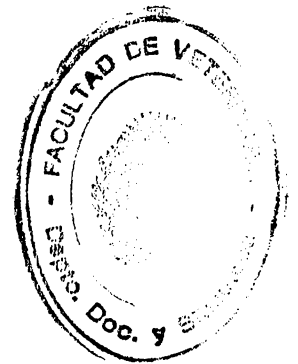


**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**DETERMINACIÓN DE UREA EN LECHE Y FACTORES QUE LA AFECTAN**

Por

Cecilia DIESTE  
Magela OLIVERA



TRABAJO FINAL presentado como uno de los requisitos para obtener el título de Doctor en Ciencias Veterinarias (Orientación Higiene, Inspección, Control y Tecnología de alimentos de origen animal)

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2004**

002 TG

**Determinación d**



FV/26229

TRABAJO FINAL aprobado por:

Presidente de Mesa:

Dr. Luis Barros  
Nombre completo y firma

Segundo Miembro (Tutor):

Dr. Daniel Cavestany  
Nombre completo y firma

Tercer Miembro:

Dr. Alfredo Sosa Costa  
Nombre completo y firma

Fecha:

8 de diciembre de 2004

Autores:

Cecilia Dieste  
Nombre completo y firma

Magela Olivera  
Nombre completo y firma

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a INIA La Estanzuela por habernos brindado las herramientas para poder realizar nuestro trabajo final haciéndonos sentir como en nuestra casa. A Sonia y a Luciana por su paciencia. Al Departamento de ovinos, en especial a Georgette, por transmitimos su optimismo y contagiarnos su pasión por la profesión.

En especial a Inés Delucchi, Pablo, Leonardo y Miguel, del Laboratorio de Calidad de Leche, que se tomaron parte de su tiempo para ayudarnos, siempre de buen humor.

A Yamandú Acosta por aceptar la tesis, que esperamos sirva para trabajos futuros, y por el tiempo que nos dedicó.

A todos los productores, que sin ellos no hubiera sido posible nuestro trabajo.

A Daniel Cavestany por brindándonos todo su apoyo desde un principio, por abrirnos las puertas de INIA, por levantarnos el ánimo cada vez que no nos salían las cosas, y que con mucha paciencia y dedicación logró que termináramos nuestro trabajo.

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro I	Efecto de diferentes porcentajes de ingestión de proteína sobre producción de leche y MUN.....	16
Cuadro II	Resumen de resultados de laboratorio de niveles de MUN.....	21
Cuadro III	Interpretación de resultados de contenido de MUN.....	22
Cuadro IV	Características de la alimentación ofrecida en ambas estaciones.....	28
Cuadro V	Diferencias estacionales entre la producción promedio diaria y la composición de leche.....	28
Cuadro VI	Correlación entre MUN y las variables de alimentación en invierno y primavera.....	32
Cuadro VII	Correlación entre MUN y los componentes de la leche en invierno y primavera.....	33
Cuadro VIII	Correlaciones de MUN con DPP y N° de lactación con la población total.....	33
Cuadro IX	Modelo que explica el 40 % de la variación de MUN.....	34
Figura 1.	Efecto de la época de lactancia en la concentración de proteína, grasa y lactosa en la leche.....	8
Figura 2	Representación de la curva de lactancia en invierno.....	29
Figura 3	Representación de la curva de lactancia en primavera.....	30
Figura 4	Niveles de MUN para invierno y primavera.....	30
Figura 5	Medias de MUN en los diferentes períodos para las dos estaciones.....	31

# TABLA DE CONTENIDOS

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS .....	IV
Tabla de contenidos.....	V
RESUMEN .....	1
SUMMARY .....	1
INTRODUCCION .....	2
Objetivo General:.....	3
Objetivo Específico: .....	3
REVISION BIBLIOGRÁFICA .....	3
Composición de la leche .....	3
Grasa.....	3
Lactosa .....	4
Minerales .....	4
Vitaminas .....	5
Proteínas .....	5
Caseínas.....	5
Proteínas del lactosuero.....	6
Componentes nitrogenados no proteicos.....	6
Factores que afectan la composición de la leche.....	7
Raza .....	7
Edad .....	7
Fase de lactación.....	8
Influencia de la alimentación en la composición de la leche .....	8
Importancia de la fracción proteica de la leche .....	9
Métodos de determinación de la proteína.....	11
Urea: síntesis, metabolismo y excreción .....	11
Urea en leche (MUN).....	12
Relación entre BUN y MUN .....	13
Métodos de determinación.....	13
Factores que afectan los niveles de MUN .....	14
Relación entre MUN y producción de leche.....	14
Factores que influyen en los niveles de urea en leche.....	15
Alimentación .....	15
Clima.....	16
Edad .....	17
Época de lactancia.....	17
Salud.....	18
Raza .....	18
Utilidad de la determinación de urea en leche.....	18
Interpretación de los valores obtenidos.....	20
MATERIALES Y METODOS.....	23

Localización.....	23
Selección de tambos .....	23
Recepción de muestras.....	24
Análisis de las muestras.....	24
Análisis estadístico.....	27
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
Características de la alimentación en ambas estaciones.....	28
Producción y composición de la leche en invierno y primavera .....	28
Características de la leche en los diferentes períodos posparto en ambas estaciones .....	29
Niveles MUN en las dos estaciones estudiadas.....	30
Correlación entre la alimentación y MUN .....	31
correlación entre grasa y proteína de la leche, producción de leche y MUN.....	32
Correlación entre días posparto y número de lactancias con MUN.....	33
Relación entre la variable dependiente (MUN) y las demás variables estudiadas .....	33
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>42</b>

## **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de variables de manejo (paridad y días de lactancia), alimentación y producción y composición de la leche, en los niveles de urea en leche (MUN). El estudio se realizó en 10 tambos comerciales ubicados en los Departamentos de Canelones, San José, Florida y Colonia con un promedio de 150 vacas en ordeño, que integran el programa de Mejoramiento Lechero de ANPL (Asociación Nacional de Productores Lecheros) y que realizan rutinariamente análisis de composición y calidad de leche en el Laboratorio de Calidad de Leche de INIA La Estanzuela. Se realizaron 2 muestreos de cada tambo coincidiendo con el control lechero mensual en situaciones de alimentación contrastantes, una en invierno (agosto-setiembre) y otra en primavera (octubre-noviembre). En términos generales, la alimentación en invierno fue de baja oferta de pasturas y alto nivel de concentrado, ensilajes y/o heno. En primavera la alimentación fue predominantemente pastoril, con bajos niveles de concentrado, sin heno ni fardos. Los niveles de urea se determinaron con el equipo ChemSpec 150 y en invierno fueron 19.32 mg/dl y en primavera 27.93 mg/dl ( $P < 0.0001$ ), lo que se asoció al tipo de alimentación dada. La determinación de MUN de manera rutinaria puede ser una herramienta útil para los productores, pues es una forma de controlar adecuadamente la proteína ofrecida en la dieta, para optimizar la utilización de nitrógeno (N) y de esta forma disminuir las emisiones de N en el ambiente.

## **SUMMARY**

The objective of the study was to evaluate the effect of management variables (parity and days in milk), feeding and milk production and composition on milk urea nitrogen (MUN) levels. The study was carried out in 10 commercial dairy farms located in the Departments of Canelones, Florida, San José, and Colonia (Uruguay) with an average of 150 milking cows participating in the Dairy Improvement Program of the National Association of Dairy Farmers (ANPL) and that did routinely milk composition analysis at the Laboratory of Milk of INIA La Estanzuela. Two milk samples from each farm were obtained in coincidence with the monthly milk control, in contrasting feeding conditions, one in winter (low pasture availability and high levels of concentrate supplementation) and the second in spring (basically pasture feeding with little concentrate supplementation). Milk urea was determined with the ChemSpec 150 analyzer, and MUN levels in winter were 19.32 mg/dl and in spring 27.93 mg/dl ( $P < 0.0001$ ), a difference associated with the type of feeding. Routinely MUN determination is a useful tool for dairy farmers, to adequately control the levels of protein offered in the diet, in order to optimize nitrogen (N) utilization and by this way reduce the N emissions to the environment.

## **INTRODUCCION**

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 (De Peters y Ferguson, 1992; Peña Castellanos, 2002).

La determinación del MUN es un método rápido, no invasivo de estimar el nitrógeno ureico en vacas lecheras, ya que la leche se puede coleccionar fácilmente y el MUN se puede determinar precisamente por métodos enzimáticos o físicos (Johnson y Young, 2003; Nousiainen y col., 2004).

Para el productor lechero resulta una herramienta práctica para controlar la proteína cruda 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 (Rajala-Shultz y Saville, 2003)

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 (Noro y Wittwer, 2003).

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

En Uruguay no hay datos sobre los valores de urea en la leche que se remite a la industria, por lo que es 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, raza, época de parición, número de lactancia y, sobre todo alimentación (De Peters y Cant, 1992) y 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.

Al conocer los datos de vaca individual (producción de leche, número de lactancia, época de parición, etc.) y el manejo alimenticio, que se realiza en cada tambo, se podría



establecer una patrón de causalidad entre las variables estudiadas y los valores de urea en leche.

### **Objetivo General:**

Determinar las variaciones en los niveles de MUN en las condiciones de producción nacionales, con un manejo predominantemente pastoril, para obtener mayor información sobre la utilidad de esta herramienta.

### **Objetivo Específico:**

Cuantificar el efecto de variables de manejo (paridad, días de lactancia), alimentación, producción y composición de la leche, en los niveles de urea en leche (MUN).

## **REVISION BIBLIOGRÁFICA**

### **COMPOSICIÓN DE LA LECHE**

El principal componente de la leche es el agua. La leche es una emulsión de materia grasa, en forma globular, en un líquido que presenta analogías con el plasma sanguíneo. Este líquido es asimismo, una suspensión de materias proteicas en un suero constituido por una solución verdadera que contiene principalmente, lactosa y sales minerales. Disueltos en el agua se encuentran una serie de elementos orgánicos, sustancias nitrogenadas solubles como aminoácidos, creatina y urea, la proteína soluble albúmina, así como lactosa, enzimas, vitaminas hidrosolubles del complejo B y vitamina C. En suspensión coloidal, se encuentran sustancias inorgánicas (compuestos de calcio y fósforo) y la proteína caseína, también en esta fase acuosa se encuentran dispersos en suspensión diminutos glóbulos de grasa.

Por lo tanto existen en la leche 4 tipos de componentes importantes: grasa, proteínas (caseínas y albúminas), lactosa y sales. A ellos se le añaden otros componentes numerosos, presentes en cantidades mínimas: vitaminas, enzimas, nucleótidos, etc. (Alais, 1971; McDonald, 1993).

### **Grasa**

La grasa de la leche tiene una composición compleja. Entre sus componentes, los triglicéridos representan un 98% y se encuentran pequeñas cantidades de di- y monoglicéridos y ácidos grasos libres. Otros componentes se encuentran en cantidades más pequeñas, pero pueden ser importantes en las propiedades sensoriales de la leche o por su valor nutritivo. Entre ellos están las vitaminas liposolubles, principalmente A, D y E, junto con pequeñas cantidades de vitamina K, los compuestos responsables del aroma y sabor como aldehídos, cetonas y lactonas y los pigmentos carotenoides (Varnam y Surtherland, 1994).

La composición de ácidos grasos (AG) de los triglicéridos de la grasa láctea es extremadamente compleja y se han identificado varios centenares de AG. La proporción de cada ácido graso varía de acuerdo con el estado de lactación y la dieta, y es posible manipular la proporción relativa de los principales AG modificando ésta. En condiciones normales, los ácidos grasos saturados representan el 70 % del contenido total de AG, los monoinsaturados suponen el 27 %, mientras que los dienos y trienos solo el 3 % (Varnam y Surtherland, 1994).

Los AG de la grasa láctea, se dividen en tres grupos según su origen:

- AG obtenidos sólo a través de síntesis de novo en la glándula mamaria bovina.
- AG obtenidos tanto a partir de síntesis de novo en la glándula mamaria bovina como a partir de la sangre.
- AG obtenidos sólo a partir del aporte sanguíneo (Varnam y Surtherland, 1994).

El incremento de AG que provienen de la alimentación y alcanzan la glándula mamaria a través del torrente sanguíneo disminuyen la cantidad de los sintetizados de novo, y de esta forma se altera la composición de grasa láctea.

La modificación de la grasa láctea por la dieta requiere la alimentación con concentrado además de pasto. La grasa láctea que contiene una alta proporción de ácidos grasos insaturados C<sub>18</sub> origina una manteca con propiedades parecidas a la margarina en su facilidad de extensión (Varnam y Surtherland, 1994).

## **Lactosa**

La lactosa es el principal constituyente sólido de la leche. La concentración varía entre 4,2% y 5%, el contenido de lactosa generalmente es más bajo al final de la lactación y en la leche de animales con mastitis. Influye sobre todo en las propiedades coligativas de la leche, en la presión osmótica, el descenso del punto de congelación y el incremento del punto de ebullición y determina en un 50% la presión osmótica de la leche. Los cambios en el contenido de lactosa de la leche se asocian con cambios paralelos en el contenido de constituyentes hidrosolubles, especialmente sodio y cloro.

