

UREA EN LECHE: FACTORES QUE LA AFECTAN

Yamandú M. Acosta, M. Inés Delucchi, Magela Olivera y Cecilia Dieste. 2005. INIA, Uruguay.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Leche y derivados](#)

CONCEPTOS CLAVES

- ◆ La alimentación es el principal responsable del contenido de urea en leche.
- ◆ El contenido total de proteína en dieta, combinado con bajas concentraciones de energía son los responsables principales del contenido de urea en leche.
- ◆ En menor medida el contenido de proteínas en leche y el rendimiento medio diario de grasa láctea resultaron en los componentes de mejor asociación con urea en leche.
- ◆ Una interesante ventaja del modelo estadístico obtenido fue que las variables utilizadas son todas de fácil cuantificación, por lo tanto si se lo utiliza correctamente, el valor de MUN sería una herramienta útil para el productor a los efectos de poder mejorar su manejo nutricional, lo que le permitiría al productor mejorar la eficiencia en la alimentación, evitando excesos, deficiencias o desbalances.
- ◆ La determinación de MUN de manera rutinaria, podría ser útil para los productores, ya que sería una forma de monitorear adecuadamente la proteína ofrecida en dieta, para optimizar la utilización de N con respecto a la producción de leche y de esta forma disminuir las emisiones de N en el ambiente. No está claro como el MUN afecta a la industrialización de los productos lácteos, aunque podría ser útil para estimar las emisiones de N al ambiente, el cual tiene un impacto negativo y son onerosas de mitigar.

INTRODUCCIÓN

La urea es una pequeña molécula orgánica compuesta por carbono, nitrógeno, oxígeno e hidrógeno. Es un constituyente común de la sangre y otros fluidos corporales. Se forma del amoníaco en el riñón e hígado, que se produce por la descomposición de las proteínas durante el metabolismo. Mientras que el amoníaco es muy tóxico la urea no y puede estar en altos niveles sin causar alteraciones. La conversión de amoníaco a urea, primariamente en el hígado, previene la toxicidad del amoníaco siendo excretada por orina.

En los rumiantes la urea endógena puede ser utilizada para la síntesis de proteína en el rumen. La digestión microbiana del N alimentario produce importantes cantidades de amoníaco, que es utilizado por los microorganismos para sintetizar sus proteínas y parcialmente absorbido por la pared ruminal para ser transformado en urea en el hígado. Más del 60% de la urea plasmática proviene de la urea ruminal, el resto proviene del metabolismo intermediario. Esta urea, en parte, es eliminada por el riñón. Una cierta proporción retorna al retículo-rumen con la saliva y por difusión directa a partir de la sangre al rumen. Allí es hidrolizada a amoníaco y CO₂ por las ureasas de la flora epimural y, en menor grado, por las bacterias libres. La urea provee así radicales aminados para el anabolismo proteico en el rumen y estas proteínas serán recuperadas por el organismo del rumiante luego de digestión de la proteína microbiana y la absorción de péptidos y amino ácidos en el tracto intestinal.

El contenido de urea en leche o MUN (Milk Urea Nitrogen) es el resultado de la difusión de la urea del suero sanguíneo a través de las células secretoras de la glándula mamaria, constituyendo una fracción variable del nitrógeno total de la leche. Esto representa alrededor del 50% del nitrógeno no proteico y alrededor del 2.5% del nitrógeno total.

La determinación del MUN es un método rápido, no invasivo de estimar el nitrógeno ureico en vacas lecheras, ya que la leche se puede colectar fácilmente y el MUN se puede determinar precisamente por métodos enzimáticos o físicos.

Para el productor lechero resulta una herramienta práctica para controlar la proteína verdadera y la energía dada en la alimentación. Este tipo de control puede jugar un importante rol en el manejo del ganado lechero, por las siguientes razones:

- ◆ el exceso de proteína (N) dado puede afectar el desempeño reproductivo.
- ◆ el consumo excesivo de proteína verdadera aumenta los requerimientos energéticos.
- ◆ el suplemento proteico es caro.
- ◆ el exceso de N excretado tiene un impacto negativo en el medio ambiente.

