

LA ALIMENTACIÓN Y LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE EN EXPLOTACIONES GALLEGAS

O. P. VÁZQUEZ YÁÑEZ¹ Y A. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ²

¹Subdirección Xeral de Explotacións. S. Caetano. Santiago de Compostela (España). orlando.vazquez.yanez@xunta.

es. ²Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apartado 10- 15080 A Coruña (España). antonio.gonzalez.rodriguez@xunta.es.

RESUMEN

El contenido de urea en leche, de fácil determinación en los laboratorios interprofesionales de leche, puede ser de uso generalizado como herramienta de diagnóstico de la alimentación de vacas lecheras en Galicia. Se revisan trabajos que relacionan la urea en la leche y en sangre con la producción de leche por vaca y con la reproducción del rebaño. Un aspecto importante hoy es la relación del nivel de urea en leche con el medio ambiente. Se puede prevenir el exceso de aporte de N (detectado en la urea) en la alimentación de la vaca e incrementar la eficiencia del uso de este elemento por el animal, evitando contaminaciones.

Se estudiaron, durante cuatro años, 17 explotaciones lecheras gallegas, en visitas mensuales para controlar las raciones y las producciones de leche, individual y del rebaño, para su análisis de urea en leche, realizado por el LIGAL, y los parámetros de alimentación, con visitas trimestrales en 14 de ellas. Se dispuso al final un total de datos de 1445 vacas de la raza Frisona-Holstein.

Se contrastó la información obtenida con la bibliografía revisada sobre el diagnóstico de urea en leche. Se destaca la importancia del metabolismo de la proteína en la alimentación del vacuno de leche, considerando los aportes de proteína a la vaca y su degradabilidad así como su relación con el aporte de energía en la ración, tanto en establo como en pastoreo.

Se concluyó que el nivel de urea en leche es un buen indicador del equilibrio entre la proteína y la energía de la ración, y, en consecuencia, una buena herramienta para establecer un manejo correcto de la alimentación del ganado vacuno de leche.

Palabras clave: Urea en leche, proteína y energía, diagnóstico de raciones.

INTRODUCCIÓN

La alimentación del ganado vacuno de leche representa el principal gasto de las explotaciones, especialmente si se emplean animales de alto rendimiento, que requieren un mejor conocimiento de la dieta y de los efectos que puede tener un inadecuado aporte de nutrientes.

La composición de la leche es un indicador de algunos aspectos del metabolismo de la vaca. Un contenido en grasa inferior al 3,5 % puede ser debido a un bajo contenido de fibra en la ración o a un elevado contenido de carbohidratos solubles. La riqueza en proteína de la leche también puede verse afectada por la dieta animal, ésta descende, por ejemplo, con un nivel muy bajo de carbohidratos o de proteína en la ración.

El contenido de urea en la leche ha sido uno de los parámetros que más se ha estudiado durante los últimos diez años. Su gran interés reside en que es un buen indicador para una correcta evaluación de la ración porque está muy relacionado con el metabolismo de la proteína en el rumen.

Por otra parte, conocer el balance nitrogenado de una explotación tiene hoy un gran valor para determinar el impacto ambiental de este elemento. El deterioro medioambiental es un factor de gran importancia para estimar el valor de la actividad agraria que no sólo se tiene en cuenta por sus efectos socio-económicos sino también su influencia sobre el medio ambiente natural.

El análisis del contenido de urea en leche debe tener, por tanto, en cuenta tres efectos principales:

El productivo, porque permite aumentar la eficiencia de la utilización de los nutrientes, especialmente proteína y energía.

El reproductivo, porque un exceso de nitrógeno ureico en sangre puede afectar a la fertilidad del animal, y

El ambiental, porque una excesiva excreción de nitrógeno por los animales puede suponer un riesgo ambiental, al aumentar el nivel de este elemento en las aguas lixiviadas y contribuir a su contaminación.

