

## DOSIFICACION DE LA UREA EN LA LECHE PARA PREDECIR EL BALANCE NUTRICIONAL EN VACAS LECHERAS

*Alvaro García*

DMV - MSc, AREA NUTRICION ANIMAL - Facultad de Veterinaria, Montevideo Uruguay

### INTRODUCCION

La concentración de la urea en la leche, cuantitativamente el componente más importante de la fracción de nitrógeno no proteico (NNP) de la misma (DePeters et al. 1992), es objeto al presente de creciente atención. Las razones de este interés pueden resumirse en:

**\*el costo del suministro de proteína (PB) en exceso de los requerimientos**

**\*el impacto de la excreción de nitrógeno (N) sobre el medio ambiente**

**\*los efectos del excesivo consumo de nitrógeno sobre la fertilidad**

**\*la importancia para la industria de la proporción proteína verdadera/NNP en la leche**

Numerosos factores pueden influir en el contenido de PB y en la relación proteína verdadera (PV)/NNP de la leche: la dieta, el animal, la raza, el momento de la lactancia, la estación, si es primípara o no y diversas afecciones (De Peters et al. 1992).

La alta correlación entre la urea de la leche y la uremia, se debe a que la última se equilibra, siguiendo un gradiente de concentración, con todos los fluidos corporales. La uremia aumenta a consecuencia de la liberación del N contenido en los alimentos digeridos en el tracto gastrointestinal, así como a partir del catabolismo hepático de aminoácidos de la proteína corporal. Las dietas que contienen una mayor cantidad de N fermentable están asociadas con concentraciones mayores de amoníaco ruminal que aquellas con proteína de más lenta degradación (Robinson et al. 1991).

El análisis de la PB de un alimento se basa en determinar su contenido en N y multiplicarlo por el factor 6.25 (excepto trigo y leche). El término incluye por lo tanto no solamente la PV, sino también el NNP y otros compuestos nitrogenados (aminoácidos, aminos, etc.). La degradación de la PV en el rumen es variable y depende de factores que podrían clasificarse en intrínsecos y extrínsecos. Ejemplos de factores intrínsecos son los relacionados con la interacción de la proteína con compuestos tales como los taninos, los carbohidratos (reacción de Maillard) y la accesibilidad de la proteína debido a la lignificación del forraje. El procesamiento de

los alimentos, el manejo de la alimentación y la composición de la dieta y la tasa de pasaje al tracto gastrointestinal posterior, son ejemplos de factores extrínsecos.

Una vez que el alimento es ingerido, parte de la PV es degradada en el rumen a péptidos, aminoácidos y amoníaco, los tres últimos pueden ser utilizados por los microorganismos ruminales para sintetizar su propia proteína. La intensidad de esta degradación depende de la solubilidad de la proteína, del tiempo de permanencia de la partícula de alimento en el rumen y de las características de la fermentación ruminal. La mayor parte de la fracción de NNP es rápidamente utilizada por los microorganismos siempre y cuando estén presentes una serie de cofactores esenciales.

El amoníaco no incorporado en la proteína microbiana o bien abandona el rumen con la fase líquida o difunde a través de la pared ruminal (Bodeker et al. 1990). El amoníaco en exceso es tóxico para las células y es por lo tanto transformado en el hígado en urea, un metabolito no tóxico.

Una vez que la urea entra en la circulación se equilibra con el compartimiento acuoso en todos los tejidos (Ferguson, 1996). Puede ser entonces reutilizada según necesidad, tanto atravesando la pared ruminal (gradiente de concentración) o reciclandola por la saliva para su uso por las bacterias ureolíticas. El hecho que el exceso de urea se elimine a través de la orina explica porqué el estado de hidratación del animal influye sobre su concentración en los fluidos corporales.

Parte de la PV que escapa a la degradación ruminal puede ser digerida en el intestino delgado y los aminoácidos que la constituyan son absorbidos y usados en el anabolismo proteico. Si la absorción excede los requerimientos, estos son desaminados, convirtiéndose en una fuente adicional de urea. El catabolismo y desaminación de aminoácidos glucogénicos, puede contribuir significativamente a la uremia. Bajo condiciones experimentales el consumo de proteína de lenta degradación ha elevado la urea en plasma y leche en forma similar al consumo de proteína fácilmente degradable, lo que puede explicarse por lo expuesto precedentemente (Roseler y col., 1993).