La lactosa se utiliza como ingrediente alimentario debido a sus propiedades estabilizantes de proteínas y a su poder edulcorante. También se puede usar como sustituto parcial de la sacarosa en helados y recubrimientos para mejorar la textura sin que sean excesivamente dulces.

La lactosa es una importante fuente de energía en la dieta y puede facilitar la absorción de calcio. Sin embargo, el uso de lactosa como fuente de energía está limitado por el porcentaje relativamente alto de personas intolerantes a la lactosa (deficientes en lactasa). El grado de deficiencia de lactasa, y por lo tanto los síntomas, varían desde la incapacidad para digerir incluso pequeñas cantidades de productos lácteos hasta ligeras molestias gastrointestinales después de consumir grandes cantidades de alimentos que contienen lactosa (Varnam y Surtherland, 1994).

## **Minerales**

Los elementos inorgánicos de la leche pueden clasificarse en dos grupos:

- Elementos mayoritarios: calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio y cloro.
- Elementos traza: dichas sustancias se encuentran en muy pequeñas cantidades y su presencia en la leche se debe a la existencia en la sangre.

La glándula mamaria, de manera muy selectiva, absorbe directamente de la sangre los componentes inorgánicos de la leche. Por ejemplo, el hierro y el cobre son importantes para la formación de hemoglobina y, por consiguiente, para la nutrición de los animales jóvenes. Sin embargo, no es posible incrementar estos niveles administrando más cantidad a los animales lactantes (McDonald, 1993).

Los minerales más importantes en la leche son los bicarbonatos, cloruros y citrato de calcio, magnesio, potasio y sodio. Todos los minerales se distribuyen en una fase soluble y una fase coloidal. La distribución del calcio, citrato, magnesio y fosfato entre las fases soluble y coloidal y sus interacciones con las proteínas de la leche tienen importantes consecuencias para la estabilidad de la leche y los productos lácteos (Varnam y Surtherland, 1994).

La leche es una importante fuente de calcio en la dieta. Se considera que la asociación con las caseínas pueden mejorar la absorción en el tracto gastrointestinal (Varnam y Surtherland, 1994).

### Vitaminas

La leche es una fuente de vitaminas liposolubles; A (en forma de precursor  $\beta$  caroteno), D y E y de vitaminas hidrosolubles C, B1, B6, B12, ácido pantoténico, biotina, niacina y ácido fólico. Éstas no se sintetizan en la glándula, sino que se absorben de la sangre. El contenido de vitaminas de leche se modifica mucho por pérdidas durante el procesado y almacenamiento (McDonald, 1993; Varnam y Surtherland, 1994).

### Proteínas

Las diferentes proteínas de la leche se distinguen por sus propiedades y funciones. Se pueden agrupar en dos clases principales: las caseínas y las proteínas del lactosuero. El grupo de las caseínas se caracteriza por su capacidad para formar estructuras micelares (gránulos de secreción) en presencia de iones estabilizantes (calcio y fosfato). El resto de las proteínas lácteas, agrupadas como proteínas del lactosuero, se hallan disueltas en la fase acuosa de la leche.

La leche contiene como término medio un 3,2% de proteína. La caseína, la proteína más importante en la elaboración de queso, es generalmente el 75 a 85% de la proteína bruta y el 85 a 90% de la proteína verdadera. Las proteínas del lactosuero son la diferencia entre caseína y la proteína verdadera total, éstas varían frente a la caseína según el estado de lactación. La leche producida en los primeros días después del parto y hacia el final de la lactación tiene un contenido de proteínas del suero mucho mayor que la leche de mitad de lactación (Amiot, 1991; Varnam y Surtherland, 1994; Cirio y Tebot, 1998; Ferguson, 2000).

### Caseínas



Las caseínas de la leche están en forma de fosfo-caseinato caseinato cálcico. Se pueden subdividir básicamente en cinco tipos, caseínas  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\kappa$ . Todas ellas, excepto la caseína  $\gamma$ , se sintetizan en la glándula mamaria; la caseína  $\gamma$  se origina en la proteólisis post-traslacionar de la caseína  $\beta$ , por la acción de las proteinasas nativas de la leche, principalmente plasmina, o de la actividad proteolítica de las bacterias. Las proporciones relativas de las caseínas  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\kappa$  están sujetas a variaciones genéticas y pueden existir diferencias significativas en la composición de la caseína de diferentes vacas. Sin embargo, la composición global de la caseína de la leche de una explotación, varía muy poco en cualquier fase de la lactación (Amiot, 1991; Varnam y Surtherland, 1994).

De las proteínas de la leche sólo la fracción caseínica está implicada en una de las etapas básicas de la elaboración de quesos que es la coagulación.

La mejor aptitud de la leche asociada a una mayor concentración de caseína repercute también sobre la calidad final del queso (Taverna, 1996).

### **Proteínas del lactosuero**

Las albúminas y las globulinas de la leche son muy distintas a las caseínas. Son emulsiones verdaderas en el sentido que presentan una fuerte afinidad por el agua. Por esta razón las albúminas y las globulinas no coagulan con la caseína por simple acidificación a pH 4,6. Son proteínas termoestables y se desnaturalizan por el calor a temperaturas superiores a los tratamientos de pasteurización. Cuantitativamente, representan el 20% de las proteínas totales. En leche normal, el 80% de ellas son lactoalbúminas a diferencia del calostro donde las mayoritarias son lactoglobulinas. En el aspecto nutritivo, estas proteínas son más ricas que las caseínas en aminoácidos esenciales (lisina, metionina y triptófano). Estas proteínas no quedan retenidas en los quesos normales ya que no coagulan por acción del cuajo. Sin embargo, hay algunos quesos como el Ricota y Myusot que se fabrican con leche cuyas proteínas solubles han sido previamente desestabilizadas por el calor. La industria lechera tiene un gran interés en recuperar estas proteínas utilizando diversos métodos como la ultrafiltración (Amiot, 1991).

Dentro de las sustancias nitrogenadas las proteosas y las peptonas son las más abundantes. La hidrólisis de las proteínas aumenta la proporción de proteosapeptonas, que son importantes en la industria quesera porque su acumulación en los quesos está asociada a sabores amargos (Varnam y Surtherland, 1994).

### **Componentes nitrogenados no proteicos**

La fracción nitrogenada soluble se compone de urea, ácido úrico, creatina, creatinina, amoníaco, aminoácidos libres, adenina y guanina (Amiot, 1991).

El mayor componente del nitrógeno no proteico (NNP) de la leche es la urea (35 – 48%) que es el más variable. El remanente es amoníaco, ácido úrico, creatinina, péptidos, aminoácidos (AA), etc. La contribución de la urea a la fracción NNP puede variar con la

raza, estado de lactación, estación y dieta (De Peters y Cant, 1992; De Peters y Ferguson, 1992; Baker y col 1995).

La sangre es la mayor fuente de urea para el NNP de la leche. Otra fuente es el catabolismo de la arginina en la glándula mamaria, pero es menos importante (De Peters y Cant, 1992; De Peters y Ferguson, 1992; Baker y col 1995).

La urea es un factor importante en la estabilidad de la leche no concentrada y la variación estacional de la concentración de urea en la leche tiene como consecuencia una variación estacional de la estabilidad térmica. La leche con elevada estabilidad térmica contiene altas concentraciones de urea, aunque se cree que es el isocianato, formado a partir de la urea por calentamiento, es el responsable de la estabilidad a través de interacciones con los grupos sulfhídricos libres de las proteínas la leche (Varnam y Surtherland, 1994).

## **FACTORES QUE AFECTAN LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE**

La producción de leche depende, fundamentalmente de la raza de la vaca. Aunque existen grandes variaciones dentro de éstas, en relación con la estirpe y la individualidad. Las vacas de más edad suelen producir más cantidad de leche que las vacas jóvenes, pero el principal factor que afecta la producción de leche a corto plazo es la fase de lactación. Normalmente, la producción aumenta desde el parto hasta los 35 días, descendiendo a continuación a un ritmo regular de aproximadamente el 2,5 % semanal, hasta el final de la lactación.

La composición de la leche varía con una serie de factores no relacionados con la alimentación. El ordeño puede tener un efecto sobre el contenido en grasa y, por tanto, sobre los sólidos totales, un ordeño incompleto puede dejar en la ubre una importante cantidad de leche residual de alto contenido en grasa. Los intervalos desiguales entre ordeños pueden reducir la producción y el contenido en grasa. Asimismo, las enfermedades, en especial la mastitis, pueden reducir la producción y afectar la composición de la leche. Los contenidos de lactosa y potasio descienden y los de sodio y cloro se elevan. Los cambios en el contenido de grasa son erráticos y la proteína bruta se afecta poco. El resultado depende de la gravedad de la infección, consiste en la reducción en los contenidos en sólidos no grasos y sólidos totales. Los factores de esta variación son la raza, estirpe, individualidad, edad de la vaca y fase de lactación (McDonald, 1993).

### **Raza**

Existe un orden determinado entre las raza respecto a la calidad de la leche, que guarda una relación inversa con la producción de leche. La Jersey produce la leche de mejor calidad, en tanto que la alta producción de la Holstein determina la peor calidad (McDonald, 1993).

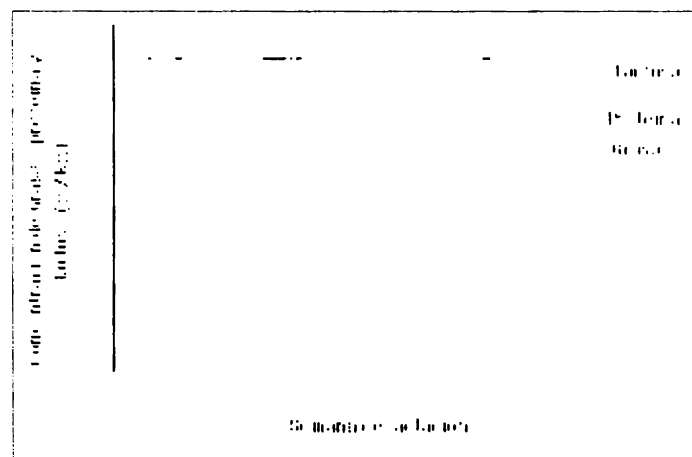
### **Edad**

A medida que aumenta la edad de la vaca la calidad de la leche producida empeora. La regresión de los contenidos en sólidos no grasos sobre la edad es lineal, el descenso en lactosa y proteína es casi al mismo ritmo. El contenido de grasa es relativamente constante en las primeras cuatro lactancias, descendiendo luego gradualmente al aumentar la edad (McDonald, 1993).

### **Fase de lactación**

A medida que progresa la lactación se observa un marcado efecto sobre la composición de la leche, resulta de peor calidad durante el periodo de máxima producción, los contenidos en grasa y sólidos no grasos son bajos, mejorando lentamente hasta los tres últimos meses de lactación (McDonald, 1993).

En la figura 1 se muestra el efecto de la etapa de lactancia en la concentración de proteína grasa y lactosa en la leche.



**Figura 1.** Efecto de la etapa de lactancia en la concentración de proteína grasa y lactosa en la leche  
Fuente: Phillips (2001)

### **INFLUENCIA DE LA ALIMENTACIÓN EN LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE**

Los factores alimenticios (nivel y naturaleza de los aportes nutritivos, tipo de régimen, etc.) tienen influencia sobre la tasa butírica y proteica de la leche. En condiciones normales de alimentación que no induzcan perturbaciones de la digestión en el rumen (proporción de alimentos concentrados, suficiente presencia de elementos fibrosos, etc.) el nivel de los aportes energéticos tiene influencia principalmente sobre la tasa proteica de la leche. Sin embargo, la alimentación posee poco efecto sobre la proporción de caseínas, ya que éstas están más influidas por la genética del animal (Hoden y col., 1990).

Los microorganismos ruminales desempeñan un papel importante en la digestión de los alimentos, transformando una gran parte de los carbohidratos disponibles en los alimentos en ácidos grasos volátiles (AGV), metano y dióxido de carbono. Los AGV

principales son: acético, propiónico y butírico. Estos ácidos de cadena corta son absorbidos y metabolizados por la pared del rumen y pasan a la sangre. El ácido acético es utilizado por la glándula mamaria para formar grasa y producir energía. El ácido propiónico es transformado en glucosa por el hígado, ésta es utilizada por el animal para obtener energía y como precursor de la lactosa. El ácido butírico es convertido en ácido  $\beta$ -hidroxibutírico por el rumen e hígado y es utilizado para la formación de la grasa de la leche por la glándula mamaria. A su vez los microorganismos del rumen también son importantes para la síntesis de proteínas. Utilizan N de fuentes no proteicas y sintetizan AA para su propio uso. Cuando los microorganismos son digeridos en el intestino se liberan los AA que son utilizados por el animal para sus necesidades nutritivas (Schmidt y Van Vleck, 1974).