El contenido de urea en leche es un parámetro fácilmente analizable mediante los métodos actuales y suele aparecer indicado en los análisis rutinarios realizados por el Laboratorio Interprofesional Galego de Análisis de Leite (LIGAL), tanto en muestras de tanque de la recogida ordinaria de leche, como, en el caso del Programa de Control Lechero, en las muestras que se toman por vaca.

El objetivo de este artículo es mostrar el valor de la urea como un indicador del manejo de la alimentación en las explotaciones gallegas de producción de leche de vacuno. Se

hace una revisión de los estudios más recientes sobre este parámetro para valorar la urea en distintas dietas del ganado lechero.

IMPORTANCIA DEL METABOLISMO DE LA PROTEÍNA EN LA ALIMENTACIÓN DEL VACUNO DE LECHE

La situación actual y tendencias del sector de la leche en Europa propicia el aumento de la producción en las explotaciones lecheras, que lleva asociado una tendencia a la reducción en el número de cabezas y un mayor rendimiento por vaca en ordeño. Esta tendencia afecta también a Galicia, donde, pese a la aplicación del sistema de cuotas lecheras, el rendimiento medio ha pasado de 6000 kg/vaca en 1991 a 8000 kg/vaca en 2004. En particular, los datos de control lechero muestran un incremento anual de 178 kg de leche por vaca y lactación normalizada (305 días), que se atribuye a una mejor calidad genética de las vacas, a mejores raciones y un mejor manejo del ganado. En lo que refiere a la alimentación del ganado en Galicia, la compra de alimentos suponen más del 50% de los gastos corrientes de las explotaciones lecheras, con una utilización del concentrado de 0,37 kg por litro de leche producido, que se considera alta para rendimientos señalados (Barbeyto y López, 2008). Esto apunta a una deficiente utilización de los forrajes producidos en las explotaciones gallegas y a una posible baja eficiencia del uso de los concentrados, que al final repercute en la menor producción de animales con alto potencial genético.

Aporte de proteína a la vaca

Uno de los aspectos más importantes de la investigación en la nutrición de rumiantes es la utilización de la proteína del alimento. Una correcta utilización de ésta en la ración supone un alto rendimiento productivo de los animales y un buen mantenimiento de las funciones reproductivas y de la condición sanitaria del animal. Esto al final se traduce en importantes ahorros en el sector gracias a una mayor reducción de los costes de producción a los ganaderos y a una mejora en la calidad de los productos de los fabricantes de alimentos para el ganado.

El suministro de proteína en la ración ha de ser tal que cubra las necesidades productivas y de mantenimiento del animal. Sin embargo, la eficacia en la utilización de esta proteína va a depender de las características de esta proteína (composición en aminoácidos y degradabilidad de la proteína en rumen) y así como de otros componentes de la dieta entre los que destaca la energía.

El objetivo de una correcta alimentación consiste en el suministro de suficiente proteína digestible al intestino para cubrir las necesidades del animal. Esta tiene dos orígenes: 1)

proteína del alimento y que no fue degradada en el rumen, y 2) proteína sintetizada por los microorganismos residentes en el rumen.

Por lo general, el uso de fuentes de proteína poco degradable en el rumen permite mayores incrementos de producción en vacas de alto potencial, pero suele ser bastante costoso económicamente. Por lo tanto el objetivo de las investigaciones recientes está en la búsqueda de maximizar la proteína de origen microbiano.

Aporte de energía a la vaca

La síntesis de proteína microbiana depende del suministro de nitrógeno y energía fermentable en el rumen, así como de la simultaneidad del aporte de ambas fuentes. Las principales fuentes de energía disponible para los microorganismos del rumen son los carbohidratos, clasificados en estructurales y no estructurales.

El contenido en carbohidratos estructurales es estimado a través del análisis de la Fibra Neutro Detergente (FND) y supone una fuente de energía de degradabilidad lenta o no degradable. Los carbohidratos no estructurales (CNE) o solubles, presentan una alta velocidad de degradabilidad en rumen, que varía con el origen y el tratamiento de la fuente de CNE. Los CNE más importantes en la nutrición de rumiantes son el almidón, con diferentes degradabilidades, los azúcares y las pectinas. Herrera-Saldana *et al.* (1990) encontraron degradabilidades del almidón del 87, 88, 78, 54 y 38% para granos de avena, trigo, cebada, maíz y mijo, respectivamente.