### CAUSAS DE LA VARIACION EN LAS CONCENTRACIONES DE UREA

El N amoniacal es un nutriente necesario para las bacterias celulolíticas. Una concentración subóptima entorpece el crecimiento microbiano y causa disminución en la digestibilidad del alimento. Una concentración elevada de amoníaco sin un suministro paralelo de cofactores necesarios para producir proteína microbiana, resulta en un aumento en su concentración en el fluido ruminal.

Dependiendo de las características de la dieta, el contenido de amoníaco en el rumen suele alcanzar un



pico de 1 a 2 hrs luego del consumo de alimento. En vacas alimentadas dos veces al día la uremia, por su parte, alcanza un pico de 2 a 4 hrs luego del consumo de alimento. Esta variación no ha sido observada con frecuencias de suministro más altas (Gustafsson y Palmquist, 1993). Se ha reportado que valores de urea en leche en muestras tomadas por la tarde fueron superiores que por la mañana (Miettinen y Juvonen, 1990). En mediciones realizadas en 166 muestras de vacas de la Universidad de Pennsylvania, el contenido de N ureico en leche para ambos ordeñes fue de 12.25 (ES = 2.25) y 14.35 (ES = 2.20) mg/dL para los ordeñes de la mañana y de la tarde respectivamente (Ferguson, 1996). Carlsson y Bergstrom (1994) obtuvieron los valores más altos de 3 a 5 hrs luego de comenzar con la alimentación de la mañana y los más bajos, tarde en la noche. Por el contrario, Miettinen y Juvonen (1990) encontraron que la concentración de urea en leche era ligeramente más alta en la tarde. En este ensayo las vacas fueron alimentadas media hora antes del ordeño de la mañana mientras que una hora y media antes del de la tarde. Estos ejemplos demuestran la importancia del momento del muestreo en relación al suministro de alimento.

Como la uremia refleja los cambios que se producen en la concentración de amoníaco ruminal, es lógico que acompañe a las fluctuaciones de la concentración de amoníaco debidas al manejo de la dieta. Se ha sugerido un tiempo de latencia de entre una y dos horas para la difusión de la urea sanguínea a la leche (Gustafsson y Palmquist, 1993). Como las vacas por lo general se ordeñan de 2 a 3 veces por día, la variación diaria de la urea en leche será menor que la observada de muestras sanguíneas obtenidas a intervalos regulares en un mismo animal.

La difusión de la urea a la glándula mamaria sigue por lo general a las variaciones en la uremia. Gustafsson y Palmquist (1993) encontraron que la leche en la cisterna de la glándula se equilibraba con un tiempo de latencia de 1 a 2 hrs. Cuando la leche llena la glándula, el espacio de difusión de la urea aumenta y su concentración puede diferir ligeramente de la de la sangre. El análisis de urea en leche obtenida de una glándula recientemente evacuada refleja con más exactitud la concentración de urea sanguínea (Ferguson, 1996).

**EFFECTOS DE LA DIETA**

El incremento de la uremia y en consecuencia de la urea en la leche puede deberse a:

- \*un suministro de energía que no acompañe la disponibilidad de N
- \*una insuficiente cantidad de N para optimizar el crecimiento microbiano
- \*el catabolismo aminoacídico en el proceso de gluconeogénesis

Para que los microorganismos utilicen eficientemente el amoníaco necesitan de la presencia de ciertos cofactores. Entre ellos se pueden contar: azufre para la síntesis de metionina y cisteína, ácidos grasos volátiles (AGV) de cadena ramificada (valérico, isovalérico, 3-metil butírico), esqueletos carbonados donde depositar el grupo amino y energía para el proceso. Los carbohidratos de fácil fermentación son una

fuente de los últimos dos. Si la tasa de degradación proteica no es acompañada en forma paralela por la de los carbohidratos, el amoníaco desborda el sistema y se incrementa su absorción a través de la pared ruminal.