El exceso de urea en leche podría tener algunos efectos adversos en los procesos de industrialización de los productos lácteos, lo que ha llevado a que una serie de países incorporen su determinación dentro de los análisis rutinarios del control lechero. Es así que instituciones de Alemania, Dinamarca, Eslovenia, Suecia, Finlandia, Noruega, Canadá y USA ya lo hacen y actualmente se está iniciando en Chile.

Debido a que la determinación de urea en leche es útil para monitorear el balance energético en la alimentación del ganado lechero, es también interesante determinar si puede aportar información para la industria, la cual está pagando por proteína bruta.

En Uruguay no hay mucha información sobre los valores de urea en la leche que se remite a la industria, por lo que resulta interesante conocer qué calidad proteica tiene la leche remitida y qué relación tiene este contenido con algunas de las variables productivas y de manejo.

La urea en leche varía por diferentes motivos, entre ellos: el clima, la raza, la época de parición, el número de lactancias y, sobre todo la alimentación. En las condiciones locales, con un sistema predominantemente pastoril, el conocer las variables que afectan el ingreso de N a la leche por la vía de la alimentación entre otras variables resulta de alto interés práctico.

El conocer la información de vaca individual (producción de leche, número de lactancias, época de parición, etc.) y el manejo alimenticio, que se realiza en cada establecimiento de producción, permitiría establecer un patrón de causalidad entre las variables estudiadas y los valores de urea en leche obtenidos.

Así, se planteó un trabajo de prospección, donde en base a información y muestras de leche de vaca individual, se propuso cuantificar el efecto de variables de manejo (paridad, días de lactancia), de alimentación, de producción y de composición de la leche, en los niveles de urea en leche (MUN) analizada.

Varios autores han reportado que la determinación de urea en leche es una forma indirecta de saber el estatus del nitrógeno ureico en sangre o BUN (Blood Urea Nitrogen, por sus siglas en inglés).

El N ureico en sangre es el mayor producto final del metabolismo proteico en los rumiantes y una alta concentración de este indica una ineficiencia en la utilización del N de la dieta. Sin embargo, BUN no puede ser medido rutinariamente debido a las dificultades de obtener una muestra regular y confiable. Esta bien establecido que la urea se equilibra rápidamente con los fluidos del cuerpo, incluida la leche, y que se puede calcular la relación entre MUN y BUN.

Todos los factores que influyen a la urea en sangre, influirán en la concentración de urea en leche. Esto incluye la ingesta de proteína degradable en rumen, la ingesta de proteína no degradable, la ingesta de energía, la ingesta de agua, la función hepática y la producción urinaria. Debido a que la leche es un fluido fácil de colectar, y esto se hace al menos dos veces al día en casi todos los tambos, medir la urea en leche es un estimador útil de los niveles de urea en sangre.

MATERIALES Y MÉTODOS UTILIZADOS

El estudio se llevó a cabo en Laboratorio de Calidad de Leche del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) con sede en La Estanzuela departamento de Colonia, en el período del 4 de agosto al 7 de noviembre de 2003.

Para el estudio se seleccionaron 10 tambos ubicados en los Departamentos de Canelones, San José, Florida y Colonia, en base a los siguientes criterios:

- ◆ Que remitieran leche para análisis regularmente al laboratorio de INIA.
- ◆ Que estuvieran dentro del programa de mejoramiento genético del Instituto Nacional de Mejoramiento Lechero (INML).
- ◆ Que el número de vacas en ordeño durante el período de estudio estuviera en el entorno de las 150 vacas.
- ◆ Que los propietarios y/o encargados de dichos establecimientos confirmaran su apoyo brindando la información complementaria necesaria y permitieran el uso de la información generada con las muestras remitidas.
- ◆ Que su ubicación geográfica permitiera una visita personal si fuera necesario.

