeno sea inferior al mencionado, la respuesta animal a un aumento en la provisión proteica, generalmente conduce a un aumento en el consumo voluntario, al incrementarse las tasas de digestión y de pasaje del alimento. La suplementación con cualquier fuente nitrogenada atenuaría las pérdidas de peso por aumento en el contenido proteico de la ración (Stritzer, 1983).

El requerimiento mínimo de proteína es energético dependiente. Si los niveles proteicos son excesivamente altos, inclusive puede producirse una caída en la respuesta. Para un nivel dado de energía, la respuesta depende del nivel proteico (Cairnie, 1981). Los forrajes diferidos que se utilizan en la región pampeana, tienen valores de proteína tan bajos (entre 3 y 5 %), que es esperable una respuesta lineal a la suplementación. Si se aumentan los niveles proteicos, la respuesta dejará de ser lineal y será curvilínea (Stritzer, 1983).

Debido a la interacción energía-proteína, la provisión de ambos nutrientes debe ser simultánea. La suplementación de forrajes de baja calidad con urea lleva a una liberación lenta de la energía y rápida de la urea. De esta manera la síntesis de proteína microbiana puede ser baja y las pérdidas de amoníaco pueden ser grandes por falta de energía utilizable (Stritzer, 1983). Si se suplementa con urea suministrada una vez al día, en el período inmediato posterior al suministro se produce una liberación masiva de amoníaco al medio ruminal; gran parte de él se perderá por falta de energía. Después de 9 a 10 horas el nivel de amoníaco vuelve a ser el que existía previo al suministro de urea, desde entonces hasta que el animal consuma nuevamente el suplemento, la digestión ruminal estará deprimida por el bajo nivel de amoníaco (Stritzer, 1983).

Una alternativa posible para poder suministrar la urea a los animales en pastoreo durante todo el día, evitando elevados picos de amoníaco en rumen, sería mediante la utilización de bloques multinutricionales. Esta forma de suplementación permite que los animales consuman la urea en forma pareja durante el día, junto con otros suplementos minerales. Además de los bloques comerciales, existe la posibilidad de la fabricación casera de los mismos con lo cual se bajarían los costos. Estos bloques están compuestos por urea, melaza, minerales, cal, sal, y pueden tener algún suplemento energético también. La cal actúa como endurecedor y puede ser reemplazada por cemento. La urea representa entre un 6 a 8 % del bloque y la melaza entre un 30 a un 35 %. Este suministro de NNP le permitiría a las vacas de cría, durante la época de forrajes de baja calidad, ganar un poco de peso o por lo menos lograr mantenerse (Sansoucy, 1986).

Entonces se podría decir que la suplementación de vacas de cría con urea, durante la época invernal, aumentaría el consumo de las mismas disminuyendo las pérdidas de peso. La clave sería poder lograr un nivel constante de amoníaco en rumen evitando excesos de los mismos. La forma de lograr esto sería con el uso de bloques o con una suplementación balanceada entre NNP (urea) y una fuente de proteína poco degradable en el rumen. Por otro lado, si se quieren lograr mayores ganancias de peso, habría que pensar en suplementar, junto con la urea, una fuente energética de fácil degradación ruminal (cebada por ejemplo); lo cual aumentaría los costos (Stritzer, 1983).

### 3.6 EFECTOS DEL EXCESO DE NNP EN LA DIETA SOBRE LA REPRODUCCIÓN

Como fue comentado anteriormente, el contenido proteico de la ración afecta la concentración de urea en sangre y la concentración de urea en leche (lo que los norteamericanos llaman respectivamente, BUN Y MUN). Los excesos de proteína de rápida degradación ruminal o de NNP (urea), llevan a un elevado nivel de amoníaco en rumen que eleva el Ph y aumenta la tasa de absorción del amoníaco. Como resultado, se observan altos niveles de BUN y MUN (Rearte, 1992).