Hace unos 20 años se reportó que la concentración media de amoníaco ruminal se relacionaba positivamente con la de la PB de la dieta y negativamente con la concentración de nutrientes digestibles (Roffler y Satter, 1975). El agregado de energía utilizable en el rumen resulta en un descenso de la uremia, lo que sugiere la importancia de un adecuado balance protefna/energía para optimizar la producción de protefna microbiana (Ropstad y Refsdal, 1989). En una evaluación de 17 tambos la correlación positiva entre el consumo de protefna soluble y la urea en leche fue superior al de la PB, sin embargo, ambas correlaciones fueron bajas (García y col. 1997. Tabla 1).

Correlación entre protefna de la dieta y N ureico en leche		
Item	Media (DS)	Correlación con urea en leche
PB, kg/d	3.90 (0.71)	0.23*
SIP, kg/d	1.41 (0.38)	0.36*
17 establecimientos en un período de 6 meses		
*p<.01		<b>García y col. 1997</b>

En vacas alimentadas con un exceso de energía y una deficiencia en protefna (Carlsson y Pehrson, 1994), la concentración de N ureico en la leche disminuyó a 10.36 mg/dl y no varió al suministrar poca energía y cantidades adecuadas de protefna. Los autores estimaron que cada 60 g adicionales de PB digestible suministrados a las vacas que recibían únicamente los requerimientos de energía, aumentaba el N ureico en leche en 0.56 a 0.84 mg/dl. Este aumento fue probablemente debido a un exceso de amoníaco no incorporado en protefna microbiana. El parámetro que se correlacionó más con la urea en la leche fue el que los autores llamaron PBV (balance proteico en el rumen) donde:

$$PBV \text{ g/kg MS} = \text{g PB/kg MS} \times \text{degradabilidad en el rumen} - \text{PB microbiana producida/kg de MS}$$

El valor de la PBV producida es calculado a partir del contenido energético del alimento y estima por lo tanto el suministro del exceso de PB digestible en relación a la energía disponible para los microorganismos (Carlsson y Pehrson, 1994). En este ensayo, las vacas alimentadas con dietas bajas en energía tenían menores concentraciones de AGV (indicador de menor actividad microbiana) mientras que las alimentadas con más energía tenían un menor pH ruminal y mayores proporciones de AGV. Roseler y col. (1993) encontraron que el consumo de ENI se asociaba negativamente con la uremia. Los autores explicaron este efecto como el resultado o bien de un incremento en la eficiencia de la síntesis de protefna microbiana o de un ahorro de protefna a nivel post ruminal.

Se ha sugerido que concentraciones de N ureico en la leche inferiores a 14 mg/dl indican que la

proteína degradable en el rumen no es acompañada por un adecuado consumo de energía (Oltner y Wiktorsson, 1983). Broderick y col. (1993) sugirieron que una concentración de N ureico menor de 11 mg/dl implica una limitación de la proteína degradable en el rumen.

Efectos similares se han reportado en pastoreo donde la relación entre el N de la pastura y los carbohidratos solubles estaba relacionada positivamente con la uremia, mientras que negativamente con la proteína y grasa de la leche (Moller y col. 1993). Lo opuesto fue también cierto, una baja proporción N de la pastura/carbohidratos solubles y uremia baja, estaban asociadas con un alto contenido en grasa y proteína en la leche. García y col. (1997) reportaron resultados similares aunque las correlaciones con ambos componentes no fueron altas.

Correlación entre los componentes y N ureico en leche		
Componente	Media (DS)	Correlación con N ureico
Grasa, %	3.81 (0.3)	-0.19*
Proteína, %	3.18 (0.3)	-0.22*

17 establecimientos en un período de 6 meses  
\*p<.01      **García y col. 1997**

La fermentación de los carbohidratos no-fibrosos de la dieta lleva a una disminución en el pH ruminal. Al acidificar el contenido ruminal con cloruro de amonio, las concentraciones promedio de amoníaco en sangre y urea en sangre tendieron a ser más bajas (Kertz y col., 1983). Los autores sugirieron que aún en presencia de altas concentraciones de amoníaco ruminal si el pH del rumen se mantiene lo suficientemente bajo (por debajo de 6.5), el amoníaco no abandonaría el rumen (el NH<sub>4</sub>, base débil con carga positiva, difunde menos que el NH<sub>3</sub>).