A algunos de los tambos que confirmaron su apoyo se les realizó una visita en donde se completó un formulario sobre alimentación, con el objetivo de saber el manejo alimenticio que se estaba haciendo en el establecimiento al momento del control lechero. A los tambos restantes se les envió el formulario vía correo electrónico solicitándoles que lo completaran y lo enviaran junto con las muestras remitidas al laboratorio.

Con los datos de alimentación obtenidos se intentó estimar, con la mayor aproximación posible, el consumo total de alimento (por grupo), el contenido de proteína cruda y de energía neta de lactación media para las vacas bajo control lechero. A través de supuestos razonables y estándar se intentó determinar el consumo de pasturas y concentrados de estos animales.

Por medio del IMNL, de cada tambo seleccionado se obtuvo la siguiente información individual de los animales:

- ◆ número de lactancias
- ◆ fecha del último parto
- ◆ número de servicios al momento del control lechero
- ◆ obtención de muestras de leche

Se realizaron 2 muestreos de cada tambo coincidiendo con el control lechero mensual en situaciones de alimentación contrastantes, una en invierno (agosto - setiembre) a los efectos de evaluar los niveles de urea en leche en una situación de escaso consumo de verde, y alto de concentrado y ensilaje o heno, y otra en primavera (octubre - noviembre) en una situación de manejo principalmente en base a praderas, con bajos o nulos niveles de suplementos.

Las 4054 muestras remitidas fueron procesadas de acuerdo a los procedimientos habituales de análisis del laboratorio. En primer lugar se determinó la composición química (grasa, proteína y lactosa) con un equipo Bentley 2000 (Bentley Instruments, Chaska, MN, USA) e Internacional Dairy Federation Standard 141C del 2000.

Para estudiar la variable etapa de la lactancia, se hicieron comparación de medias de todas las variables clasificatorias agrupadas por días posparto (DPP). La división se hizo de la siguiente manera:

- ◆ DPP1 = \leq 30 días de lactancia
- ◆ DPP2 = 30 – 90 días de lactancia
- ◆ DPP3 = 90 – 180 días de lactancia
- ◆ DPP4 = 180 – 305 días de lactancia
- ◆ DPP5 = \geq 305 días de lactancia

VALORES DE REFERENCIA

En general se recomienda interpretar el valor de MUN por grupos, en cierto modo porque los animales son manejados en grupos, a los efectos de alimentación principalmente, pero también porque se observó gran variación individual en la concentración de MUN.

Para una interpretación más minuciosa del valor de urea se utiliza también el análisis del contenido de proteína de la leche, ya que éste es dependiente directamente del aporte de energía de la dieta.

La determinación de MUN en forma estratégica permite medir, junto con otros indicadores como los cambios de peso corporal y la condición corporal de las vacas, la eficiencia de utilización del alimento y de ahí su valor como herramienta técnica.

El Cuadro 1 presenta algunos valores de referencia para interpretar valores de MUN en leche (Peña Castellanos, 2002).

Cuadro 1. Interpretación de los resultados de laboratorio sobre niveles de urea en leche.

Niveles de MUN (mg/dl)	Calificación	Interpretación
< 9	Deficiente	Insuficiente N en la dieta. Afecta producción
9 – 12	Bueno	Buen uso del N. Puede afectar producción
12 – 15	Excelente	Optimo nivel para producción y reproducción
15 – 18	Bueno	Uso sub-óptimo del N. Sin efecto adverso en reproducción.
18 – 21	Regular	Desperdicio de N. Puede afectar reproducción
> 21	Deficiente	Exceso de N. Afecta reproducción.