La proporción de forrajes en la dieta, así como la estructura de los mismos, influyen en mayor medida la síntesis de las materias grasas de la leche. Las dietas con alto contenido en alimentos concentrados (más de 40-60%) así como las técnicas de recolección (picado de ensilados) y los tratamientos tecnológicos (molido y aglomerado de los alimentos complementarios) que reduzcan los alimentos a partículas demasiado pequeñas producen disminuciones en la tasa butírica.

Las variaciones de la tasa butírica son, con frecuencia, de sentido inverso a las de producción de leche y del contenido en proteínas. Estos fenómenos están en relación con la composición de la mezcla de ácidos volátiles del rumen y con el nivel de aportes energéticos (Hoden y col., 1990).

Ciertos alimentos tienen una influencia específica sobre la producción de la leche y la composición de ésta. Los ensilados permiten producir una leche más rica en materias grasas y en proteína que las raciones a base de heno y ensilados de hierba (Hoden y col., 1990).

La mejora del régimen alimenticio es, con frecuencia, el único medio rápido y eficaz que poseen los productores para remediar las tasas butíricas anormalmente bajas. Sin embargo, la única vía para conseguir un progreso a largo plazo en la composición de la leche es el empleo de toros mejoradores (Hoden y col., 1990).

## **IMPORTANCIA DE LA FRACCIÓN PROTEICA DE LA LECHE**

La fracción proteica es un componente de la leche de creciente interés científico, industrial y comercial (De Peters y Cant, 1992; De Peters y Ferguson, 1992; Baker y col, 1995).

La proteína de la leche se ha usado tradicionalmente en productos de lechería y en otros alimentos porque posee cualidades que proveen textura y otros atributos en el producto final.

Las propiedades funcionales que se le atribuyen son la solubilidad, capacidad de retener agua, gelificación, emulsificación y capacidad espumante. Estas propiedades favorecen la interacción entre las proteínas y otros componentes en el alimento, como lípidos, aire, otras proteínas, polisacáridos, iones y agua. En leche, la caseína interactúa en forma de micelas, y es ésta la que determina el comportamiento del queso y los subproductos de la leche en general, incluidos productos como leches evaporadas y

fórmulas para niños. Las proteínas del lactosuero existen naturalmente como una mezcla de moléculas simples y dímeros, estas son incorporadas a las micelas durante el calentamiento y también forman geles en ausencia de la caseína (Dalglish, 1997).

Históricamente, el instrumental analítico sólo permitió aislar un solo componente puro de la leche: la materia grasa. Esto se debía a que su determinación era relativamente fácil (por butirómetro) y además porque la manteca era el principal derivado lácteo. Su concentración fue entonces utilizada como único parámetro para definir su composición, y por lo tanto, su valor económico. Los importantes avances en la tecnología analítica, la reducción del consumo de grasas animales dentro de la dieta de la población, sumado a los conocimientos cada vez más precisos de las propiedades y usos alternativos de los distintos componentes de la leche, modificaron profundamente esta apreciación (Taverna, 1996).

La situación hoy en día ha cambiado por la propia utilización a nivel mundial de la leche (30% en queso y 15% leche en polvo), y además por que en el presente los productos con alto contenido en grasa han visto reducida su demanda.

Los elementos de mayor valor tecnológico se encuentran en la fracción descremada de la leche (proteínas, vitaminas, sales minerales, enzimas, etc.), conocida como sólidos no grasos (SNG) (Taverna, 1996; Ibarra, 1997).

Las estadísticas del sector lechero uruguayo correspondientes al año 2002 (DIEA, 2003) muestran que un 70% de la leche industria fue utilizada en la elaboración de quesos y leche en polvo. La composición promedio de la leche remitida fue de un 3.52% de grasa y 3.08% de proteína (Laborde, 2004).

La composición de la leche debe ajustarse a determinados valores mínimos de cada uno de sus componentes, de acuerdo a cada país, que son diferentes por las distintas razas, tipo de alimentación y clima. En el Uruguay se empezó a pagar la leche por su contenido graso en 1954, antes se hacía por su volumen.

Desde el año 1991, se empezaron a hacer los estudios correspondientes para considerar también el tenor proteico para su pago, teniendo en cuenta que más del 60% de la leche se destinaba a la elaboración de quesos, leche en polvo, caseína y caseínatos. A partir del año 1992 y durante 4 años, se le pagaba al productor el kilo de proteína y el kilo de grasa por igual (Ibarra, 1997).

Desde 1997 está vigente en el país, un nuevo sistema de pago de la leche por calidad, que tiene en cuenta su contenido en bacterias y en células somáticas, cuyos parámetros se ajustan a los internacionales. La Cooperativa, en ese marco, está pagando la leche para industria, por su contenido en proteína y en grasa (30%), buscando de esta manera mejorar los rendimientos industriales, al partir de materia prima con mayor contenido de sólidos ([www.conaprole.com](http://www.conaprole.com)).

Según el Reglamento bromatológico nacional, decreto N° 315/994 de fecha 05/07/94, la materia grasa de la leche no será inferior a 2.9% en los meses de abril a agosto y a 2.7% en el resto del año.



En el pago de la leche se hace un mayor énfasis en la proteína, lo que llevó a originarse preguntas sobre que métodos usar para estimar la proteína o estimar con más precisión el nitrógeno (N) en la leche, y sobre factores que controlen el contenido de N en leche y el rendimiento (De Peters y Ferguson, 1992).

La proteína verdadera (PV) contenida en la leche es influenciada por la proteína no degradable en el rumen y el balance de aminoácidos (AA). Se ha demostrado que dietas balanceadas en forma eficiente pueden hacer que las vacas produzcan leche con niveles relativamente altos de PV y bajas concentraciones de urea sin sacrificar el rendimiento lechero. Asociaciones económicas con la industria quesera podrían inspirar a los productores a formular dietas que maximicen la captura de N para producir PV. Este resultado puede realizarse por el balanceo de dietas para concentraciones de proteína cruda, proteína degradable y suplemento de AA (Baker y col, 1995).

### **Métodos de determinación de la proteína**

La determinación de proteína en leche en la industria se basa en el método de Kjeldahl. Este método estima la proteína multiplicando el total del N en la muestra de leche por un factor ( $f = 6.38$ ). Este valor es denominado proteína bruta, dado que la fracción nitrogenada de la leche está compuesta por 3 grandes fracciones que incluyen caseína, proteínas del suero y nitrógeno no proteico (NNP). De este total de N el 78.5% es caseína aprox., 16.5% proteína del suero y 5.0% NNP (De Peters y Ferguson, 1992; Ferguson, 2000).

La proteína de la leche comprende la proteína sintetizada dentro de la glándula mamaria, por ejemplo la caseína, y la proteína preformada en la sangre (albúmina). La proteína es medida por el método de Kjendahl de forma directa, por TCA precipitado, o indirectamente por el total de porcentaje de N menos el porcentaje de NNP. El método de Kjendahl es tedioso pero preciso. El método directo requiere menos tiempo que el indirecto. De cualquier forma, como el total de N, PV y NNP es calculado por un factor de conversión 6.38 se aplica las mismas limitaciones (De Peters y Ferguson, 1992).

La PV también puede ser estimada por dye binding o métodos infrarrojos, aunque ninguno de estos métodos sirve para medir el NNP de la leche, debido a los errores que existen con estas técnicas. Por ejemplo, la caseína tiene una capacidad más baja de dye binding con respecto a las proteínas del suero, y el método dye binding asume que en ambas no varía su proporción en leche. Esto es incorrecto porque la nutrición y el estado de lactación pueden afectar la caseína (proporción de N en la fracción caseína) de la leche (Ferguson, 2000).

### **UREA: SÍNTESIS, METABOLISMO Y EXCRECIÓN**

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 amonio en el riñón e hígado, que se produce por la descomposición de las proteínas durante el metabolismo. Mientras que el amonio es muy tóxico la urea no y puede estar en altos niveles sin causar alteraciones. La conversión de amonio a urea,

primariamente en el hígado, previene la toxicidad del amoniosiendo excretada por orina (Ferguson, 2000).

En los rumiantes la urea endógena puede ser utilizada para la síntesis de proteína en los preestómagos. 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 a los preestómagos. Allí es hidrolizada a amoníoy CO<sub>2</sub> por las ureasas de la flora epimural y, en menor grado, de 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 y absorción en el tracto intestinal (Cirio y Tebot, 1998).

La urea se disemina rápidamente en los tejidos corporales. Se propaga velozmente de la sangre a la leche siendo un constituyente normal de ésta, y comprende parte del NNP normalmente encontrado en la leche.

Las concentraciones en sangre de urea son influenciadas por el catabolismo de proteínas, la ingesta de energía y agua, y el funcionamiento del hígado y riñones (Ferguson, 2000).

Los rumiantes se encuentran frecuentemente expuestos a carencias estacionales en proteínas vegetales y pasan cíclicamente por períodos de alta exigencia. En estas especies, la eliminación de N por la orina significa una pérdida potencial de proteínas y, por consiguiente una disminución de la producción del animal (Cirio y Tebot, 1998).

### **Urea en leche (MUN)**

El MUN (Milk Urea Nitrogen) es el resultado de la difusión del contenido de urea del suero sanguíneo a través de las células secretoras de la glándula mamaria, constituyendo una fracción variable del nitrógeno total de la leche. Su contenido representa alrededor del 50% del nitrógeno no proteico y alrededor del 2.5% del nitrógeno total. La proporción de MUN con otros componentes nitrogenados de la leche no es constante. El MUN es una fracción variable del nitrógeno no proteico de la leche que puede estar entre el 12 y el 17% (Roseler y col., 1993 citado por Peña Castellanos, 2002, DePeters y Ferguson, 1992; Peña Castellanos, 2002).

La determinación de MUN es una herramienta rápida, no invasiva de estimar el nitrógeno ureico en vacas lecheras. La leche se puede colectar fácilmente y determinar precisamente la urea por métodos enzimáticos o físicos, y se ha sugerido varias veces que la medición de MUN en el tanque puede ser útil para ver la eficiencia del N (Johnson y Young, 2003; Nousiainen y col., 2004).

Altas concentraciones de urea en sangre y leche pueden resultar en un exceso de proteína en la dieta, lo que se ve como un exceso de N urinario, lo cual puede provocar un impacto negativo en el ambiente (Johnson y Young, 2003; Nousiainen y col, 2004).

También puede ser utilizado como una herramienta práctica para monitorear la proteína verdadera y la energía dada en la ración. Este tipo de monitoreo puede jugar un importante rol en el manejo del ganado lechero, por las siguientes razones:

- el exceso de proteína (N) dado puede afectar la eficiencia reproductiva.
- el consumo excesivo de proteína verdadera aumenta los requerimientos energéticos.
- el suplemento proteico es caro
- el exceso de N excretado posee un impacto negativo en el medio ambiente (Rajala-Shultz y Saville, 2003)

Hof y col (1997) recomiendan la determinación de urea en leche como índice para evaluar la eficiencia de utilización del nitrógeno en vacas lecheras.

### **Relación entre BUN y MUN**

Varios autores han reportado que la determinación de urea en leche es una forma indirecta de saber el nitrógeno ureico en sangre (BUN por sus siglas en inglés) (DePeters y Ferguson, 1992; Baker y col, 1995; Broderick y Clayton, 1997; Ferguson, 2000; Peña Castellanos, 2002; Nousiainen y col, 2004).

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 (Nousiainen y col., 2004).

Todos los factores que influyen 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 coleccionar, 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 (Ferguson, 2000)

### **Métodos de determinación**

Tradicionalmente, la prueba se realiza mediante la toma de una muestra de sangre o leche y se utiliza un espectrofotómetro para medir el cambio de color cuando un reactivo es agregado para actuar específicamente con la urea. Usualmente estas pruebas usan ureasa, una enzima que específicamente descompone la urea en amoníaco. Un pigmento se añade entonces cuando reacciona con el amonio y forma un color azulado que puede ser medido en el espectrofotómetro. La intensidad del color azul se correlaciona con la concentración de urea en la muestra.

Otro método utiliza un agente colorante, diacetilmonoxima, que reacciona con la molécula de urea formando un color rosado. Del mismo modo, la intensidad del rosa se correlaciona con la concentración de urea en el fluido.

El tercer método que ha estado disponible, ha sido una varilla indicadora de ureasa/pH, la cual reacciona con la urea y se vuelve de naranja a un color verde fuerte, dependiendo de la concentración de urea.

Recientemente está disponible un cuarto método que utiliza la tecnología infrarroja, que ha sido usada desde hace tiempo para medir la grasa y proteína en la leche. Las moléculas orgánicas, cuando se calientan, emiten un espectro reflectante infrarrojo que es consistente con el tipo de moléculas presentes. El espectro de reflectancia puede ser relacionado con la concentración de la molécula, y ser utilizado para evaluar el contenido de una muestra. En el año 2000, los centros DHIA (Dairy Herd Improvement Association, USA) comenzaron a emplear esta tecnología para medir la urea en leche. Esto proporciona una manera muy rápida y fácil de medir la urea en leche (Ferguson, 2000).