Degradabilidad de la proteína

Otro aspecto relacionado con la síntesis de proteína microbiana es la degradabilidad de la proteína en el rumen. La mayoría de los forrajes presentan unos niveles de degradabilidad superior al 70% dependiendo del estado fisiológico y del tratamiento que han sufrido. Hoffman *et al.* (1993) han encontrado niveles de degradabilidad de la proteína bruta (PB) en pastos que van desde el 80% en los meses de primavera a menos del 70% durante el verano. En silos los niveles de degradabilidad de la PB encontrados (INRA, 1988) varía del 70 al 78% dependiendo de la especie y estado de madurez de la hierba y del estado de conservación.

Entre los concentrados, los niveles de degradabilidad de la PB varían extraordinariamente (Shaver *et al.*, 1992), encontrándose valores del 70% en el gluten al 30% en algunas harinas de pescado.

Por lo tanto parece necesario evaluar el equilibrio energía-PB en las raciones de rumiantes. Un exceso de energía fermentable en rumen de la ración suele estar asociado a una bajada en el porcentaje de grasa en leche y, en casos extremos, a cuadros clínicos como acidosis o desplazamientos de abomaso. Por otra parte el uso de un exceso de proteína en

la ración está relacionado con caídas del porcentaje de concepción en vacas, asociados una a reducción en la eficacia del sistema inmunológico (Staples *et al.*, 1992). Aunque en principio la principal consecuencia es la reducción en la eficacia de la utilización de estos nutrientes.

El suministro de nitrógeno degradable en rumen es necesario para sostener el crecimiento de los microorganismos del rumen. Sin embargo Clark *et al.* (1992) consideran que el flujo de proteína microbiana al intestino está muy correlacionado con el suministro de materia orgánica digestible en rumen cuando las concentraciones de nitrógeno amoniacal en el rumen superan los 5 mg/dl.

La influencia de la relación entre proteína degradable y CNE ya ha sido mencionada por diversos autores (Polan, 1992; Shaver *et al.*, 1992). En concreto, estos autores consideran que el óptimo suministro de CNE está entre el 35 y el 40% de materia seca de la ración. Además, Polan (1992) considera que la relación óptima entre proteína degradable en rumen y CNE está por debajo de 2,6. Por otra parte se ha encontrado que el suministro de CNE en la ración incrementa el porcentaje de proteína en leche (Bachman, 1992).

Sobre la importancia de esta relación entre carbohidratos y proteína se ha desarrollado el sistema CNCPS de la unidad de Cornell (Fox *et al.*, 1992) que establece las necesidades de las vacas lecheras para ambos nutrientes.

TRABAJOS REALIZADOS SOBRE LA UREA EN VACUNO DE LECHE

¿Como aparece la urea en la leche?

La urea es un producto del metabolismo de las proteínas que la vaca utiliza para su mantenimiento y producción. Su origen es doble, por un lado procede del alimento consumido por la vaca, y por otro es un producto intermedio del metabolismo de la propia vaca. Podemos ver en la Figura 1 un esquema de los procesos que sufre la proteína del alimento en el cuerpo de un rumiante y su conversión en la urea que podemos medir en la leche.

La proteína del alimento consumido por el animal llega al rumen, donde parte es degradada por los microorganismos simbióticos y como resultado de su acción se produce amoníaco. Este amoníaco puede ser empleado para sintetizar nueva proteína por los microorganismos del rumen si disponen de energía suficiente.

Se debe resaltar que los microorganismos ruminales no pueden sintetizar proteína de cualquier fuente de energía si no que deben disponer de carbohidratos como el almidón o azúcares simples. Las grasas y aceites como las de girasol o soja, pese a contener mucha energía, no servirían para sintetizar proteína. La proteína del alimento que no se degrada

y la sintetizada por los microorganismos pasa al intestino donde será absorbida tras ser degradada en forma de aminoácidos.