El Cuadro 2, presenta en forma tabulada, un conjunto más detallado de criterios para interpretar los resultados de contenido de urea en leche provistos por el laboratorio. Esta información pertenece a un trabajo del Dr. Charles Stallings un está publicada en un boletín de divulgación del Departamento de Producción Lechera del Virginia Polytecnic Institute en Blacksburg, Virginia, U.S.A, en base al procesamiento de resultados de laboratorio del esquema DHIA, (Adaptado de Northeast DHI, Ithaca, N.Y., USA).

Cuadro 2. Interpretación de resultados del contenido de MUN (Adaptado de Northeast DHI, Ithaca, N.Y., USA).

Etapa de la Lactancia	Proteína Total en Leche %	MUN (mg/100 ml)		
		Bajo <12	Moderado 12 a 18	Alto >18
Temprana (0 a 45 DPP)	<3,0	Deficiencia de proteína degradable	Adecuado nivel de proteína y CHO fermentables	Exceso de proteína soluble y/o degradable en relación a la disponibilidad de CHO fermentables.
	3,0 a 3,2	Baja proteína degradable en comparación a la disponibilidad ruminal de energía	Buen balance de proteína degradable, no degradable y composición de AA	Desbalance de AA Exceso de proteína degradable en rumen. Exceso de NEL y AA en dieta.
	>3,2	Baja proteína degradable, exceso de energía, buen balance de AA	Nivel de proteína degradable y no degradable en rumen adecuado. Adecuado balance de AA. Exceso de energía.	Exceso de proteína degradable en rumen. Adecuado balance de AA. Exceso de energía.
Etapa Reproductiva (46 a 150 DPP)	<3,0	Deficiencia de proteína degradable y/o no degradable	Buen balance de proteína degradable, soluble y no degradable. Adecuado balance de AA	Exceso de proteína soluble y/o degradable en relación a la disponibilidad de CHO fermentables. Desbalance de AA
	3,0 a 3,2	Bajo tenor de proteína degradable/soluble.	Adecuado balance de fracciones proteicas y CHO fermentables.	Buen balance de CHO. Exceso de proteína degradable y AA.
	>3,2	Bajo tenor de proteína degradable. Exceso de CHO/energía.	Adecuado balance de fracciones proteicas, AA y CHO fermentables.	Exceso de proteína degradable y soluble en relación a los CHO fermentables y en consumo de NEL.
Lactancia media y tardía (>150 DPP)	<3,2	Bajo consumo de proteína degradable y soluble, baja ingesta de CHO fermentables	Adecuado suministro de proteína degradable y soluble. Desbalance de AA.	Exceso de proteína degradable y de proteína soluble en relación a los CHO fermentables. Desbalance de AA o inadecuada ingesta de NEL.
	3,2 a 3,4	Baja ingesta de proteína degradable/soluble en relación al consumo de NEL.	Adecuado balance de proteína degradable/soluble y de balance de AA.	Exceso de proteína degradable. Desbalances en la provisión de AA. Adecuado nivel de NEL.
	>3,4	Buen balance de AA. Consumo restringido de NEL.	Adecuado balance de AA y de NEL.	Exceso de proteína degradable. Adecuado nivel de suministro de AA y de NEL.

RESULTADOS

En el cuadro 3 se presentan las variables de alimentación estudiadas en cada estación.

Cuadro 3. Características de la alimentación ofrecida en ambas estaciones.

Parámetro	n	Invierno	n	Primavera
Materia seca total consumida (Kg)	1923	17,5 ± 0,05 ^a	2085	15,9 ± 0,04 ^b
Pasturas (Kg. de MS ² /v/d)	1923	10,9 ± 0,04 ^a	2085	13,3 ± 0,04 ^b
Proteína cruda (% de MS ²)	1923	15,5 ± 0,03 ^a	2085	18,0 ± 0,03 ^b
Ingesta de Energía Neta de Lactación (Mcal/v/d)	1923	26,4 ± 0,01 ^a	2085	23,8 ± 0,01 ^b

¹ EEM: Error Estándar de la Media
² MS: Materia seca
^{a, b}: Medias entre columnas con diferente letra difieren (P<0.001)

En invierno se registró un menor consumo de pasturas a la vez que hubo un menor contenido en proteína cruda en la dieta, pero existió un mayor consumo de materia seca en general, con niveles más altos de energía neta de lactación total. En primavera se observó que el consumo de pasturas y de proteína cruda fue mayor que en invierno, pero el consumo de materia seca total y de energía fue menor en comparación con la dieta dada en invierno.