Niveles altos de urea en sangre provocan cambios en el ambiente del útero interfiriendo en la fertilidad y desarrollo del embrión. Son, por sí mismos, tóxicos para los embriones. En las primeras fases de su desarrollo provocan su muerte, esto es lo que pasa cuando salen en celo vacas después de dos o más ciclos sin haber mostrado ningún signo de celo en los ciclos intermedios. Cuando la gestación ya está más avanzada también pueden ser tóxicos para los fetos provocando abortos. Además, niveles altos de urea en sangre evitan la síntesis de progesterona. Cuando el exceso de nitrógeno se da en torno al servicio, dificulta la anidación de los embriones al comienzo de la gestación. Si se da en estadios más avanzados tendremos abortos por no poder mantener la gestación (M.A. Gómez Berzal).

En definitiva, el exceso de nitrógeno rápidamente degradable (como la urea), interfiere en la reproducción de dos maneras: toxicidad y falta de síntesis de progesterona, y en ambos casos abortos, muerte embrionaria o falta de anidación (M.A. Gómez Berzal). Otro problema en el exceso de urea, es el aumento en el consumo de energía en el hígado, llevando a una situación de hipoglucemia y problemas reproductivos (déficit energético).

Según otros autores (Ferguson et al. 1993), los sitios hipotéticos de potencial regulación de la menor performance reproductiva por los compuestos nitrogenados (urea) en sangre incluyen: el axis hipófisis-pituitaria-ovario, disminuyendo la producción de progesterona y de la hormona luteinizante (LH); el ambiente uterino con efectos tóxicos en gametas y embrión; y el sistema inmunológico disminuyendo los linfocitos y aumentando los desórdenes reproductivos.

Edwards et al. (1980) realizaron un estudio en vacas alimentadas con dietas conteniendo un 13, 15 y 17 % de PC durante tres lactancias consecutivas; en ellas se observó que el número de servicios por preñez era 2,3; 2,6 y 2,7; y los intervalos parto concepción 123, 141 y 145 días respectivamente, reflejando los problemas reproductivos.

## CONCLUSIONES

- ◆ En animales de altos requerimientos (en lactancia o en la primera fase de crecimiento), la proteína microbiana sólo alcanzaría para cubrir los gastos de mantenimiento.
- ◆ La eficiencia de utilización del nitrógeno (unidad retenida por unidad consumida) disminuiría al incrementarse la cantidad de nitrógeno consumida.
- ◆ La adición de NNP por sobre el nivel óptimo de concentración de amoníaco (punto de acumulación de amoníaco), no aumenta la cantidad de proteína metabolizable que llega al duodeno. Hasta ese punto, el NNP tendría prácticamente el mismo valor nutricional que la proteína.
- ◆ Para lograr la mayor eficiencia en la utilización de N en animales de altos requerimientos, la dieta debe proveer suficiente nitrógeno para la síntesis microbiana y cubrir el resto de los requerimientos proteicos con proteína no degradable en rumen (*by-pass*).
- ◆ Los compuestos de NNP pueden utilizarse satisfactoriamente en cierta cantidad, como sustituto de las proteínas.
- ◆ En dietas con elevada cantidad de urea, la retención del nitrógeno en el animal se correlaciona positivamente con la cantidad de hidratos de carbono fácilmente fermentecibles. La concentración de amoníaco ruminal, es inversamente proporcional a la cantidad de carbohidratos solubles adicionados a la dieta.
- ◆ En caso de utilizar fuentes proteicas de fácil degradación en rumen (urea), sería conveniente utilizar granos de alta digestión ruminal como la avena, el trigo o la cebada. También el grano húmedo de maíz presenta una mayor degradación ruminal.
- ◆ Las proteínas microbianas son deficientes en algunos aminoácidos esenciales (lisina, metionina, cisteína), limitando la performance animal.
- ◆ Hasta un cierto nivel de suplementación, la adición de urea a dietas deficientes en proteínas aumenta el consumo de MS. Con niveles elevados de urea en la dieta, el consumo se deprime.
- ◆ Con una gradual adaptación de los animales a la dieta suplementada con urea, se controlaría en cierta forma la disminución en el consumo y en la producción.
- ◆ El consumo de las raciones con urea es lento.
- ◆ Cuando se utiliza como único suplemento proteico, el límite de adición de urea es del 1 % de la MS. Niveles mayores alteran el ADPV y la eficiencia de conversión.
- ◆ Cuando se combina con otra fuente de proteínas degradables a nivel ruminal, la suplementación con altas proporciones de urea (2 a 3 % de la MS) permiten aumentar el consumo de MS y mantener elevadas ganancias de peso.
- ◆ Las vacas alimentadas con dietas suplementadas con urea, pueden aportar producciones de leche iguales a aquellas vacas con otro suplemento proteico, siempre que la ración contenga más carbohidratos fácilmente fermentecibles. Por otro lado, la composición de la leche no se altera.
- ◆ La concentración de urea en la leche está estrechamente relacionada con la concentración de urea en el plasma. El nivel de urea en la leche es usado como un indicador del metabolismo proteico y de la eficiencia de utilización del nitrógeno.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADAMU, A.D.; RUSSELL, J.R.; GILLIARD, M.C. and TRENKLE, A. 1989. Effects of added dietary urea on the utilization of maize-stover silage by growing beef cattle. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 22: 227-236.
- AL-RABBAT, M.F.; BALDWIN, R.L. and WEIR, W.C. 1971. In vitro nitrogen-tracer technique for some kinetic measures of ruminal ammonia. *J. Dairy Sci.* 54: 1150-1161.
- AMOS, H.E. and EVANS, J. 1976. Supplementary protein for low quality Bermudagrass diets and microbial protein synthesis. *J. Anim. Sci.* 43: 861-868.
- ARIELI, A.; SHABI, Z.; BRUCKENTAL, I.; TAGARI, H.; AHARONI, Y.; ZAMWELL, S. and VOET, H. 1996. Effect of the degradation of organic matter and crude protein on ruminal fermentation in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79: 1774-1780.