Pero el amoníaco que no es utilizado en el rumen es absorbido por las paredes de este órgano y pasa a la sangre que lo transporta al hígado. Este lo convierte en urea, que es menos tóxica que el amoníaco, y lo devuelve a la sangre. Parte de esta urea regresa al rumen donde es reciclada y puede ser utilizada de nuevo en la síntesis de proteína microbiana, otra va a los riñones donde se excreta a través de la orina. Finalmente una parte pasa a la leche y es la urea que medimos.

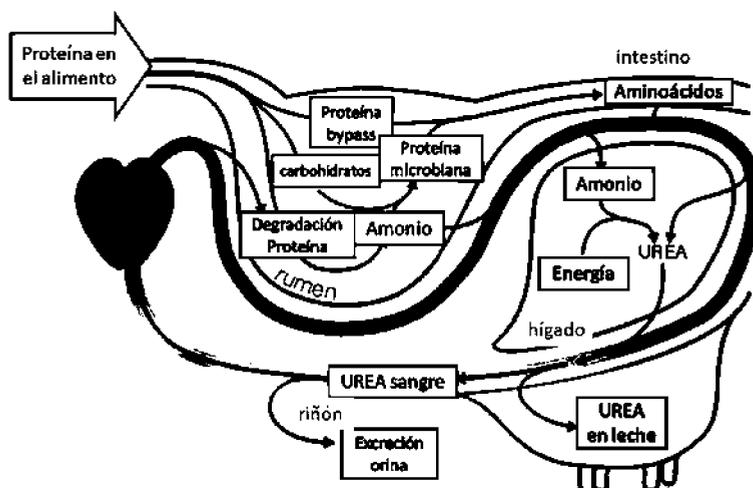


FIGURA 1

Metabolismo de la urea en una vaca lechera.

Dairy cow urea metabolism.

Del anterior resumen se desprende que uno de los indicadores que muestran mayor interés para la determinación de una óptima utilización de la PB en las raciones para vacas lecheras es el contenido de urea en leche.

Los trabajos sobre el contenido de urea en leche son muy recientes en comparación con otros como la grasa o la proteína de la leche, pero han tenido una gran relevancia en los últimos años. En la literatura consultada se puede medir como MUN (milk urea nitrogen) que representa el valor de nitrógeno ureico en leche medido en mg de N/ml de leche. En Galicia los datos de urea se dan en mg de urea por litro de leche por lo que el factor de conversión es:

$$\text{Urea en leche (mg/l)} = 10 \times (60/28) \times \text{MUN}$$

Relación entre el contenido de urea y la producción de leche

El contenido de urea en sangre (BUN = blood urea nitrogen) está correlacionado con el nivel de urea en leche (MUN) y a su vez con la ingestión de PB (proteína bruta) en la ración (Staples *et al.*, 1992). Broderick (1995) encontró que el MUN presentaba una alta correlación con el BUN y con la relación PB/NEL (energía neta de lactación) de la ración. Además observó que el MUN podía explicar un 55% de la variación en la eficiencia de la utilización del nitrógeno en las raciones de vacas lecheras. Broderick y Clayton (1997) obtuvieron las ecuaciones que muestra la Tabla 1, en un trabajo en el que se analizaron los datos individuales de 486 vacas alimentadas con 106 dietas. En el mismo sentido, Nousiainen *et al.* (2004), a partir de varios ensayos realizados en Finlandia y Suecia, encontraron que la proteína bruta (PB) de la dieta era mejor predictor del MUN ((MUN (mg/dl) = $-14,2 + 0,17 \text{ PB (g/kg MS)}$, $R^2 = 0,778$)) que otros factores como el exceso de PB o la relación PB/EM (energía metabolizable).

Buttler *et al.* (1995) obtuvieron que el mejor modelo para predecir variación de MUN en rebaños comerciales en EEUU tenía en cuenta el nivel de producción de leche, la degradabilidad de la proteína de la dieta y la relación proteína soluble/CNE.