El consumo total de alimento resultó mayor en invierno, pero el aporte de las pasturas resultó bastante más alto en primavera, como era de esperar (Cuadro 3). El tenor proteico de las dietas resultó también mayor cuando ésta fue predominantemente pastoril, sin embargo, la ingesta total de energía resultó mayor en el invierno, debido a la mayor participación de suplementos.

Cuadro 4. Diferencias estacionales en la producción promedio diaria y la composición de leche.

Variable	Invierno		Primavera	
	n	Media ± EEM ¹	n	Media ± EEM
Producción de leche (l/día)	1923	19,1±0,4 ^a	2085	21,1±0,2 ^b
Grasa %	1923	3,61 ± 0,02 ^a	2085	3,42 ± 0,02 ^b
Proteína %	1923	3,35 ± 0,01 ^c	2085	3,32 ± 0,01 ^d

La Figuras 1 y 2 muestran la evolución de los componentes de leche analizados, según etapa de la lactancia.

Figura 1. Curva de lactancia en invierno

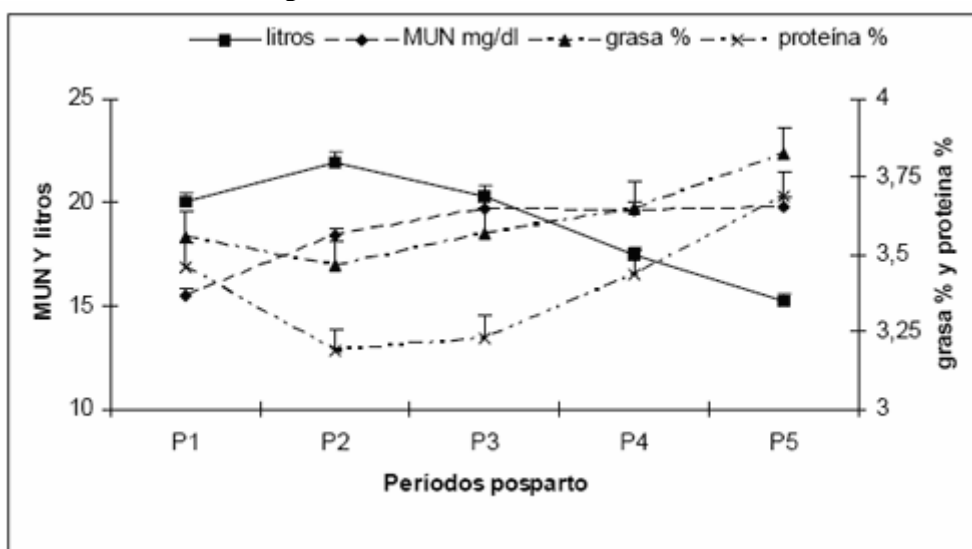
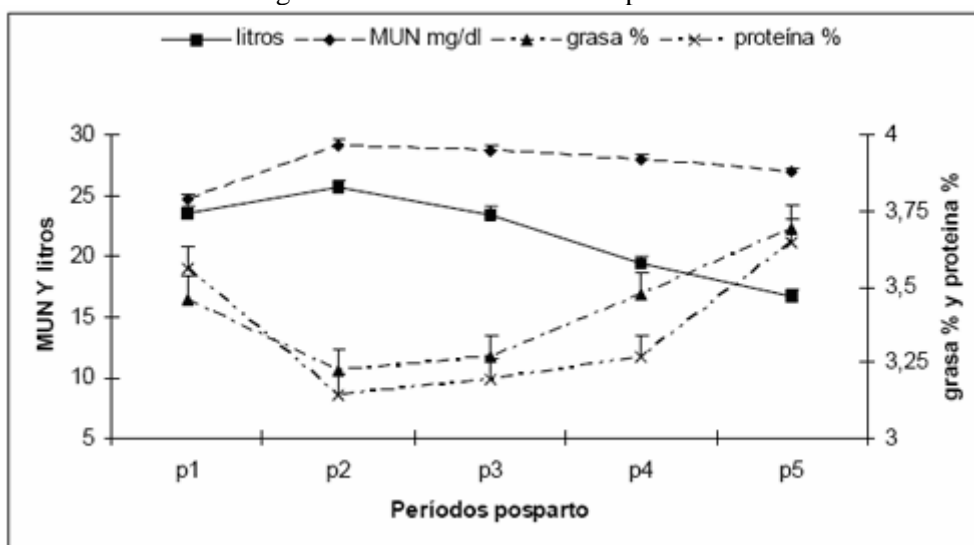