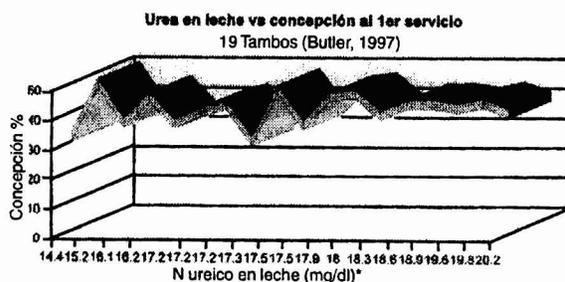
### EXCESO DE NITROGENO Y FERTILIDAD

El suministro de proteína en exceso de los requerimientos puede llevar en las vacas lecheras a una disminución de la fertilidad (Ferguson y Chalupa, 1989). Si bien la causa no ha sido claramente identificada aún, la interacción hipófisis/ovario, la función del cuerpo lúteo, la reabsorción embrionaria temprana (Elrod, 1995) y la disminución en la energía disponible (Tyrrell y Moe, 1975) se encuentran entre las teorías postuladas. Una concentración de N ureico de 16 mg/dl ha sido identificado como el nivel crítico por encima del cual la tasa de concepción de las vaquillonas fue un 30 % inferior (Elrod, 1995). Butler y col (1995), por otra parte, encontraron que niveles de N ureico plasmático superiores a 19 mg/dl estaban asociados con disminución en la tasa de preñez en el ganado lechero. Bajas tasas de concepción (no-retorno al estro a los 60 días) y anestro, estaban asociadas con uremias altas resultantes de vacas que consumían pasturas con una relación alta N/carbohidratos solubles altos (Moller y col. 1993). Se ha reportado un

aumento en la incidencia de ovarios quísticos en rodeos con niveles altos de urea en leche (Ropstad y Refsdal, 1987). Barnouin y Chacornac (1992) encontraron un aumento en la incidencia de metritis en rodeos en que las vacas eran suplementadas con urea durante el período seco. Los autores sugirieron que la urea podía acarrear cambios en el medio uterino, que podían llevar a un crecimiento bacteriano y una disminución en la defensa inmunitaria local. La perfusión del endometrio caruncular aislado con amoníaco alteró las concentraciones de Na y K mientras que con urea se obtuvo una reducción del pH en la mucosa (Elrod, 1995). Estos resultados sugieren la posibilidad no sólo de un medio inadecuado para el desarrollo embrionario sino la posibilidad de la proliferación de bacterias patógenas. *Corynebacterium pyogenes*, el cual es ureasa positivo, ha sido identificado como un agente oportunista, a menudo presente en las metritis prolongadas (Barnouin y Chacornac, 1992).

Se han observado resultados contradictorios en rodeos con bajos niveles de urea en leche, que comenzaron a inseminar las vacas 15 a 17 días luego de la parición, comparados con aquellos que tenían concentraciones de urea de intermedias a altas (Carlsson y Pehrson, 1992). En este ensayo los intervalos parto-primer inseminación y parto-última inseminación eran más prolongados en los rodeos con baja urea en leche. Sin embargo, los autores subrayaron que si el criterio de fertilidad era la tasa de no-retorno a los 56 días, los rodeos con baja urea en leche tuvieron una mejor performance reproductiva. Whitaker y col (1993) encontraron diferencias de fertilidad en vacas con diferente «status» energético, pero no encontraron correlación entre la uremia y la fertilidad.

En el gráfico siguiente se observa la relación entre el porcentaje de concepción y la urea en leche. En este trabajo no fué posible observar una relación entre ambos parámetros (Butler, 1997).