### **Factores que afectan los niveles de MUN**

Johnson y Young (2003) observaron que existe una relación inversa entre MUN y el % de grasa en leche, al igual que para Broderick y Clayton (1997) y Carlsson y col. (1994). Estos últimos reportaron que la relación entre MUN y grasa sería un resultado indirecto de variables nutricionales o un efecto negativo directo de la grasa en MUN. Godden y col. (2001) reportaron en un estudio una asociación negativa entre la grasa de la leche y MUN cuando el análisis era hecho en vaca individual, pero cuando el análisis se hacía en grupos reportaron, en otro estudio, (Godden y col., 2001), una positiva relación entre la grasa de la leche y MUN.

Según Rajala-Shultz y Saville, (2003) el % de grasa en leche está positivamente relacionado con MUN en ganado de alta producción de leche.

Existe una relación negativa entre MUN y la eficiencia en la utilización de N para la síntesis de proteína de la leche (Nousiainen y col., 2004).

Cuando el % de la proteína en leche aumenta, la concentración de MUN disminuye. Esto es porque existe una relación inversa entre MUN y % de proteína en leche, bajos niveles de MUN estarían asociados con un muy buen uso de proteína cruda en la dieta. Otros reportes han demostrado que no existe relación entre el % de proteína y MUN o que existe una relación negativa (Johnson y Young, 2003).

### **Relación entre MUN y producción de leche**

El nitrógeno, tanto su exceso como su deficiencia en la dieta diaria, tiene repercusiones negativas sobre el desempeño productivo de las vacas lecheras haciendo ineficientes los procesos digestivos, metabólicos y de síntesis de la leche (Peña Castellanos, 2002). Johnson y Young (2003) y Godden y col. (2001) junto con Carlsson y col. (1995) reportaron una positiva relación entre la producción de leche y MUN. Oltner y col. (1985) (Citado por Eicher y col., 1999) reportaron una mayor concentración de MUN con el aumento de la producción diaria de leche. Esto podría deberse, según Rajala-Shultz y Saville (2003), a los altos niveles de proteína en la dieta en las altas productoras comparado a la dieta en las bajas productoras.

Según Eicher y col. (1999) con un aumento en la producción de leche la relación proteína/energía de la dieta se vuelve mayor resultando en un aumento en el

amonioque no pueden ser usados por las bacterias ruminales, por lo que la producción de urea en el hígado aumenta, aumentando sus niveles en sangre y en leche.

En general los valores de MUN tienden a ser mayores y sus desvíos estándares menores en ganados de alta producción que en los de baja producción (Rajala- Shultz y Saville, 2003).

La concentración de MUN esta positivamente relacionada al rendimiento lechero y negativamente asociado con la proteína y la grasa en leche (Johnson y Young, 2003).

## **FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS NIVELES DE UREA EN LECHE**

Se ha observado variación en los niveles de MUN debido a la composición de la dieta que consume la vaca (Lykos y col., 1997), a la hora del día en que se toma la muestra, al tiempo transcurrido luego de comer (Gustafsson y Palmquist, 1993).

La concentración de MUN varía con la cantidad de proteína en la dieta, cantidad de orina excretada, cantidad de agua bebida y días de lactancia (Wood y col., 2003).

Para interpretar el valor de MUN se necesita de información sobre: raza, número de pariciones, días de lactancia, estación del año, manejo nutricional, porque son factores que pueden influir en su concentración (Godden y col., 2001).

### **Alimentación**

En las mejores condiciones ambientales de crecimiento de las pasturas y con el pastoreo de los rebrotes de cambio de estación, es frecuente encontrar la producción de leche con muy bajas concentraciones de grasa y proteína, incluso con inversión en los valores de estos sólidos (más proteína que grasa). Los niveles de urea en leche suelen también ser elevados, lo que además desmejora la calidad industrial de la misma. Con el inicio de la primavera generalmente se produce en los tambos un cambio abrupto de la dieta. Las reservas forrajeras (fuentes de fibra) se agotan, la cantidad de concentrado (energía) comienza a disminuir y la alimentación preponderantemente pastoril se impone en el manejo nutricional (Gallardo, 2002).

El uso de carbohidratos (almidones, azúcares, fibra soluble) de rápida degradación ruminal (energía rápidamente fermentescible) para suplementar pasturas ha capturado el mayor interés en los principales centros de investigación de producción lechera. El propósito es el de mejorar sustancialmente la eficiencia de captación del nitrógeno por parte de los microorganismos del rumen, aumentar la síntesis de proteína microbiana y mejorar la provisión de aminoácidos destinados a la síntesis de proteína láctea. Con este tipo de suplementación no sólo se busca incrementar la concentración de proteína en leche, sino también disminuir la formación de urea y reducir las pérdidas de nitrógeno por orina y heces, que contribuyen a la contaminación ambiental (Gallardo, 2002).

Para evaluar la eficiencia en la suplementación de proteína en la dieta se debe conocer la proteína verdadera y la urea contenida en leche. El uso eficiente en la dieta de N debería verse reflejado en una maximización del N en leche como PV y una minimización como urea en leche (Baker y col., 1995).



Varios estudios han demostrado que la concentración de MUN esta relacionada con la cantidad de proteína cruda dada en la dieta, el % de proteína degradable y no degradable en rumen como también la relación proteína/energía en la dieta (Rajala-Shultz y Saville, 2003). Sin embargo, según Nousiainen y col. (2004), MUN está más asociado a los cambios en el contenido de proteína cruda en la dieta que a la relación entre proteína cruda/energía, eficiencia de la utilización del N o a la concentración de amonio en el rumen.

Las dietas de alto contenido proteico tienden a presentar niveles altos de MUN debido, por una parte, a la mayor degradación de la proteína en el rumen, mayor producción de amonio y mayor conversión de amonio a urea en el hígado de la vaca. Por otra parte, la dieta con un nivel alto de proteína tiene normalmente una alta contribución de aminoácidos para la absorción en el intestino, los cuales contribuyen una alta proporción de la urea luego de la de aminación en el hígado (Baker y col., 1995).

Wright y col. (1998) estudiaron los efectos de diferentes niveles de ingestión de proteína sobre la eficiencia de utilización del nitrógeno y los valores de MUN. Reportaron una reducción en la eficiencia de utilización del nitrógeno a medida que la cantidad de proteína ingerida aumentaba. Los valores de MUN fueron paralelos a los incrementos de la proteína en la dieta (Cuadro I).

**Cuadro I.** Efecto de diferentes porcentajes de ingestión de proteína sobre producción de leche y contenido de MUN

Parámetro	Nivel de Ingestión		
	Bajo	Medio	Alto
Materia seca, Kg/d	18.5	18.4	18.7
Proteína, % MS	10.2	15.9	22.5
Leche, Kg/d	23.0	25.0	27.0
Conversión de N en leche, %	32.0	24.0	18.0
MUN, mg/dl	7.0	22.0	33.0

Fuente: Wright y col. (1998)

La mejor manera para evitar las pérdidas de N es el balance adecuado de la dieta para acercarla lo más posible a las necesidades del animal (Peña Castellanos, 2002).

Ante todos los componentes calculados, el contenido en la dieta de proteína cruda es el que más influye con respecto a MUN. Por lo tanto, podría ser usado MUN como predictor de las concentraciones de proteína cruda en la alimentación (Nousiainen y col., 2004).

### **Clima**

La concentración de MUN es significativamente alta durante el verano, en comparación con otras estaciones del año. Varios estudios han reportado un aumento de MUN durante el verano (Carlsson y col., 1995; Westwood y col., 1998; Godden y col., 2001; Rajala- Shultz y Saville, 2003).

Wittwer y col. (1999) encontraron que la concentración de MUN en tanque fue mayor en primavera y menor en verano en ganado a pastoreo del sur de Chile, pero también

reportaron que la proteína verdadera contenida en la pastura era mucho mayor en primavera que en verano (Citado por Rajala- Shultz y Saville, 2003).

Las altas temperaturas reducen el total de proteína en la leche. La concentración de proteína es mayor durante el invierno. Los cambios de NNP en la leche con respecto a la temperatura son inciertos, pero aparece un patrón similar al de la proteína (DePeters y Ferguson, 1992).

El NNP contenido en la leche es considerablemente mayor durante el verano que durante el invierno, por que en verano las vacas están pastando y aumenta el contenido de N en la dieta (Hof y col., 1997).

Estudios han reportado que generalmente mientras la concentración total de proteína y proteína verdadera (sobre todo caseína) en leche disminuye durante los meses de verano, el NNP, incluida la urea, aumenta.

Es difícil explicar la asociación entre la concentración de MUN y la estación porque se puede confundir con el estado de lactación y los efectos nutricionales.

Otros factores que pueden contribuir a la asociación entre la concentración de MUN y la estación serían la temperatura ambiente, la humedad y el agua bebida (Godden y col., 2001).

### **Edad**

Existen reportes muy variados en cuanto a la relación entre la edad (número de pariciones) y MUN. En un estudio realizado por Carlsson y col., (1995) las vacas multíparas tuvieron un MUN mayor que las primíparas sólo cuando las vacas estaban más tiempo al abrigo que pastando. DePeters y Ferguson, (1992) reportaron que la concentración de MUN sí cambia pero no es mucha la diferencia con el paso de los años. Otros, en cambio dicen que la diferencia no es significativa, aunque en la primera lactancia el MUN tiende a ser más bajo que en las vacas multíparas (Rajala- Shultz y Saville, 2003).

### **Época de lactancia**

La concentración de MUN fue menor durante los primeros 30 días de lactancia según varios autores (Carlsson y col., 1995; Eicher y col., 1999; Godden y col., 2001; Johnson y Young, 2003; Rajala- Shultz y Saville, 2003).

Para Johnson y Young (2003) la disminución de la concentración de MUN podría estar relacionada por los pocos días de lactancia o porque se consuma una ración diferente en estos primeros 30 días. En lactancias tardías, cuando la producción de leche declina, los requerimientos proteicos disminuyen y los autores sugieren que MUN también debería disminuir.

Según Rajala-Shultz y Saville (2003) la baja concentración de MUN al principio de la lactancia podría estar relacionada y explicada por la incapacidad de las vacas de ingerir suficiente cantidad de alimento lo que se traduce como una situación no óptima para la función de la flora ruminal.

Godden y col. (2001) reportaron que la concentración de urea fue menor inmediatamente después del parto, aumentó a un máximo entre el 3-6 mes de lactación

y después fue declinando a lo largo de la misma. Para Rajala- Shultz y Saville (2003) después del primer mes de lactación, la concentración de MUN aumenta por 2-3 meses, teniendo un pico al mismo tiempo en que típicamente existe un pico en la producción de leche.

En dos estudios (Wolfschoon-Pombo y col., 1981; Buchberger, 1989 citado por Eicher y col., 1999), MUN aumenta durante los dos primeros meses de lactación, después mantienen los niveles por 3 a 5 meses y luego disminuyen hasta el final de la lactación. Mientras que existen otros dos estudios que dicen que hay una marcada disminución durante el primer y segundo mes de lactación seguido de una gradual disminución cercana al final de la lactación (Ng-Kwai-Hang y col., 1985 citado por Eicher y col., 1999; DePeters y Cant, 1992).

## **Salud**

Según Johnson y Young (2003) y Rajala- Shultz y Saville (2003) MUN tiene una asociación negativa con las células somáticas. La leche proveniente de ubres mastíticas son bajas en caseínas y altas en proteína no caseínica (en donde se debería incluir la urea). No está claro si la redistribución del N en leche se debe a una disminución de la síntesis de caseína con su correspondiente aumento en la síntesis de proteína del suero, o se debe a un aumento en la proteólisis de la caseína (DePeters y Ferguson, 1992).

Un alto recuento de células somáticas está asociado con altos (Ng-Kwai-Hang y col., 1985) o bajos (Licata, 1985, citado por Eicher y col., 1999) valores de MUN. Varios autores no encontraron asociaciones significativas entre MUN y el recuento de células somáticas (Eicher y col., 1999).

## **Raza**

Las vacas Holstein tienen un menor contenido de proteína bruta, proteína verdadera y caseína en leche que las Jersey.

El NNP contenido en la leche no es muy variable entre razas pero si lo es considerablemente en una misma raza (DePeters y Ferguson, 1992).

El promedio de MUN para vacas Holstein fue de 15.5mg/dl, con una media de 194 días de lactancia y de 14.1mg/dl para las Jersey, con una media de 180 días de lactancia (Johnson y Young 2003).

## **UTILIDAD DE LA DETERMINACIÓN DE UREA EN LECHE**

El análisis es sencillo, rápido y de bajo costo, ya que con una sola muestra de leche se puede tener información sobre la utilización del nitrógeno de todo el rodeo.

La determinación frecuente del MUN permite optimizar el uso del nitrógeno en la dieta, evitando desperdicios innecesarios y con efectos potencialmente desfavorables sobre el medio ambiente (Peña Castellanos 2002).