Figura 2. Curva de lactancia en primavera

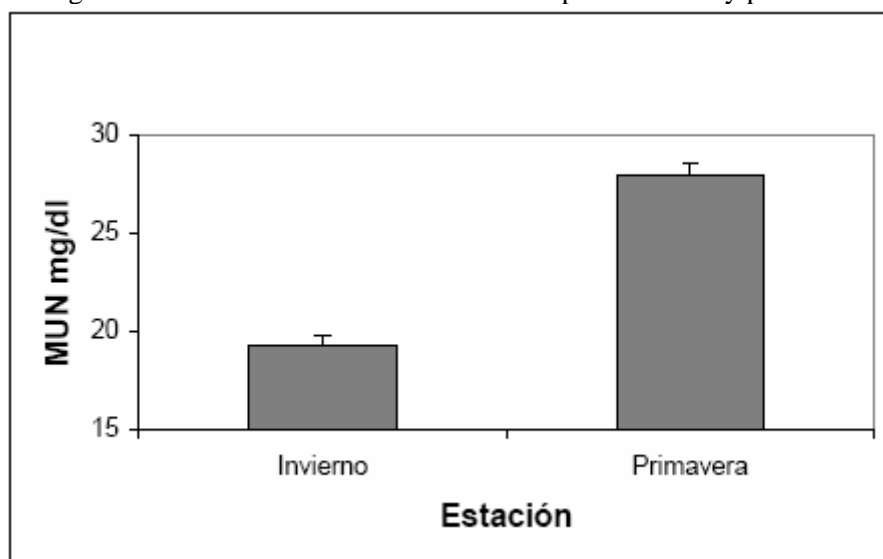


En la figuras 1 y 2 se muestran las medias de los diferentes componentes de la leche en los períodos estudiados, en las dos estaciones de alimentación estudiadas. Si bien la producción de leche es mayor en primavera que en invierno en ambas figuras se observa claramente una curva de lactancia estándar, en donde se ve un pico de producción de leche en el segundo período (30-90 días) que luego comienza a declinar gradualmente. Los porcentajes de grasa y proteína fueron los más bajos al momento del pico de lactancia, para luego aumentar en los siguientes días para invierno y primavera. Se puede observar que la diferencia entre los porcentajes de grasa

y proteína en invierno fue mayor que en primavera. Incluso en primavera, en el período 1, se observan invertidos esos valores.