La energía requerida para desaminar la proteína suministrada en exceso de los requerimientos puede incrementar el balance energético negativo postparto al punto de comprometer la fertilidad (Oldham, 1984). Canfield y col. (1990) estudiaron los efectos del balance energético y de dos niveles de PB (19 y 16 %) sobre la fertilidad. Los autores encontraron que los días a la primer ovulación y al primer servicio no diferían entre tratamientos y concluyeron que el déficit energético no era incrementado exageradamente por el alto aporte proteico de la dieta. Explicaron este hecho por el aumento en el consumo de MS en el grupo que consumía 19 % de PB, que sobrepasó el incremento en los requerimientos para



producción de leche. Una relación similar entre producción y consumo total de proteína fue encontrada por García y col. (1997. A publicar).

Las tasas de concepción fueron más bajas (31 vs 48 %) y la uremia más alta en vacas alimentadas con 19 % de PB comparadas con las de 16 % (Canfield y col. 1990). Los animales que concibieron al primer servicio tenían una uremia más baja que aquellos que no habían concebido. El efecto fue atribuido a alteraciones en el medio uterino producto de la alta dieta proteica. En vacas alimentadas con una dieta con 23 % de PB las concentraciones de amoníaco en sangre y urea en plasma y secreciones uterinas (Jordan y col., 1983) fueron más altas que las alimentadas con dietas de 12 %. Los autores sugirieron que la urea podría actuar como agente antagonista para la fertilidad debido a sus efectos negativos en el ciclo del ácido cítrico y la motilidad de los espermatozoides.

**PRODUCCION DE LECHE**

La cantidad de nutrientes requeridos por las vacas lecheras ha aumentado a través de los años en respuesta a la selección genética por mayor producción. Los productores a menudo tratan de incrementar la producción a través del suministro de mayores cantidades de nutrientes o aumentando su densidad en la dieta. La ingestión de una cantidad excesiva de PB, aún cuando vaya acompañada de proporciones adecuadas de carbohidratos fermentables, puede resultar en un exceso de amoníaco ruminal y un incremento de la urea en plasma y leche. Lo que no queda muy claro es si esto implica necesariamente un efecto negativo sobre la producción de leche o sus componentes.

Carlsson y Pehrson (1994) encontraron que la producción anual en rodeos con bajas concentraciones de urea en leche era inferior que en aquellos con concentraciones intermedias o altas. En vacas alimentadas con 10 kg/día de fardos de festuca más 8 kg de concentrado que contenía 20 g de urea/kg, la producción de leche, así como la concentración de urea en la leche eran mayores que en el grupo control (sin adición de urea) (Susmel, 1994). La producción de energía total en la leche, fue considerablemente más alta para las vacas suplementadas con urea. De un análisis de cuatro establecimientos con un total de 491 vacas, Linn y col. (1997) encontraron que la producción de leche corregida por grasa (3.5 %), incrementaba al aumentar el N ureico en la leche hasta los 20 mg/dl.

**COMO INTERPRETAR LOS VALORES DE UREA EN LECHE**

Si bien no existe consenso general en cuanto a cuál es la concentración ideal de N ureico en la leche, se acepta el valor de 14 a 15 mg/dl como promedio para un establecimiento (rango de 12 a 18 mg/dl) y 13 a 17 (rango de 10 a 20 mg/dl), para animales individuales.

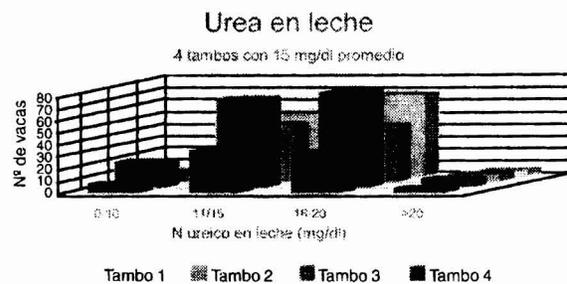
A los efectos de analizar el uso y las limitaciones de la urea en la leche como herramienta de diagnóstico del manejo nutricional del rodeo, se ejemplifican a continuación 4 establecimientos que

tuvieron 15 mg/dl en un mes dado. El manejo de la alimentación fue similar, consistiendo de ración total mezclada (TMR) suministrada dos veces al día. Los datos surgen de un total de 491 animales con una producción promedio (ponderada en base al número de animales/tambo) para los 4 establecimientos de 26.2 kg de leche corregida por grasa (3.5 %) diarios.