La aplicación más común del MUN es el análisis de la respuesta biológica (tanto productiva como reproductiva) a la suplementación, al manejo de forrajes, y a la calidad de los forrajes; otra aplicación es el diagnóstico de situaciones puntuales para recomendar tratamientos correctivos; así mismo, la protección del medio ambiente, por los efectos que el nitrógeno residual tiene sobre el agua y los suelos (Peña Castellanos, 2002).

Para que esta prueba sea útil para los productores, los resultados de MUN deberían asociarse a algunas medidas económicas o efectos biológicos económicamente importantes, que están relacionados con la eficiencia de la utilización del N.

Se ha sugerido que uno de los beneficios de la identificación y corrección de las deficiencias, excesos o desbalances en la dieta proteica y energética puede mejorar la salud y la productividad de los animales (Godden y col., 2001).

Exceso en PC o desbalances en de proteína degradable en rumen y proteína no degradable en rumen pueden aumentar los niveles de MUN por encima de 15.1 mg/dl e indicar un exceso de N suplementado en el rumen y tejidos o ambos. Altas concentraciones de urea en los fluidos del organismo del ganado lechero reducen la eficiencia del rendimiento lechero, tienen un impacto negativo en la salud y la reproducción y además contribuyen a aumentar la contaminación ambiental porque más del 95% de la urea endógena es excretada por orina. Una rutina de análisis de contenido de MUN podría ser beneficiosa para calcular una eficiente alimentación proteica para el ganado lechero (Baker y col., 1995).

Para utilizar MUN como un indicador del nivel nutricional de las vacas, se sugiere el uso de MUN en el tanque como índice de la precisión en la relación proteína/energía en las dietas para ganado de alto nivel.

La relación entre la concentración de urea en leche y la proteína/energía dada ( $r = 0.96$ ) es mayor que la urea en leche para cada componente individual ( $r = 0.56$  y  $r = 0.56$ ) para proteína y energía dada. Esto supone la importancia de la relación P/E en la dieta para el contenido de urea en leche. La evaluación de la urea o el NNP y PV en forma individual puede ser beneficiosa para evaluar un programa de alimentación en un tambo (DePeters y Ferguson, 1992).

La concentración de MUN en relación con la proteína verdadera en leche puede ofrecer información para evaluar un programa de alimentación para ganado lechero. Una sobrealimentación con proteína soluble en rumen puede ser fácilmente diagnosticada y corregida con el análisis de MUN. Monitoreando el alimento proteico a través de los componentes de la leche se pueden beneficiar los productores y consumidores por medio de una eficiente utilización del N en el ganado lechero (DePeters y Ferguson, 1992; Eicher y col., 1999).

Según Nousiainen y col. (2004) la contribución de MUN en la predicción del N urinario es un indicativo de la importancia en la calidad de la proteína para la eficiencia en la utilización de N para la síntesis de proteína de la leche y la magnitud del N perdido por orina.

La asociación entre MUN, la utilización eficiente de N y variables de la leche podrían ser importantes, en un aspecto práctico, para ayudar a los productores a tomar decisiones nutricionales que pueden tener un impacto económico y ambiental (Johnson y Young, 2003).

El exceso de proteína en el alimento en relación con los requerimientos aumenta las emisiones de N en el ambiente. Es por esto que existe una necesidad urgente por parte de los productores de monitorear adecuadamente la proteína ofrecida en la ración para optimizar la utilización de N con respecto a la producción de leche y a las emisiones de N en el ambiente (Nousiainen y col., 2004).

El monitoreo de la concentración de MUN y la posibilidad de hacer cambios apropiados en la ración, podría proveer una oportunidad para mejorar la eficiencia proteica en la alimentación, lo cual potenciaría la capacidad de reducir costos en la alimentación y aumentar la producción mejorando la relación insumo/producto (Rajala- Shultz y Saville, 2003).

El exceso de urea en leche podría tener algunos efectos adversos en los procesos de industrialización de los productos lácteos. Esto ha llevado a que una serie de países incorpore su determinación dentro de los análisis rutinarios del control lechero, es así como instituciones de Alemania, Dinamarca, Eslovenia, Suecia, Finlandia, Noruega, Canadá y USA ya lo hacen y actualmente se está iniciando en Chile (Noro y Wittwer, 2003)-

El valor económico directo de MUN no está claro. A diferencia del recuento de células somáticas, los productores no reciben una bonificación o una penalización con respecto a MUN. Altos niveles de MUN se interpretan generalmente como un indicador de la ineficiente utilización de proteína (Wood y col., 2003).

## **INTERPRETACIÓN DE LOS VALORES OBTENIDOS**

La recomendación de valores óptimos de MUN depende de los diferentes criterios, por ejemplo: la recomendación para la producción de proteína de la leche no debería necesariamente coincidir con los valores recomendados para las emisiones de N en el medio ambiente o el desempeño reproductivo (Nousiainen y col., 2004).

En general se recomienda interpretar el valor de MUN por grupos, en cierto modo porque los animales son manejadas en grupos, pero también porque se observó gran variación individual en la concentración de MUN (Rajala- Shultz y Saville, 2003).

Para una interpretación más minuciosa del valor de urea se utiliza también el análisis del contenido de proteína de la leche, ya que este es dependiente directamente del aporte de energía de la dieta (Eicher y col. 1999).

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 (Peña Castellanos, 2002).

El MUN es un índice muy importante como herramienta diagnóstica, pero requiere de otros como la condición corporal de las vacas, nivel de producción y composición de la dieta para hacer más efectivo su uso (Peña Castellanos, 2002).

En el Cuadro II se resume la interpretación de los resultados de laboratorio sobre niveles de MUN.

**Cuadro II. Interpretación de los resultados de laboratorio sobre niveles de MUN**

Niveles de MUN (mg/dl)		Calificación	Interpretación
mg /dl	g/l	Deficiente	Insuficiente N en la dieta. Afecta producción
<9	< 0,09	Bueno	Buen uso del N. Puede afectar producción
9-12	0,09-0,12	Excelente	Optimo nivel para producción y reproducción
12-15	0,12-0,15	Bueno	Uso sub-óptimo del N. Sin efecto adverso en reproducción.
15-18	0,15-0,18	Regular	Desperdicio de N. Puede afectar reproducción
>21	>0,21	Deficiente	Exceso de N. Afecta reproducción.

Fuente: Peña Castellanos (2002)

De los datos reportados por diferentes investigadores se puede concluir que un valor de MUN práctico recomendable estaría por debajo de 15 mg/dl para optimizar producción, reproducción y uso del nitrógeno (Peña Castellanos, 2002).

A continuación se presenta en forma tabulada un criterio de interpretación de los resultados de MUN desarrollada por algunas universidades americanas en base a resultados de Laboratorios DHIA (Stallings, 1996).

**Cuadro III. Interpretación de resultados del contenido de MUN**

Etapa de la Lactancia	Proteína Total en Leche %	MUN (mg/100 ml)		
		Bajo <12	Moderado 12 a 18	Alto >18
Etapa 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. Desbalance de AA
	3,0 a 3,2	Baja proteína degradable en comparación a la disponibilidad ruminal de energía Baja proteína degradable, exceso de energía, buen balance de AA	Buen balance de proteína degradable, no degradable y composición de AA	Exceso de proteína degradable en rumen. Exceso de NEL y AA en dieta.
	>3,2		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.

Fuente: Adaptado de Northeast DHI, Ithaca, N.Y., USA

## **MATERIALES Y METODOS**

### **LOCALIZACIÓN**

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.

### **SELECCIÓN DE TAMBOS**

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 (Anexo 1), 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 se intentó determinar el consumo de pasturas y concentrados de estos animales.

A los efectos de la valoración nutricional de pasturas, forrajes conservados y concentrados, se utilizaron valores medios de la base de datos del Laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estanzuela. Esto permitió generar una estimación de consumo total de alimentos, así como de sus componentes mayores (pasturas, forrajes conservados y concentrados) y de valor nutritivo (materia seca, proteína cruda y energía neta de lactación) medio para los grupos de vacas bajo control lechero.

Estos resultados se utilizaron como variables independientes mayores para evaluar el efecto de la alimentación sobre las variables de producción de leche y sólidos lácteos, y contenido de urea en leche.

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

- número de lactancia

- 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 niveles de suplementos.

## **RECEPCIÓN DE MUESTRAS**

El Laboratorio de Calidad de Leche envió a los productores cajas isotérmicas con frascos de plástico conteniendo un conservante (2-bromo-2-nitro-1, 3 propandiol al 98%: Lactopol, Rodolfo Benzo, Montevideo, Uruguay). Los productores devolvieron las cajas isotérmicas con las muestras de leche de vaca individual correspondientes a un día de ordeño completo (mezcla proporcional del ordeño de la tarde de un día y el de la mañana del día siguiente) identificando los frascos con el número de caravana.

## **ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS**

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) con un equipo Bentley 2000 (Bentley Instruments, Chaska, MN, USA) e Internacional Dairy Federation Standard 141C del 2000.

### *Características del equipo:*

- Velocidad: 450 muestras / hora
- Rango de medición: 0-15% para grasa, proteína y lactosa
- Repetibilidad: <0.5% CV
- Purga: >99% relativa
- Precisión:
- Grasa Cv < 1.0% ( Mojonnier)
- Proteína Cv < 1.0% (Kjeldahl)
- Lactosa Cv < 1.0% ( Polarímetro)

Este equipo tiene adjunto una PC con un software específico que comanda todas las operaciones del análisis de leche y almacena los resultados en el disco duro de la propia PC

### *Principio del método:*

El análisis de leche por el método de espectroscopia infrarrojo medio está basado en la absorción de energía infrarrojo medio a longitudes de onda específicas por los grupos hidrocarburos en la cadena de ácidos grasos de las moléculas de grasa (3.48  $\mu\text{m}$ ), por los grupos carbonilo en las uniones éster de las moléculas de grasa (5.723  $\mu\text{m}$ ), por las uniones peptídicas entre aminoácidos de las moléculas de proteínas (6.465  $\mu\text{m}$ ) y por los grupos oxhidrilos en las moléculas de lactosa (9.610  $\mu\text{m}$ ).

Inmediatamente después se realizó el análisis del contenido de urea en leche en equipo ChemSpec 150 (Bentley Instruments, Inc. Chaska, MN USA) con las consideraciones recomendadas en el Bulletin IDF 315, 1996.

#### *Características del equipo:*

- Velocidad: 150 muestras / hora
- Rango de medición:
  - 0-50mg/dl MUN
  - 0-108mg/dl Urea
  - 0-1.8 mM/dl Urea
- Repetibilidad: <1.5%
- Precisión: Cv < 5%

#### *Principio del método:*

El ChemSpec 150 fue diseñado especialmente para la detección de urea en leche (MUN).

Su principio se basa en la modificación de la reacción de Berthelot. Una pequeña muestra de leche es tomada y transportada automáticamente a una celda en una cámara, a una temperatura de 40 °C en donde la ureasa rompe el enlace liberando amoníaco y dióxido de carbono. Después de pasado el tiempo de incubación, se le suma la solución colorante y el activador para formar un complejo verde que está intensamente relacionado con la concentración de amoníaco; por lo tanto la concentración de urea. La intensidad del color verde medida espectrofotométricamente por trans-reflectancia en la celda es trascrita a un valor de urea por un instrumento de calibración. La adición de un catalizador en el colorante agiliza la reacción, intensificando el desarrollo del color verde, por lo tanto mejora la sensibilidad del método. (Bentley Instruments, Inc.)

ChemSpec 150 trabaja con 4 soluciones:

- solución colorante
- solución activadora
- solución enzimática
- solución detergente

#### *Preparación de soluciones de trabajo*

Solución colorante (10 litros para 5000 muestras)



- Preparar la solución colorante por lo menos un día antes. Esto permite que la solución condense y el aire disuelto pueda escapar.
- Disolver el polvo colorante en la cantidad indicada.
- Mezclar bien hasta la disolución total.
- El colorante es sensible a la luz, colocarlo en un lugar protegido de la luz. La solución colorante de trabajo puede guardarse 1 mes a 4 °C.

#### Solución activadora (10 litros para 5000 muestras)

El activador es hecho con el polvo activador 01 y el líquido activador 02.

- Preparar esta solución por lo menos 1 día antes para airearla y permitir que el aire disuelto escape.
- Colocar el activador 02 en su recipiente.
- Llenar el recipiente con la cantidad de agua destilada indicada para obtener la solución de trabajo activadora 02 indicada.
- Mezclar activamente hasta su disolución completa.
- La reacción de las soluciones de trabajo 01 y 02 son exotérmicas.
- La solución de trabajo activadora puede guardarse 1 mes a 4 °C.

#### Solución enzimática (500ml para 2500 muestras)

Para preparar la solución de trabajo debe usarse la enzima y el buffer enzimático. Esta solución puede guardarse 1 mes a 4 °C.

- Mezclar completamente hasta su disolución.
- Agregar el contenido del envase a la cantidad de solución de buffer enzimático indicada.
- Mezclar activamente hasta que la enzima este completamente disuelta.