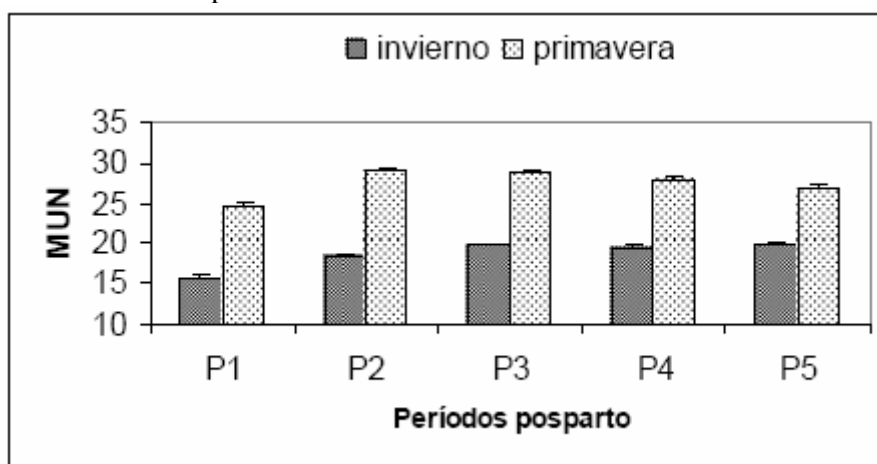
En promedio, los niveles de MUN fueron significativamente diferentes ($P < 0,0001$) en ambas estaciones, encontrándose valores menores en invierno con respecto a primavera. Para invierno el promedio fue de $19,32 \pm 0,15$ y de $27,93 \pm 0,15$ para primavera como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Concentraciones medias de MUN para invierno y primavera



En la Figura 4 se observa claramente el comportamiento de MUN en las dos estaciones. En esta figura también se pueden observar que las medias de MUN en primavera fueron en todos los períodos de DPP (etapas de la lactancia) superiores a las presentadas en invierno. MUN también presentó una diferencia significativa ($P < 0,0001$) en los diferentes períodos post parto.

Figura 4. Concentraciones medias de MUN (mg/dl) para ambas estaciones y para todos los momentos de la lactancia.



No todas las variables de alimentación estuvieron significativamente correlacionadas con MUN.

Como se presenta en el Cuadro 5 el consumo de MS total en invierno no estuvo significativamente correlacionado con MUN, al igual que el consumo de MS en pasturas y la energía neta de lactación. Sin embargo, la proteína cruda estuvo positiva y significativamente correlacionada con MUN, si bien esta correlación fue muy baja. La única variable que presentó una correlación negativa con MUN ($P < 0,01$) fue la energía neta de lactación.

Cuadro 5. Correlaciones entre MUN y las variables de alimentación en invierno y primavera.

Parámetro	MUN	
	Invierno (n = 1923)	Primavera (n = 2085)
Consumo de MS total (kg/v/d)	0,03664 (P<0,1082)	0,02480 (P<0,2576)
Consumo de MS de pasturas (kg/v/d)	0,04016 (P<0,0783)	0,03993 (P<0,0683)
Proteína cruda (%)	0,16759 (P<0,0001)	-0,14251 (P<0,0001)
Energía neta lactación total (Mcal/v/d)	0,02081 (P<0,3617)	-0,06457 (P<0,01)
Energía neta lactación (Mcal/kg MS)	-0,06139 (P<0,01)	-0,41598 (P<0,0001)

En primavera las únicas variables que no presentaron una correlación significativa fueron: consumo de MS total y consumo de MS en pasturas. Al contrario de lo que sucedió en invierno, en primavera la proteína cruda y la energía neta de lactación total presentaron una correlación significativa y negativa con MUN.

En el Cuadro 6 se presentan las correlaciones que existen entre MUN y los sólidos de la leche.

Cuadro 6. Correlaciones medias entre sólidos de leche y contenido de MUN para ambas estaciones.