Establecimiento	Leche corregida al 3.5 % (kg/d)	Nº de vacas
1	25.0	126
2	26.6	105
3	26.5	179
4	27.1	81

Linn y col. (1997)

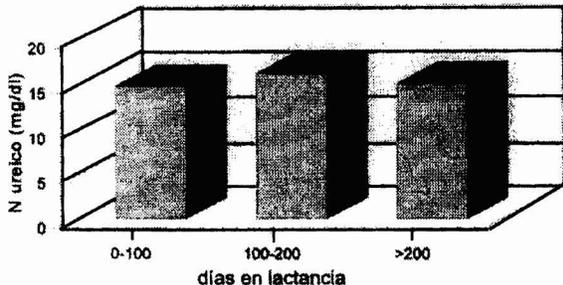
En el gráfico siguiente, se observa la distribución de los animales de acuerdo a la concentración de N ureico en la leche, agrupados en 0-10, 11-15, 16-20 y >20 mg/dl. Como es dable de esperar en una población, la distribución es relativamente "normal", aunque con algunos puntos a destacar. En los tambos 1 y 3 hay un mayor número de vacas entre 11-15 y en particular entre 16-20 mg/dl que los tambos 2 y 4. Llama la atención la gran cantidad de vacas del tambo 3 (en comparación con los restantes), con 0-10 mg/dl. De acuerdo a los conceptos manejados previamente, este establecimiento puede estar alimentando parte de sus animales en forma desbalanceada, sea suministrando poca proteína total o una baja proporción proteína/energía.



La disminución reportada de la urea en leche (Ferguson. 1996) con la progresión de los días en lactancia (DEL) no es necesariamente una constante en todos los casos a nivel de predio. Deberían preocupar niveles altos, sobretodo en animales con menos y más de 100 y 200 DEL respectivamente. En el primer caso por estar potencialmente en servicio y/o preñez temprana, en el segundo por lo que implica el costo del suministro de PB en exceso y el impacto ambiental resultante de la eliminación de N a través de orina. El pico de urea en leche entre los 100 y 200 DEL observado en la gráfica siguiente, surge como consecuencia de alimentar para una mayor producción de leche. Son en su mayoría animales probablemente con más

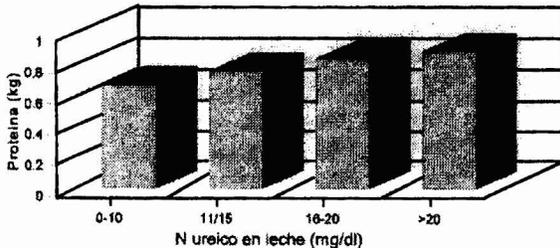
de un mes de preñez, en los que el efecto de la concentración de urea, no va a ser tan crítico como en el grupo de 0-100 DEL. En este último un nivel de N ureico en la leche cercano a 14.5 puede considerarse como «ideal» por lo que el balance nutricional en este ejemplo es en promedio correcto.

**Días en lactancia vs urea en leche**



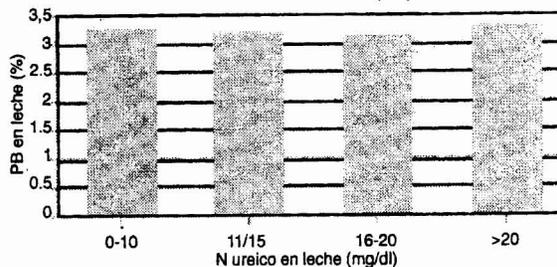
Al analizar los efectos sobre los componentes de la leche en los 4 establecimientos, se observó una correlación positiva entre el contenido en N ureico en la leche y la producción total de proteína. Esto era de esperarse al considerar la correlación previa entre la urea en la leche y la producción.