- ASTIBIA, O.R.; CANGIANO, C.A.; COCIMANO, M.R. Y SANTINI, F.J. 1982. Utilización del nitrógeno por el rumiante. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 4(4): 373-384.
- BACH, A.; YOON, I. K.; STERN, M.D.; JUNG, H.G. and CHESTER-JONES, H. 1999. Effects of type of carbohydrate supplementation to lush pasture on microbial fermentation in continuous culture. *J. Dairy Sci.* 82: 153-160.
- BAKER, L.D.; FERGUSON, J.D. and CHALUPA, W. 1995. Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78: 2424-2434.
- BARTH, K.M.; CORRIK, J.A.; SHUMWAY, P.E. and COLEMAN, S.W. 1974. Effect of level and urea plus limestone on N metabolism of corn silage-based rations by cattle. *J. Anim. Sci.* 38: 687-692.
- BARTLEY, E.E.; DAVIDOVICH, A.D.; BARR, G.W.; GRIFFEL, G.W.; DAYTON, A.D.; DEYOE, C.W. and BECHTLE, R.M. 1976. Ammonia toxicity in cattle. I. Rumen and blood changes associated with toxicity and treatment methods. *J. Anim. Sci.* 43: 835-841.
- BERZAGHI, P.; HERBEIN, J.H. and POLAN, C.E. 1996. Intake, site, and extent of nutrient digestion of lactating cows grazing pasture. *J. Dairy Sci.* 79: 1581-1589.
- BONDI, A. A. 1988. *Nutrición animal: Metabolismo proteico de los rumiantes*, pág. 155.
- BRIGGS, M. H. 1967. Urea as a protein supplement, pp. 216.
- BRODERICK, G.A.; CRAIG, W.M. and RICKER, D.B. 1993. Urea versus true protein as supplement for lactating dairy cows fed grain plus mixtures of alfalfa and corn silages. *J. Dairy Sci.* 76: 2266-2274.
- BRONDANI, A.; TOWNS, R.; CHOU, K. and COOK, R.M. 1991. Effects of isoacid, urea and sulfur on ruminal fermentation, in sheeps fed high fiber diets. *J. Dairy Sci.* 74: 2725-2727.
- BUNTING, L.D.; BOLING, J.A. and MACKOWN, C.T. 1989. Effect of dietary protein level on nitrogen metabolism in the growing bovine: I. Nitrogen recycling and intestinal protein supply in calves. *J. Anim. Sci.* 67: 810-819.
- BURRIS, W.R.; BOLING, J.A.; BRADLEY, N.W. and YOUNG, A.W. 1976. Abomasal lysine infusion in steers fed a urea supplemented diet. *J. Anim. Sci.* 42: 699-705.
- BUTTERY, P. 1977. *Biochemical basis of rumen fermentation*, pp. 18.
- CAIRNIE, A. 1981. Recent advances in animal nutrition in Australia. Pp. 74-81.
- CASPER, D.R. and SCHINGOETHE, D.J. 1986. Evaluation of urea and dried whey in diets of cows during early lactation. *J. Dairy Sci.* 69: 1346-1354.
- COLEMAN, S.W. and BARTH, K.M. 1974. Nutrient digestibility and N-metabolism by cattle fed rations based on urea and corn silage. *J. Anim. Sci.* 39: 408-416.
- COLOVOS, N.; HOLTER, J.; DAVIS, H. and URBAN, W. 1967. Urea for lactating dairy cattle. II. Effect of various levels of concentrate urea on nutritive value of the ration. *J. Dairy Sci.* 50: 523.
- COTTRILL, B.R.; OSBOURN, D.F.; WILKINSON, J.M. and RICHMOND, P.J. 1976. The effect of dietary pH and nitrogen supplementation on the intake and utilization of maize silage by young calves (Abst.). *J. Anim. Prod.* 22: 145-155.