#### Solución de lavado

La solución RBS 35 se usa para limpiar la válvula de 3 vías y las celdas de flujo.

- Colocar 500 ml de RBS en un recipiente de 10 litros de capacidad.
- Agregar agua destilada hasta completar los 10 litros de solución.
- La solución de ácido clorhídrico (HCl) 0.25N (355/1litro).
- Esta solución se usa para limpieza cuando los químicos han quedado en la celda de flujo por un largo período de tiempo o una vez por mes como preventivo.(Bentley Instrumets, Inc).

#### *Control de funcionamiento del equipo Chem Spec 150:*

Ya que el equipo ChemSpec 150 estuvo fuera de funcionamiento por un período de tiempo bastante prolongado hubo que hacerle un chequeo previo a su utilización. Se verificó la calibración por el *método de adición estándar*. (Concepts, instrumentation and techniques en Atomic Richard D. Beaty and Jack D. Kerber- The Perkin- Elmer Corporation)(Skoog- Leary Análisis Instrumental)(Curso de Química Analítica Fac. Química 2002). Para esto, se preparó en el laboratorio una solución con 15g de urea en 100ml de agua destilada, siendo esta la solución madre o patrón. Esta solución se midió a través del método de Kjendahl, dando un valor de 14.76g/100ml.

Luego se tomó un litro de leche UHT y se fraccionó en muestras de 30ml, de las cuales 6 muestras de leche fueron tomadas para realizar el método de adición estándar. Las



muestras restantes fueron conservadas en la heladera con conservante Lactopol, para ser utilizadas al comienzo de cada muestreo.

Las cantidades adicionadas a cada una de las muestras de leche fueron 0, 20, 40, 60, 80 y 100  $\mu$ l de la solución patrón. Se pasaron 2 veces consecutivas, estas 6 muestras de leche y una de agua destilada.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos a partir del análisis de las muestras de leche recibidas, se utilizaron todas las variables clasificatorias, que son: contenido de urea (mg/dl), % de grasa y % de proteína en la leche, número de lactancias, días posparto, producción de leche individual por día (lts), consumo de materia seca (Kg MS) total, consumo de pasturas (Kg MS), contenido de proteína cruda en la alimentación (%MS), ingesta total de energía neta de lactación (total) (Mcal de ENL), contenido de energía neta de lactación del alimento (Mcal ENL/Kg.MS) y delta mantenimiento (consumo total de ENL en relación a las necesidades de energía para mantenimiento).

Las estadísticas descriptivas para las variables (promedio, desvío estándar, mínimo, máximo) fueron obtenidos con el procedimiento MEANS (SAS, 2000).

Se realizó el análisis de varianza utilizando el procedimiento GLM (SAS, 2000) con el objetivo de determinar si las variable clasificatorias estudiadas contribuyen a explicar la variabilidad del contenido de urea en leche.

Luego se realizaron contrastes de las medias de mínimos cuadrados de todas las variables estudiadas, con el procedimiento de comparación de medias por el método LSMEANS (SAS, 2000), con el objetivo de estimar la significación estadística de las diferencias encontradas entre los distintos niveles de cada variable.

También 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

Para estudiar la relación entre las variables estudiadas y el contenido de urea en leche, y el comportamiento estadístico de las mismas se realizaron análisis de correlación utilizando el procedimiento CORR (SAS, 2000).

Con el procedimiento STEPWISE (SAS, 2000) se determinó el peso relativo y simultáneo de las variables relevadas para explicar el contenido de urea en la leche analizada (urea es la variable dependiente).

## **RESULTADOS**

### **CARACTERÍSTICAS DE LA ALIMENTACIÓN EN AMBAS ESTACIONES**

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

**Cuadro IV.** Características de la alimentación ofrecida en ambas estaciones (Media  $\pm$  EEM<sup>1</sup>)

<b>Parámetro</b>	<b>n</b>	<b>Invierno</b>	<b>n</b>	<b>Primavera</b>
Materia seca total (Kg)	1923	17,5 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	2085	15,9 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>
Pasturas (Kg. de MS <sup>2</sup> )	1923	10,9 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>	2085	13,3 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>
Proteína cruda (% de MS <sup>2</sup> )	1923	15,5 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	2085	18,0 $\pm$ 0,03 <sup>b</sup>
Energía neta de lactación (Mcal)	1923	26,4 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	2085	23,8 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> EEM: Error Estándar de la Media

<sup>2</sup> MS: Materia seca

<sup>a, b</sup>: Medias entre columnas con diferente letra difieren (P<0.0001)

### **PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE EN INVIERNO Y PRIMAVERA**

La producción de leche promedio por día fue mayor en primavera que en invierno (P<0,0001).

Existió una diferencia significativa entre el porcentaje de grasa (P<0,0001) y el porcentaje de proteína (P< 0,01) en leche en ambas estaciones.

**Cuadro V.** Diferencias estacionales entre la producción promedio diaria y la composición de leche

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

<sup>1</sup> EEM: Error Estándar de la Media

<sup>a, b</sup>: Medias entre columnas con diferente letra difieren (P<0,0001)

<sup>c, d</sup>: Medias entre columnas con diferente letra difieren (P<0,01)

## CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE EN LOS DIFERENTES PERÍODOS POSPARTO EN AMBAS ESTACIONES

En la figuras 2 y 3 se muestran las medias de los diferentes componentes de la leche en los períodos en las dos estaciones. 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 los valores.

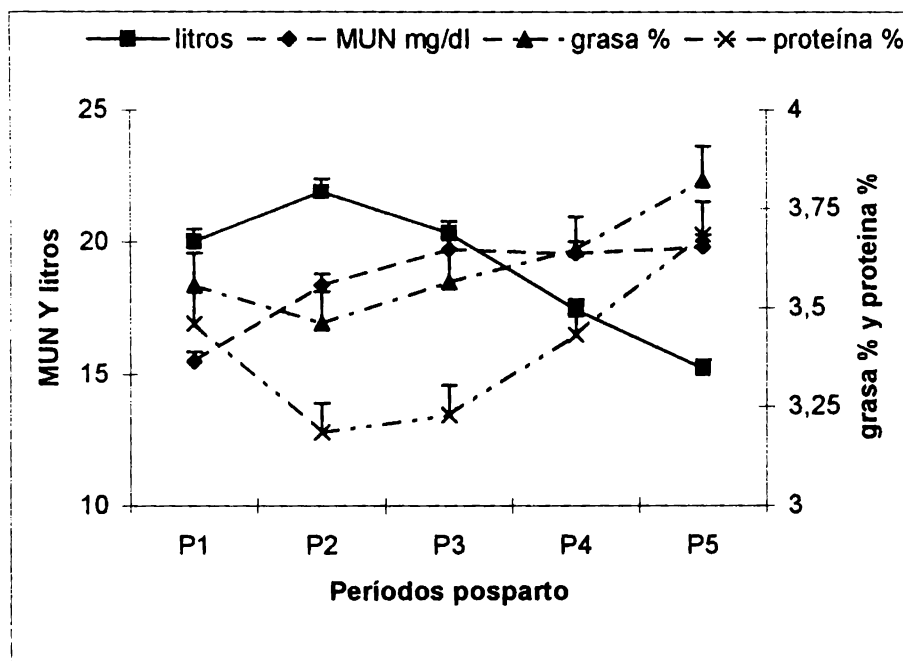


Figura 2. Representación de la curva de lactancia en invierno

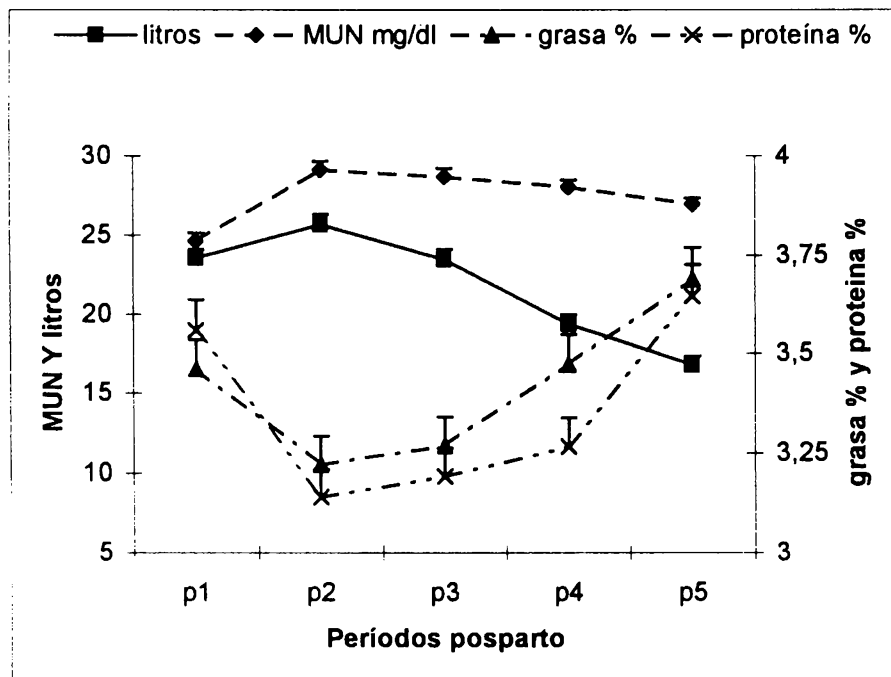


Figura 3. Representación de la curva de lactancia en primavera

### NIVELES MUN EN LAS DOS ESTACIONES ESTUDIADAS

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 4.

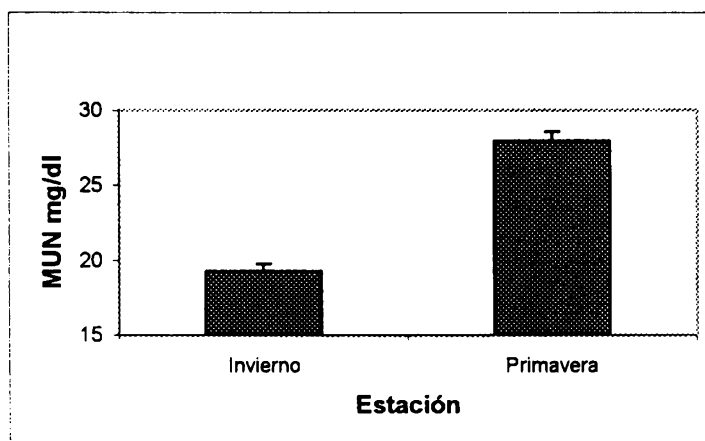


Figura 4. Niveles de MUN para invierno y primavera

En invierno MUN comenzó en el primer período con los valores más bajos, y luego fue aumentando levemente hasta mantenerse estable, en valores que rondaron los 20 mg/dl. En cambio en primavera la tendencia fue a aumentar hasta el segundo período, que se correspondería con el pico de lactación, para luego disminuir gradualmente.

En la figura 5 se observa claramente el comportamiento de MUN en las dos estaciones. En esta figura también se puede observar que las medias de MUN en primavera fueron en todos los periodos de DPP superiores a las presentadas en invierno. MUN también presentó una diferencia significativa ( $P < 0,0001$ ) en los diferentes periodos post parto.

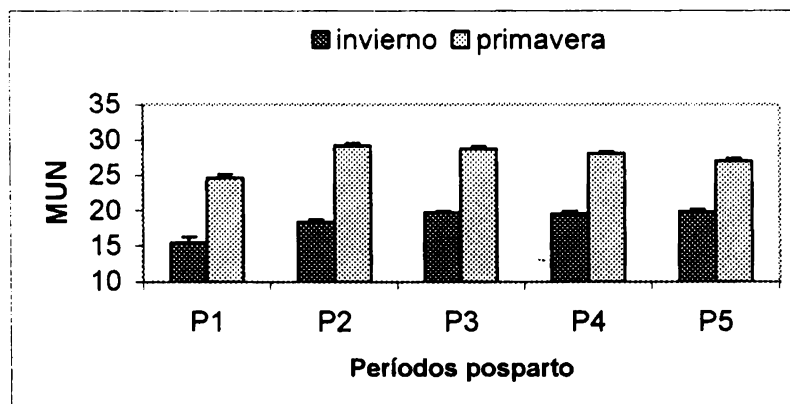


Figura 5. Medias de MUN en los diferentes periodos para las dos estaciones

### CORRELACIÓN ENTRE LA ALIMENTACIÓN Y MUN

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

Como se presenta en el cuadro VI 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.

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.

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

Parámetro	MUN	
	Invierno (n = 1923)	Primavera (n = 2085)
Consumo de materia seca total	0,03664 p<0,1082	0,02480 p<0,2576
Consumo de materia seca pasturas	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	0,02081 p= 0,3617	-0,06457 p<0,01
Energía neta lactación materia seca	-0,06139 p<0,01	-0,41598 p<0,0001

**CORRELACIÓN ENTRE GRASA Y PROTEÍNA DE LA LECHE, PRODUCCIÓN DE LECHE Y MUN**

Las correlaciones, en la gran mayoría de los casos, presentan unas magnitudes muy bajas, cercanas a 0.