**Leche: Kg de PB vs urea en leche**



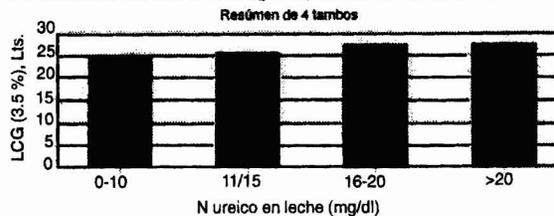
Los efectos de la urea sobre el % de PB en la leche, son algo más difíciles de explicar. Hay un incremento de la PB a bajos niveles de N ureico en la leche, seguido de un descenso a las concentraciones intermedias, para aumentar nuevamente por encima de los 20 mg/dl. Una baja concentración de urea en la leche puede significar una proporción proteína/energía baja con mayor suplementación de carbohidratos que proteína fermentables en el rumen. Sin embargo, en el caso de las concentraciones intermedias de urea, es probablemente un efecto de la mayor producción de leche observada con las mismas. El incremento inicial podría estar asociado a un mayor suministro de energía (y en consecuencia mayor producción de proteína microbiana) que puede haber sido eficientemente aprovechada a nivel intestinal, sin ocasionar una sobreproducción de amoníaco ruminal. El incremento observado con concentraciones superiores a 20 mg/dl podría explicarse por un incremento en la fracción de NNP de la leche en detrimento de la proteína verdadera.

**Leche: Urea vs PB (%)**



La producción de leche corregida (3.5 %) para el promedio de los tambos aumentó con el incremento del N ureico en la leche hasta alcanzar la concentración de 16-20 mg/dl y si bien hay un leve incremento al superar los 20 mg/dl, el mismo no es tan aparente. El incremento de proteína en la dieta aumenta la producción hasta cierto punto, pero al sobrepasar este «umbral» (probablemente la capacidad hepática de detoxificar el amoníaco) la producción se estabiliza y puede llegar incluso a disminuir (tal vez debido a un incremento en los requerimientos energéticos para desaminar proteína). El nivel de 20 mg/dl ha sido sugerido por Ferguson (1996) como el crítico por encima del cual se compromete la fertilidad.

**Producción de leche corregida (3.5 %) vs urea en leche**



**CONCLUSIONES**

1. Para usar la urea en leche como herramienta de diagnóstico del manejo nutricional de un rodeo se debe solicitar información acerca del manejo de la dieta:

- a. método de alimentación (frecuencia y secuencia del suministro de alimento)
- b. intervalo entre el consumo de alimento y el ordeño
- c. muestrear leche de cada ordeño

2. Para poder interpretar los valores:

Fuente	Valor de la información
promedio del rodeo	cuestionable
animal individual	cuestionable
un análisis esporádico	bajo a moderado
Elección de un grupo de vacas (al menos 10):	
Por DEL	alto
Por producción	alto
Test mensuales	alto

3. Es recomendable usar el análisis junto con:

- \*evaluación del contenido proteico/energético de la dieta
- \*información del manejo de la alimentación
- \*observación de las materias fecales