- COUNOTTE, G.H.M.; VAN'T KLOOSTER, A.; VAN DER KUILEN, J. and PRINTS, R. 1979. Analysis of the buffer system in the rumen of dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 49: 1536-1544.
- CHALUPA, W. 1968. Problems in feeding urea to ruminants. *J. Anim. Sci.* 27: 207.
- CHALUPA, W. 1975. Rumen bypass and protection of protein and amino acids. *J. Dairy Sci.* 58: 1198-1218.
- CHAMBERLAIN, D.; ROBERTSON, S. and CHOUNG, J. 1993. Sugars versus starch as supplements to grass silage. *J. Sci. Food Agric.* 22: 189-194.
- EDWARDS, J.; BARTLEY, E. and DAYTON, A. 1980. Effects of dietary protein concentration on lactating cows. *J. Dairy Sci.* 63: 243.
- ELIZALDE, J. y SANTINI, F. 1992. Suplementación de vacunos que consumen pasturas de alta calidad. II. Utilización de granos.
- EL SITIO DE LA PRODUCCION BOVINA 1. [www.produccionbovina.com/produccion\\_bovina\\_de\\_carne.htm](http://www.produccionbovina.com/produccion_bovina_de_carne.htm). Suplementación proteica y con NNP. Nitrógeno no proteico.
- EL SITIO DE LA PRODUCCION BOVINA 2. [www.produccionbovina.com/produccion\\_bovina\\_de\\_carne.htm](http://www.produccionbovina.com/produccion_bovina_de_carne.htm). Suplementación proteica y con NNP. Uso de la urea en la alimentación de los rumiantes, autor: C. ARAQUE.
- EL SITIO DE LA PRODUCCION BOVINA 3. [www.produccionbovina.com/produccion\\_bovina\\_de\\_carne.htm](http://www.produccionbovina.com/produccion_bovina_de_carne.htm). Suplementación proteica y con NNP. Urea: su utilización en rumiantes, autor: L. DE LUCA.
- FERGUSON, J.; GALLIGAN, D.; BLANCHARD, T. and REEVES, M. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate. *J. Dairy Sci.* 76: 3742-3746.
- FLORES, A.; ALTHAUS, R.; SCAGLIONE, M. y VILLARROEL, M. 1990. Efecto de la urea sobre el pH y el nitrógeno amoniacal en el líquido ruminal bovino. *Therios. Revista de Medicina Veterinaria y Prod. Animal.* 15 (71): 24-31.
- GARCIA, M. 1999. Alimentación de las vacas, y urea y proteína de la leche. *Revista Producir XXI.* 9 (97): 10-14.
- GOMEZ BERZAL, M. 2000. Exceso de proteína de rápida degradación ruminal. *Revista Producir XXI.* 10 de abril del 2000. 18-20.
- HENNING, P.; STEYN, D. and MEISSNER, H. 1993. Effect of synchronization of energy and nitrogen supply on ruminal characteristics and microbial growth. *J. Anim. Sci.* 71: 2516-2528.
- HOGAN, J. 1975. Quantitative aspects of nitrogen utilization in ruminants. *J. Dairy Sci.* 58: 1164-1177.
- HOOVER, W. and STOKES, S. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.* 74: 3630-3644.
- HORTON, G.; PITMAN, W. and PATE, F. 1992. Protein supplements for corn-silage diets and their effects on subsequent growth and carcass characteristics in beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 595-602.
- HUBER, J.; SANDY, R. and POLAN, C. 1967. Varying levels of urea for dairy cows fed corn silage as the only forage. *J. Dairy Sci.* 50: 1241.