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

En invierno la correlación entre la producción de leche y MUN fue significativa ( $P < 0,05$ ) y negativa. En cambio, en primavera la correlación fue significativa ( $P < 0,0001$ ) y positiva.

Las correlaciones entre el porcentaje de grasa de la leche y MUN, para ambas estaciones ( $P < 0,0001$ ) fueron bajas, siendo positiva en invierno y negativa en primavera. En cuanto al porcentaje de proteína en leche las correlaciones con MUN ( $P < 0,0001$ ) fueron bajas y negativas en las dos estaciones.

La correlación entre el rendimiento de grasa y MUN sólo fue significativa en primavera ( $P < 0,0001$ ); en este caso, las correlaciones que se presentaron fueron positivas y bajas. La correlación entre MUN y el rendimiento de proteína fue significativa en ambas estaciones ( $P < 0,0001$ ), siendo negativa en invierno y positiva en primavera.

**Cuadro VII.** Correlaciones entre MUN y los componentes de la leche en invierno y en primavera

Parámetro	MUN	
	Invierno (n = 1923)	Primavera (n = 2085)
Litros de leche por día	-0,05 p<0,05	0,20 p<0,0001
Porcentaje de grasa	0,16 p<0,0001	-0,10 p<0,0001
Porcentaje de proteína	-0,17 p<0,0001	-0,11 p<0,0001
Grasa en Kg.	0,04 p = 0,0646	0,11 p<0,0001
Proteína en Kg.	-0,11 p<0,0001	0,18 p<0,0001

**CORRELACIÓN ENTRE DÍAS POSPARTO Y NÚMERO DE LACTANCIAS CON MUN**

**Cuadro VIII.** Correlaciones de MUN con días posparto y número de lactancias con la población total (n= 4008)

Variable	MUN
Días posparto (DPP)	0,027 p<0,09
Número de lactancia	-0,065 >0,10

Como se observa en el cuadro VIII ninguna de las dos características presenta una correlación significativa con MUN.

**RELACIÓN ENTRE LA VARIABLE DEPENDIENTE (MUN) Y LAS DEMÁS VARIABLES ESTUDIADAS**

Al hacer la regresión por etapas (Stepwise regression) el modelo que explica casi el 40% de la variación de MUN se presenta en el cuadro IX.

**Cuadro IX. Modelo que explica el 40% de la variación de MUN**

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

<sup>a</sup>: Proteína cruda de la dieta

<sup>b</sup>: Energía neta de lactación MS<sup>2</sup> (variable cuadrática)

<sup>c</sup>: Proteína cruda de la dieta<sup>2</sup> (variable cuadrática)

<sup>d</sup>: Energía neta de lactación MS

<sup>e</sup>: % proteína en leche

<sup>f</sup>: Kg de grasa en leche

<sup>g</sup>: 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.

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 de la dieta

B: Energía neta de lactación MS<sup>2</sup> (variable cuadrática)

C: Proteína cruda de la dieta<sup>2</sup> (variable cuadrática)

D: Energía neta de lactación MS

E: % proteína en leche

F: Kg de grasa en leche

G: Días post parto



## DISCUSIÓN

Las diferencias de dieta encontradas en los dos períodos estudiados fueron debidas a que en nuestras condiciones de producción predominantemente pastoril el tipo de dieta brindada, independientemente de la estación, suele ser pobre en energía.

El mayor aporte energético registrado en inviernos se debió a un mayor consumo de MS total con un menor porcentaje de PC que en primavera. El consumo de pasturas en invierno, fue menor al consumido en primavera, y además estas pasturas (por la época del año) tienen un alto contenido en fibra, lo que las hace menos digestibles. Por lo tanto, en esta época, la energía fue aportada mayoritariamente por concentrados, la mayoría de los cuales son energéticamente más densos que las pasturas. En primavera, en cambio, la pastura es más digestible, más energética, pero también es la estación en donde se utilizan menos los suplementos. Esto se reflejó en el menor consumo de MS total y menor ENL total en esta estación.

La producción y composición de leche en ambas estaciones fue un reflejo de la alimentación brindada. La curva de producción de leche de la población en estudio tuvo un comportamiento típico, en el cual la misma comienza a aumentar hasta llegar a un pico en el segundo período, para luego disminuir gradualmente en los siguientes períodos. Esto coincide con lo que reporta McDonald (1993), en donde la producción de leche comenzaría a aumentar desde el parto hasta los 35 días descendiendo a continuación a un ritmo regular de aproximadamente el 2,5 % semanal, hasta el final de la lactación.

La producción de leche está influenciada por varios factores entre los que se encuentra la alimentación, la genética, la época de lactancia, etc. En este trabajo se encontró que la producción de leche fue mayor en primavera que en invierno, debido a que en primavera hubo un mayor contenido de fibra fácilmente fermentescible, ya que en esta época del año las pasturas son más jóvenes.

Otro de los factores que afectan la producción de leche es la edad de la vaca. Para McDonald (1993) las vacas de más edad suelen producir más cantidad de leche que las vacas jóvenes, pero el principal factor que afecta la producción de leche a corto plazo es la fase de lactación. La media de número de lactancias para nuestro trabajo fue de 3 lactancias para ambas estaciones, lo cual indica que no se trabajó con vacas añosas, por lo tanto la producción de leche no estaría afectada por este factor.

En cuanto a la raza, no fue un factor que hayamos podido observar variación, ya que las vacas con las que se trabajó fueron en su mayoría Holando habiendo un número muy pequeño de Jersey.

Al igual que la producción de leche, la composición (grasa y proteína) está afectada por varios factores. La grasa es el componente más variable y es el que más influido está por la alimentación (Hoden, 1990; McDonald, 1993). En este estudio se vio que el % de grasa fue mayor en invierno que en primavera, al igual que el porcentaje de proteína (cuadro V). La dieta aparece como el principal responsable de lo observado en ambos casos. Con respecto a la grasa, en invierno los mayores tenores de grasa (%) están asociados a mayores consumos totales de MS y a dietas más balanceadas en la relación PC/ energía. En primavera, las dietas presentan consumos de MS total

menores, menores aportes de fibra y mayores de azúcares rápidamente fermentescibles (carbohidratos no estructurales), y mayores aportes de nitrógeno dietario, todo lo que opera a favor del volumen de leche y en contra del tenor graso de la leche.

Para el caso del porcentaje de proteína, si bien la alimentación influye, tiene poco efecto en la proporción de caseína (Hoden, 1990). La caseína, a diferencia de las proteínas del lactosuero, no varía según el estado de lactación. La leche producida en los primeros días después del parto y hacia el final de la lactación tiene un contenido de proteínas del suero mucho mayor que la leche de mitad de lactación (Amiot, 1991 y Varnam y Surtherland, 1994).

Si bien en primavera hay un mayor aporte proteico, la energía administrada podría no haber sido suficiente para poder aprovechar el N de la dieta. Esto se vio reflejado en valores más bajos de proteína en leche en primavera que en invierno.

Los niveles de MUN registraron una diferencia significativa entre invierno y primavera, siendo mucho mayores los valores en primavera que en invierno. Para Peña Castellanos (2002) (cuadro II) los valores óptimos de MUN están entre 12-15 mg/dl, mientras que para Stallings (1996) los valores estarían entre 12-18 mg/dl. En ambas estaciones los valores promedio de MUN fueron superiores a los aconsejados en la bibliografía como indicadores de una buena relación PC/ energía.

Los niveles de MUN están influenciados por varios factores como: composición de la dieta que consume la vaca (Lykos y col., 1997), la hora del día en que se toma la muestra, tiempo transcurrido luego de comer (Gustafsson y Palmquist, 1993), cantidad de proteína en la dieta, cantidad de orina excretada, cantidad de agua bebida y días de lactancia. (Wood y col., 2003). Según Godden y col. (2001) para interpretar correctamente los valores de MUN se necesitaría información sobre: raza, parición, días de lactancia, estación del año y manejo nutricional.

De todas las variables que afectan los niveles de MUN, para varios autores el manejo nutricional es el que más influye (Baker y col., 1995; Wright y col., 1998; Gallardo, 2002; Peña Castellanos, 2002; Rajala-Shultz y Saville, 2003; Nousiainen y col., 2004).

Teniendo en cuenta que la raza fue mayoritariamente Holando, que la media de número de lactancia fue de 3 y que la población se encontraba promedialmente en 190 días de lactancia, la explicación de la variación observada en MUN estuvo dada por el cambio de alimentación que ocurrió al cambiar la estación.

Los valores más altos de MUN observados en primavera coinciden con los reportados por Gallardo (2002), en un tipo de manejo predominantemente pastoril. Este trabajo señala que los niveles de MUN en leche suelen ser elevados, lo que desmejora la calidad industrial de la misma, porque con el inicio de la primavera se producen cambios abruptos en la dieta. Las reservas forrajeras (fuentes de fibra) se agotan, la cantidad de concentrados (energía) comienza a disminuir y la alimentación pastoril se impone.



La bibliografía es muy variada con respecto al comportamiento de MUN durante la lactancia. Varios autores concuerdan en que la concentración de MUN es menor durante los primeros 30 días de lactancia (Carlsson y col., 1995; Eicher y col., 1999; Godden y col., 2001; Johnson y Young, 2003; Rajala- Shultz y Saville, 2003). Esto coincide con los resultados de este estudio, donde los niveles más bajos de MUN se registraron en el primer período PP (< a 30 días). Para Johnson y Young (2003) la baja concentración de MUN podría estar relacionada por la lactancia temprana o porque se consume una ración diferente en estos primeros 30 días. En lactancias tardías, cuando la producción de leche declina, los requerimientos proteicos disminuyen y los autores sugieren que MUN también debería disminuir. Según Rajala-Shultz y Saville (2003) la baja concentración de MUN al principio de la lactancia podría estar relacionada y explicada por la incapacidad de las vacas de ingerir suficiente cantidad de alimento lo que se traduce como una situación no óptima para la función de la flora ruminal.

Para Godden y col. (2001) la concentración de urea fue menor inmediatamente después del parto, aumentó a un máximo entre el 3-6 mes de lactación y después fue declinando a lo largo de la misma. Este comportamiento coincidió con lo observado en invierno. En cambio el comportamiento de MUN en primavera coincidió con Wolfschoon-Pombo y col. (1981), Buchberger, (1989, citado por Eicher y col., 1999) y Rajala- Shultz y Saville (2003), en donde reportaron que después del primer mes de lactación, la concentración de MUN aumenta por 2-3 meses, teniendo un pico al mismo tiempo en que típicamente existe un pico en la producción de leche. (Figura 3).

Los niveles de MUN en invierno estuvieron positivamente correlacionados con la PC (niveles de nitrógeno en la dieta), o sea al aumentar la PC en la dieta aumenta MUN. En primavera la correlación entre PC y MUN fue negativa ( $P < 0.0001$ ) y a su vez la relación entre ENL y MUN también fue negativa. Los resultados obtenidos en primavera en este estudio no coinciden con la bibliografía consultada, en donde la mayoría de los autores establecen que altos contenidos de PC en la dieta tienden a presentar niveles altos de MUN (Baker y col., 1995; Wright y col., 1998; Rajala- Shultz y Saville, 2003 y Nousiainen y col., 2004). Una posible causa de que los resultados hayan sido contradictorios fue que los datos de alimentación se recabaron para grupos de vacas y no para vaca individual como se hizo en el caso de la composición de la leche.

La correlación entre MUN y la producción de leche en invierno fue negativa, probablemente debido al mayor consumo de MS total y mayor densidad calórica de la dieta, lo que favoreció una mejor utilización de los nutrientes por parte de los microorganismos del rumen. En cambio, en primavera la correlación fue positiva debido a un menor consumo de MS total, con más PC y menos energía que en invierno. Lo anterior indica un suministro de N más balanceado y una mejor capacidad de las vacas para captar N de las dietas de invierno comparadas con las de primavera.

Lo observado en primavera coincide con lo visto por varios autores (Oltner y col., 1985 Citado por Eicher y col., 1999; Carlsson y col., 1995; Godden y col., 2001; Johnson y Young, 2003) que reportaron una positiva relación entre la producción de leche y MUN. Esto podría deberse, según Rajala-Shultz y Saville (2003), a los altos niveles de proteína en la dieta en las altas productoras comparado a la dieta en las bajas productoras.

Según Eicher y col. (1999) con un aumento en la producción de leche la relación proteína/ energía de la dieta se vuelve mayor resultando en un aumento en el amonio que no pueden ser usados por las bacterias ruminales, por lo que la producción de urea en el hígado aumenta, aumentando sus niveles en sangre y en leche.