- \*evaluación de la condición corporal
- \*información de la producción

### Bibliografía citada.

- Bodeker, D., A. Winkler, and H. Holler. 1990. Ammonia absorption from the isolated reticulum and rumen of sheep. *Exp. Physiol.* 75:587.
- Broderick, G. A., W. M. Craig, and D. B. Ricker. 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.
- Canfield, R.W., C.J. Sniffen, W.R. Butler. 1990. Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. 73:2342-2349.
- Carlsson, B. and J. Bergstrom. 1994. The diurnal variation of urea in cow's milk how milk fat content, storage and preservation affects analysis by a flow injection technique. *Acta Vet. Scand.* 35:67-77.
- Carlsson, B., and B. Pehrson. 1994. The influence of the dietary balance between energy and protein on milk urea concentration. Experimental trials assessed by two different protein evaluation systems. *Acta Vet. Scand.* 35:193-205.
- DePeters, E. J., and J. P. Cant. 1992. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: a review. *J. Dairy Sci.* 75:2043.
- Elrod, C.C. 1995. High dietary protein and high fertility: can we have both? *Proc. Cornell Nut. Conf.*
- Ferguson, J. D., and W. Chalupa. 1989. Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:746.
- Ferguson, J.D. 1996. Milk Urea Nitrogen. New Bolton Center. <ftp://gandalf.dhia.psu.edu>
- García, A.D., J.G.Linn, S.C. Stewart, J.D. Olson and W.G. Olson. 1997. Evaluation of milk urea nitrogen (MUN) as a dietary monitor for dairy cows. *J. Dairy Sci.* (Remitido para su publicación).
- García-Bojalil, C.M., C.R. Staples, W.W. Thatcher, J.D. Savio, and C. Risco. 1992. Effect of dietary protein degradability and Calcium salts of long chain fatty acids on reproductive performance of lactating Holstein cows. *Suppl. 1. J. Dairy Sci.* 75:203.
- Gustafsson, A. H., and D. L. Palmquist. 1993. Diurnal variation of rumen ammonia, serum urea, and milk urea in dairy cows at high and low yields. *J. Dairy Sci.* 76:475.
- Kertz, A.P., L.E. Davidson, B.R. Cords, and H.C. Puch. 1983. Ruminal infusion of ammonium chloride in lactating cows to determine effect of pH on ammonia trapping. *J. Dairy Sci.* 66:2597.
- Linn, J.G., A.D. García, J.D. Olson, and W.G. Olson. Use of milk urea nitrogen in dairy herd evaluations. 1997. *Midwestern Sectional Scientific Sessions and Business Meetings. Amer. Soc. of Animal Sci. and American Dairy Science Association. Des Moines, Iowa.*
- Miettinen, P.V.A. and R.O. Juvonen. 1990. Diurnal variations of serum and milk urea levels in dairy cows. *Acta Agric. Scand.* 40:289.
- Moller, S., C. Matthew and G.F. Wilson. 1993. Pasture protein and soluble carbohydrate levels in spring dairy pasture and associations with cow performance. *Proc. of the New Zealand Society of Animal Production* 53:83-86.
- Oldham, J.D. 1984. Protein-energy interrelationships in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67:1090-1114.
- Oltner, R., and H. Wiktorsson. 1983. Urea concentrations in milk and blood as influenced by feeding varying amounts of protein and energy to dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 10:457.
- Robinson, P. H., G. de Boer, and J.J. Kennelly. 1991. Influence of source of rumen-degraded nitrogen on ruminal and whole tract digestion, plasma hormone and metabolite concentrations as well as milk yield and composition in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 71:417-428.
- Rodriguez, L.A., C.C. Stallings, J.H. Herbein, and M.L. McGilliard. 1997. Effect of degradability of dietary protein and fat on ruminal, blood, and milk components of Jersey and Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80:353-363.
- Roffler, R.E. and L.D. Satter. 1975. Relationship between ruminal ammonia and nonprotein nitrogen utilization by ruminants. I. Development of a model for predicting nonprotein nitrogen utilization by cattle. *J. Dairy Sci.* 58:1880-1888.
- Ropstad, E., L. Vik-Mo and A.O Refsdal. 1989. Levels of milk urea, plasma constituents and rumen liquid ammonia in relation to the feeding of dairy cows during early lactation. *Acta Vet. Scand.* 30:199-208.
- Roseler, D. K., J. D. Ferguson, C. J. Sniffen, and J. Herrema. 1993. Dietary protein degradability effects of plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in holstein cows. *J. Dairy Sci.* 76:525.
- Susmel, P., M. Spanghero, B. Stefanon, C.R. Mills, and E. Plazzotta. 1994. Digestibility and allantoin excretion in cows fed diets differing in nitrogen content. *Livestock Production Science.* 39:97-99.
- Tyrrell, H. C., and P. W. Moe. 1975. Effect of intake on digestive efficiency. *J. Dairy Sci.* 58:1151.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant.*
- Whitaker, D.A., E.J. Smith, J.M. Kelly, G. Da Rosa. 1993. *Veterinary Record.* 133:3, 61-64