- HUBER, J. 1975. Protein and non-protein nitrogen utilization in practical dairy rations. *J. Anim. Sci.* 41: 954-961.
- JACOBSON, D.; BARNETT, J.; CARR, S. and HATTON, R. 1967. *J. Dairy Sci.* 50: 1248.
- KENNEDY, et al., 1992. Suplementación con niveles crecientes de urea sobre el consumo y las características del rumen. *J. Anim. Sci.*
- KELLAWAY, R.C. 1981. Recent advances in animal nutrition in Australia. Pp. 66-73.
- KILKENNY, J. 1978. Utilization of maize silage for beef production. Agricultural Research Council, London; 239-262.
- KOLB, E. 1971. Microfactores en nutrición animal, pág. 60.
- LEAVER, J. 1978. Utilization of maize silage by dairy herd replacement. Agricultural Research Council, London; 297-322.
- LINES, L. and WEISS, W. 1996. Use of nitrogen from ammoniated alfalfa hay, urea, soybean meal, and animal protein meal by lactating cows. *J. Dairy Sci.* 79: 1992-1999.
- MCCORMICK, M.; FRENCH, D. and BROWN T. 1999. Crude protein and rumen undegradable protein effects on reproduction and lactation performance of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 82: 2697-2708.
- MCCORMICK, M. and REDFEARN, D. 2001. Effect of protein source and soluble carbohydrate addition on rumen fermentation and lactation performance of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 84: 1686-1697.
- McRAE, H. and REEDS, P. 1980. Reviews in rural Sci., pp. 93-98.
- MELO, O.; CANGIANO, C. y CARRANZA, F. 1982. Efecto de la urea sobre el consumo y la digestibilidad del diferido de Grama Rhodes. *Revista Arg. de Producción Animal.* 2 (3): 254-262.
- MERCER, I. and ANNISON, E. 1976. Utilization of nitrogen in ruminants, pp. 411.
- MILTON, C. and BRANDT, R. 1994(a). Source and level of crude protein for implanted finishing steers (Abst.). *J. Anim. Sci.* 72(1): 354.
- MILTON, C. and BRANDT, R. 1994(b). Level of urea in high grain diets: nutrient digestibility, microbial protein production and rumen metabolism (Abst.). *J. Anim. Sci.* 72(1): 354.
- MILTON, C. and BRANDT, R. 1994(c). Level of urea in high grain diets: finishing steer performance (Abst.). *J. Anim. Sci.* 72(1): 354.
- MORAN, J. and PRITCHARD, K. 1987. Maize for fodder. Technical Report series N° 146.
- MURDOCK, F. and HODGSON, A. 1979. Response of high producing dairy cows fed alfalfa hay and corn silage to supplemental protein and urea. *J. Dairy Sci.* 62: 1752-1757.
- NOCEK, J. 1987. *J. Dairy Sci.* 70.
- NOCEK, J. and RUSSELL, J. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.* 71: 2070-2107.
- NOLAN, J. 1993. Nitrogen kinetics. C.A.B. International, Wallingford. 123-143.
- OLTNER, R. and WIKTORSSON, H. 1983. Urea concentration in milk and blood as influenced by feeding varying amounts of protein and energy to dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 10: 457.
- OWENS, F. and GOETSCH, A. 1984. Digesta passage and microbial protein synthesis. Prentice-Hall, New Jersey. 196-223.
- PAVAN, E. 1996. *Revista Arg. de Producción Animal.* Vol. 16, Supl. 1, pág. 134.
- PHIPPS, R. 1978. Utilization of maize silage for milk production. Agricultural Research Council, London. 263-295.
- PLUMMER, J.; MILES, J. and MONTGOMERY, J. 1971. Effect of urea in the concentrate mixture on intake and production of cows fed corn silage as the only forage. *J. Dairy Sci.* 54: 1861-1865.
- POOS, M.; BULL, L. and HEMKEN, R. 1979. Supplementation of diets with positive and negative urea fermentation potential, using urea or soybean meal. *J. Anim. Sci.* 49: 1417-1426.
- REARTE, D. 1992. Alimentación y calidad de leche. *Revista Nuestro Holando.* Abril de 1992. 34-45.
- REARTE, D. 1995. Ensilado de grano de maíz húmedo. II Simposio lechero de Tandil.
- RICHARDSON, C. and HATFIELD, E. 1978. The limiting amino acid in growing cattle. *J. Anim. Sci.* 46: 740-745.
- ROSELER, D.; FERGUSON, J.; SNIFFEN, C. and HERREMA, J. 1993. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in cows. *J. Dairy Sci.* 76: 525.
- RUSSELL, J.; SNIFFEN, C. and VAN SOEST, P. 1983. Effect of carbohydrate limitation of degradation and utilization of casein by mixed rumen bacteria. *J. Dairy Sci.* 66: 763.
- SANTINI, F. y DINI, C. 1986. Estimación de la proteína metabolizable de varios suplementos y henos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol 6, N°1-2: 13-22.
- SANSOUCY, R. 1986. Shael fabricación de bloques de Melaza y Urea. *Rev. Mundial de Zootecnia*, p. 57.
- SATTER, L. and ROFFLER, R. 1975. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 58: 1219-1237.
- SHIRLEY, R. 1986. Nitrogen and energy nutrition of ruminants. Academic Press INC, London. 358 p.
- SMITH, T.; BROSTER, V. and HILL, R. 1980. A comparison of source of supplementary nitrogen for young cattle receiving fibre-rich diets. *J. agric. Sci., Camb.* 95: 687-695.
- STRITZLER, N.; GALLARDO, M. y GINGINS, M. 1983. Suplementación nitrogenada en forrajes de baja calidad. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 3, N°4, 283-309.
- TAMMINGA, S. 1992. Nutrition managements of dairy cows as a contribution to pollution control. *J. Dairy Sci.* 75: 345-357.
- THOMAS, C. and WILKINSON, J. 1975. The utilization of maize silage for intensive beef production. *J. agric. Sci. Camb.* 85: 255-261.
- TWIGG, J. and VAN GILS, L. 1988. Practical aspects of feeding protein to dairy cows. Recent Developments in ruminant nutrition, 196-212.
- TYRREL y VARGAS, 1984. *J. Dairy Sci.*
- VAN HORN, H.; FOREMAN, C. and RODRIGUEZ, J. 1967. Effects of high urea supplementation on feed intake and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 50: 709-714.