Parámetro	MUN			
	Invierno	N	Primavera	N
Litros leche por día	-0,05 (P<0,05)	1923	0,20 (P<<0,0001)	2085
% grasa	0,16 (P<,0001)	1923	-0,10 (P<,0001)	2085
% proteína	-0,17 (P<,0001)	1923	-0,11 (P<,0001)	2085
Grasa Kg	0,04 (P<0,0646)	1923	0,11 (P<,0001)	2085
Proteína Kg	-0,11 (P<,0001)	1923	0,18 (P<,0001)	2085

El Cuadro 7 presenta los resultados de regresión múltiple entre MUN y todas las variables evaluadas.

Al ejecutar un proceso de regresión por etapas (Stepwise regression) el modelo que explica casi el 40% de la variación de MUN se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 7. Componentes del modelo de regresión múltiple que explica contenido de urea en leche para las variables y estaciones de alimentación estudiadas.

Paso	Variable incluida	Estimado	R ² Parcial	R ² Total	Pr > F
	Intercepto	-606,61713			<,0001
1	PC ^a	15,87741	0,1325	0,1325	<,0001
2	Enl MS ^{2b}	-262,95992	0,0861	0,2186	<,0001
3	PC ^{2c}	-0,42668	0,1012	0,3198	<,0001
4	Enl MS ^d	726,14002	0,0417	0,3615	<,0001
5	% Prot ^e	-3,95003	0,0273	0,3888	<,0001
6	Grasa kg ^f	2,81308	0,0050	0,3938	<,0001
7	Días PP ^g	0,00386	0,0027	0,3965	<,0001

^a: Proteína cruda
^b: Energía neta de lactación MS²
^c: Proteína cruda²
^d: Energía neta de lactación MS
^e: % proteína en leche
^f: Kg de grasa en leche
^g: Días post parto
 Todas las variables que están en el modelo son significativas a valores de 0.1500.
 Ninguna otra variable hace el 0.1500 significativo para entrar en el modelo.

Finalmente, el modelo que mejor predijo el valor de MUN fue:

$$\text{MUN} = -606,62 + 15,87 * A - 262,96 * B - 0,43 * C + 726,14 * D - 3,95 * E + 2,81 * F + 0,004 * G$$

$$R^2 = 0,3965$$

En donde:

- A: Proteína cruda
- B: Energía neta de lactación MS 2
- C: Proteína cruda²
- D: Energía neta de lactación MS
- E: % proteína en leche
- F: Kg de grasa en leche
- G: Días post parto

CONSIDERACIONES FINALES

1. De todas las variables que se analizaron, las que mejor explican el comportamiento de MUN fueron las variables de alimentación y, dentro de ellas, la proteína cruda es la que más afecta.
2. Una ventaja del modelo estadístico obtenido fue que las variables utilizadas son todas fácilmente cuantificables, por lo tanto si se utiliza éste correctamente, el valor de MUN sería una herramienta útil para el productor a los efectos de poder mejorar su manejo nutricional. A su vez el monitoreo de MUN le permitiría al productor mejorar la eficiencia en la alimentación, evitando excesos, deficiencias o desbalances.
3. La determinación de MUN de manera rutinaria, para nuestras condiciones de producción, podría ser útil para los productores, ya que sería una forma de monitorear adecuadamente la proteína ofrecida en la dieta, para optimizar la utilización de N con respecto a la producción de leche y de esta forma disminuir las emisiones de N en el ambiente. No sabemos como afecta en la industrialización de los productos lácteos, aunque creemos que podría ser útil para estimar las emisiones de N al ambiente, el cual tiene un impacto negativo.

REFERENCIAS

- Peña Castellanos, F. (2002). Importancia del nitrógeno ureico de la leche como índice para evaluar la eficiencia productiva y reproductiva de las vacas lecheras. Revista Acovez; Volumen 27 No. 1 Edición 90.
- Stallings, C.C. What's happening with Milk Urea Nitrogen testing? Dairy Science, Virginia Tech, December, 1996. www.dasc.vt.edu/nutritioncc/9667.

Volver a: [Leche y derivados](#)