La correlación entre el % de grasa y MUN fue positiva en invierno y negativa en primavera y la bibliografía es muy variada en este tema, ya que por un lado existen autores que dicen que la relación entre MUN y el % de grasa en leche es negativa (Carlsson y col., 1994; Broderick y Clayton, 1997 y Johnson y Young, 2003), mientras que por otro lado existen autores que reportan una relación positiva (Rajala-Shultz y Saville, 2003). Godden y col. (2001) reportaron en un estudio una asociación negativa entre la grasa de la leche y MUN cuando el análisis era hecho en vaca individual, pero cuando el análisis se hacía en grupos reportaron, en otro estudio (Godden y col., 2001), una positiva relación entre la grasa de la leche y MUN.

La relación entre MUN y el % de proteína fue negativa en ambas estaciones, con valores muy similares. Esto coincide con Nousiainen y col., (2004), quienes reportaron una relación negativa entre MUN y la eficiencia en la utilización de N para la síntesis de proteína de la leche.

Cuando el % de la proteína en leche aumenta, la concentración de MUN disminuye. Esto es porque existe una relación inversa entre MUN y % de proteína en leche, bajos niveles de MUN estarían asociados con un muy buen uso de proteína cruda en la dieta. Otros reportes han demostrado que no existe relación entre el % de proteína y MUN o que existe una relación negativa. (Johnson y Young, 2003).

Sin embargo, cuando se observó la correlación entre MUN y el rendimiento de proteína en leche se encontró que fue diferente en las distintas estaciones, presentándose negativa en invierno y positiva en primavera. La correlación positiva en primavera fue un reflejo de la dieta, ya que si bien la PC aportada fue mayor que en invierno la energía no fue suficiente para poder metabolizarla y el exceso de N se excretó en forma de urea.

Las variables de alimentación, proteína cruda y energía neta de lactación (MS), fueron las que influyen en la variable (MUN). Esto coincide con lo visto por Nousiainen y col. (2004), en donde reporta que MUN está más asociado a los cambios de PC en la dieta que a la relación entre PC/ energía, eficiencia de la utilización de N o a la concentración de amonio en el rumen.

## **CONCLUSIÓN**

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.

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.

La determinación de MUN de manera rutinaria, para nuestras condiciones de producción, podría ser útiles 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.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Alais, C. (1971) Ciencia de la leche. Primera reimpresión Junio de 1971, Barcelona, Continental, pp-594.
2. Amiot, J. (1991) Ciencia y tecnología de la leche. Zaragoza, Acribia, 547 pp.
3. Baker, L. D., Ferguson, J. D. y 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.
4. Barros, L; Denis, N; González, O; Galain, C y Gagliardi, F. Determinación de urea en leche por dos métodos de laboratorio. IV Jornadas técnicas de Facultad de Veterinaria 2003.
5. Broderick, G. A. y Clayton, M. K. (1997). A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentration of milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci*; 80: 2964-2971.
6. Bentley Instruments Inc.; Quick Reference Guide. A Guide to Operate the ChemSpec 150. 1999.
7. Cirio, A. y Tebot, I. (1998). Fisiología metabólica de los rumiantes. Departamento de fisiología Facultad de veterinaria de Montevideo, 141 pp.
8. Carlsson, J., Bergstrom y J., Pehrson, B. (1995). Variations with breed, age, season, yield stage of lactation and herd in the concentration of urea in bulk milk and individual cow's milk. *Acta vet Scand*; 36:245-254.
9. Dalgleish, D. G. (1997). The effects of milk protein on the functionality of milk products. En: Welch, R. A.S., Burns, D. J. W., Davis, S. R., Popay, A. I. y Prosser, C. G. Hamilton, Milk composition, production and biotechnology, CAB INTERNATIONAL, pp-105-119.
10. DePeters, E. J. y Cant, P. (1992). Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk. *J Dairy Sci*; 75:2043-2070.
11. DePeters, E. J., y Ferguson, J. D. (1992). Nonprotein nitrogen and protein distribution in the milk of cows. *J Dairy Sci*; 75:3192-3209.
12. Eicher, R., E., Bouchard, y M., Bigras-Poulin (1999) Factors affecting milk urea nitrogen and protein concentration in Quebec dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*; 39: 53-63.
13. Ferguson, J. D., (2000). Milk urea Nitrogen. [http://cahpwww.vet.upenn.edu/mun/mun\\_info.html](http://cahpwww.vet.upenn.edu/mun/mun_info.html)
14. Ferguson, J.D. (2000). Milk protein. [http://cahpwww.vet.upenn.edu/mun/milk\\_protein.html](http://cahpwww.vet.upenn.edu/mun/milk_protein.html)

15. Gallardo, M. (2002). ¿Por qué baja la grasa en leche?  
[http://rafaela.inta.gov.ar/proy\\_nac\\_lecheria/grasa %20primavera](http://rafaela.inta.gov.ar/proy_nac_lecheria/grasa_%20primavera)
16. Godden, S. M., Lissemore, K. D., Kelton, D. F., Leslie, K. E., Walton, J. S. y Lumsden, J. H. (2001) Factors associated with milk urea concentrations in Ontario dairy cows. *J. Dairy Sci*; 84: 107-114.
17. Godden, S. M., Lissemore, K. D., Kelton, D. F., Leslie, K. E., Walton, J. S. y Lumsden, J. H. (2001). Relationships between milk urea concentration and nutritional management, production and economic variables in Ontario dairy herds. *J Dairy Sci*; 84:1128-1139.
18. Gustafsson, A. H. y Palmquist, D. L. (1993). Diurnal variation of rumen ammonia, serum urea, and milk urea in dairy cows at high and low yields. *J. Dairy Sci*; 76: 475-484.
19. Hoden, A., Coulon, J. B. y Favardin, Ph. (1990). Alimentación de vacas lecheras. En: González Cano, J. Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos. 2da. edición, Madrid, pp. 121-140.
20. Hof, G., Vervoorn, M. D., Lenaers, P. J., y Tamminga, S. (1997). Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. *J. Dairy Sci*; 80:3333-3340.
21. Ibarra, A. (1997). Sistemas de pago de leche. Seminario regional de calidad de leche. Plan Agropecuario. Atlántida, Uruguay. 47-61
22. Johnson, R.G. y Young, A. J. (2003). The association between milk urea nitrogen and DHI production variables in western commercial dairy herds. *J Dairy Sci*; 86:3008-3015.
23. Laborde, D., (2004). Las estrategias de mejoramiento genético del ganado lechero en Uruguay: coincidencias y contradicciones. XXXII Jornadas uruguayas de buiatría. Paysandú, Uruguay. pp:79-88.
24. Lykos, T., Varga, G. A. y Casper D. (1997). Varying degradation rates of total non-structural carbohydrates: effects on ruminal fermentation, blood metabolites, and milk production and composition in high producing Holstein cows. *J. Dairy Sci*; 80:3341.
25. McDonald, P., Edwaeds, R., Greenhalgh, J. y Morgan, C. (1993). Nutrición animal. Tercera edición. Zaragoza. Acribia, 518 pp.
26. Noro, M. y Wittwer, F. (2003). Utilidad de la Determinación de Urea en la Leche. *Revista Vetermas*; 2: 2-5.
27. Nousiainen, J., Shingfield, K. J. y Huhtanen, P. (2004). Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding *J. Dairy Sci*; 87:386-398.
28. Pago por calidad. [www.conaprole.com](http://www.conaprole.com)
29. 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.
30. PHILLIPS, C. 2001. Principles of Cattle Production. CABI Publishing. Londres, UK. 288 pp.
31. Rajala-Shultz, P.J. y Saville, W.J.A. (2003) Sources of variation in milk urea nitrogen in Ohio dairy herds. *J. Dairy Sci*; 86:1653-1661
32. Reglamento Bromatológico Nacional Decreto N° 315/994 de fecha 05/07/94. Uruguay, 144 pp.
33. Statistical Analysis Sistem (SAS). (1995). SAS Institute Inc. Release 6.11. SAS Campus Drive, Cary, NC 27513, USA.

34. Stallings, C. C. What's happening with Milk Urea Nitrogen testing? Dairy Science, Virginia Tech, December (1996). [www.dasc.vt.edu/nutritioncc/9667](http://www.dasc.vt.edu/nutritioncc/9667)
35. Schmidt, G. H. y Van Vleck, L. D. (1974). Bases científicas de la producción lechera. Zaragoza, Acribia, 577 pp.
36. Taverna, M. (1996). Importancia de la fracción proteica de la leche. INTA, EEA Rafaela, Centro Regional Santa Fe. Publicación Miscelánea N° 76, pp:15
37. Varnam, A. H. y Surtherland, J. P. (1994). Leche y productos lácteos. Zaragoza, Acribia, pp: 461.
38. Westwood, C. T., Lean, I. J. y Kellaway, R. C. (1998). Indications and implications for testing of milk urea in dairy cattle: A quantitative review. Part 1. Dietary protein sources and metabolism. N.Z. Vet. J. 46:87-96.
39. Wright, T. C, Moscardini, S., Luimes, P. H., Susmel, P. y McBride, B. W. (1998). Effects of rumen –undegradable protein and feed intake on nitrogen balance and milk protein production in dairy cows. J. Dairy Sci; 81:784-793.
40. Wood, G. M., Boettcher, P. J., Jamrozik, J., Jansen, G. B., y Kelton, D. F. (2003). Estimation of genetic parameters for concentration of MUN. J. Dairy Sci; 86: 2462-2469.

## Anexos

### Anexo 1

### FORMULARIO DE ALIMENTACIÓN

NOMBRE DEL PRODUCTOR: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

Nº DE VACAS: \_\_\_\_\_

#### A) PASTURAS:<sup>(\*)</sup>

##### 1-PASTURA

TIPO:

EDAD:

ESTADO:

Bueno	<input type="checkbox"/>
Regular	<input type="checkbox"/>
Malo	<input type="checkbox"/>

TAMAÑO DE FRANJA (mts x mts):

Nº DE ANIMALES EN PASTOREO:

GRUPO (ALTA / BAJA):

##### 2-PASTURA

TIPO:

EDAD:

ESTADO:

Bueno	<input type="checkbox"/>
Regular	<input type="checkbox"/>
Malo	<input type="checkbox"/>

TAMAÑO DE FRANJA (mts x mts):

Nº DE ANIMALES EN PASTOREO:

GRUPO (ALTA / BAJA):

#### B) FORRAJES CONSERVADOS:

##### 1-ENSILAJE:

TIPO:

CANTIDAD ADMINISTRADA:

Nº DE ANIMALES SUPLEMENTADOS:

LOTE SUPLEMENTADO:

##### 2-HENO:

TIPO:

CANTIDAD ADMINISTRADA:

Nº DE ANIMALES SUPLEMENTADOS:

LOTE SUPLEMENTADO:

#### C) CONCENTRADOS:

TIPO:

CANTIDAD ADMINISTRADA:

Nº DE ANIMALES SUPLEMENTADOS:

LOTE SUPLEMENTADO:

<sup>(\*)</sup> 2 pasturas por 2 lotes diferentes o por 1 lote con 2 turnos de pastoreo.



## **CODIGO DE ALIMENTOS (MARQUE EL QUE CORRESPONDA)**

RAIGRAS ANUAL	RP	RAIGRAS PERENNE	F	FESTUCA
FALARIS	D	DACTYLIS	FL	FESTULOLIUM
BROMUS	PD	PASPALUM	CY	CYNODON
AVENA	H	HOLCUS	T	TRIGO
CEBADA	CT	CENTENO	SO	SORGO
TRITICALE	SF	SORGO FORRAJERO	SU	SUDAN
MAIZ	SA	SORGO AZUCARADO	LO	LOTUS
ALFALFA	TS	TRBOL SUBTERRANEO	AC	ACHICORIA
SEMITIN	TC	TREBOL CARRETILLA	TR	TREBOL ROJO
TREBOL BLANCO	GI	GRAMINEA INVERNAL	ME	MALEZA
HARINA DE CARNE	AZ	AFRECHILLO ARROZ	GR	GIRASOL
SOJA	HSJ	HARINA DE SOJA	LE	LEVADURA
HARINA DE GIRASOL	AT	AFRECHILLO TRIGO	GF	GLUTEN FEED
GLUTEN MEAL	CN	CAMPO NATURAL	RS	RESTOS SECOS
GRAMINEA ESTIVAL	RC	RACION COMERCIAL	OT	OTROS, ESPECIFICAR

### **OTRAS ALTERNATIVAS (DESCRIBIR)**

#### **ESTADO FISIOLÓGICO DE O LAS ESPECIES DOMINANTES**

VEG	VEGETATIVO, previo al alargamiento de los tallos.
IF	INICIO FLORACION, entre inicio y un 10% de floración.
FM	FLORACION MEDIA, 50% de floración.
FC	FLORACION COMPLETA, 70% de floración.
GL	GRANO LECHOSO, grano formado pero aún suave.
GR	GRANO PASTOSO
GM	GRANO MADURO, grano pronto para cosechar

#### **TIPO DE RESERVA**

SB	SILO BOLSA	ST	SILO TORTA
HJ	HENILAJE	SP	SILOPAQ
FC	FARDO CUADRADO	FR	FARDO REDONDO
OT	ESPECIFICAR		

En los casos en que se disponga de información analítica (cualquier lado) se agradece hacerla disponible.