- VAN HORN, H.; MARSHALL, S. and WILCOX, J. 1975. Complete rations for dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 58: 1101-1108.
- VEIRA, D.; MACLEOD, G.; BURTON, J. and STONE, J. 1980 (a). Nutrition of the weaned holstein calf. I. Effects of dietary protein level on rumen metabolism. *J. Anim. Sci.* 50: 936-944.
- VEIRA, D.; MACLEOD, G.; BURTON, J. and STONE, J. 1980 (b). Nutrition of the weaned holstein calf. II. Effects of dietary protein level on nitrogen balance, digestibility and feed intake. *J. Anim. Sci.* 50: 945-951.
- WALES, W.; MORAN, J. and FARREL, D. 1993. Growing out feeder steers and finishing feedlot cattle on systems incorporating maize silage (Abst.). *Recent advances in animal nutrition in Australia 1993.* 97: 106.
- WILSON, G.; MARTZ, F.; CAMPBELL, Y. and BECKER, B. 1975. Evaluation of factors responsible for reduced voluntary intake of urea diets for ruminants. *J. Anim. Sci.* 41: 1431-1437.
- WINDSCHITL, P. and SCHINGOETHE, D. 1984. Microbial protein synthesis in rumens of cows fed dried whole whey. *J. Dairy Sci.* 67: 3061.
- ZINN, R. and SHEN, Y. 1998. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. *J. Anim. Sci.* 76: 1280-1289.

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