Wattiaux *et al.* (2005) analizaron la relación entre distintos factores (número de lactaciones, nivel de producción, frecuencia de ordeño y estación del año) de los rebaños en control lechero en los EEUU. y el contenido de urea en leche. Encontraron que el contenido de urea en leche aumentaba con la producción de leche en vacas 'Holstein' múltiparas pero no en las primíparas. También mostraron diferencias entre tomar la muestra por la mañana o por la tarde, entre las distintas estaciones del año (más alto en verano e invierno) y entre razas (mayor en 'Jersey' y 'Pardo suiza' que en 'Holstein'). Por otra parte no encontraron una influencia significativa del número diario de ordeños (2 ó 3). En vacas múltiparas el contenido de urea en leche incrementaba desde los 5 hasta los 59 kg/d de leche, pero disminuía a partir de los 60 kg/d de leche.

También se ha analizado la relación entre MUN y otras variables productivas de los datos del control lechero del oeste de los EEUU. (Jonson y Young, 2003). En primer lugar se encontró que el contenido medio en MUN en vacas 'Holstein' (333 mg urea/kg leche) fue más alto que en vacas 'Jersey' (303 mg urea/kg leche). El contenido de MUN a lo largo del periodo de lactación sigue una distribución similar a la de la curva de lactación, más alto en el pico de lactación (350 mg urea/kg leche) que sucede entre los 91 y 120 días. En vacas 'Holstein' se observó que el MUN fue más alto en la segunda lactación que en la primera y esta, a su vez, mayor que en tercera y siguientes. Se encontró también una relación inversa entre los contenidos de grasa, proteína, y recuento de células somáticas con el nivel de MUN.

TABLA 1

Relación entre el MUN y algunos factores de la dieta (Broderick y Clayton, 1997).

Relationship between MUN and some factors of the diet.

Factor	Ecuación	R2
PB	0,269 MUN + 13,7 (1)	0,839
PB/nNEL	1,79 MUN + 84,4	0,833
PB/dNEL	2,59 MUN + 85,3	0,878
N eficacia	-0,004 MUN + 0,309	0,626
Exceso de N consumido	11,0 MUN + 313	0,772
NH3 Ruminal	0,686 MUN + 6,43	0,574

(PB=proteína bruta, N= Nitrógeno, MUN= nitrógeno ureico en leche, nNEL =energía neta de lactación)

Relación entre el contenido de urea en leche y la reproducción del rebaño.

Uno de los aspectos que se ha considerado de especial interés en la utilización del diagnóstico de la urea es la incidencia en la reproducción animal. Godden *et al.* (2001) señalan la hipótesis del efecto de un alto contenido de urea o amonio en sangre sobre la fertilidad, ya que podría deteriorar el ambiente uterino y perjudicar el proceso de fecundación o el desarrollo inicial del embrión. Butler *et al.* (1995) observaron que el porcentaje de gestaciones se reducía un 20% en vacas con un MUN > 19 mg/dl (407 mg/l de urea en leche).

En contraste, Godden *et al.* (2001), utilizando datos del control lechero en 60 rebaños de Ontario (Canadá), no encontraron ninguna relación entre urea en leche y porcentaje de gestación, cuando la inseminación se realizaba en los 45 días previos a la toma de muestra del nivel de urea en leche. Si se hacía en los 45 días siguientes, encontraron que la probabilidad de gestación era inferior en los niveles intermedios de urea que en los niveles extremos (por debajo de 270 o por encima de 389 mg/l). En cualquier caso, cuando el análisis se hizo por grupos (agrupaciones basadas en la producción, estado de lactación o estado reproductivo), no encontraron efectos significativos entre el contenido de urea y la probabilidad de concepción.

En un estudio posterior, utilizando datos del control lechero de Pensilvania (EEUU), Guo *et al.* (2004) analizaron el efecto de la urea y otros factores en la probabilidad de concepción en rebaños de leche y encontraron que, en el mismo rebaño, un incremento de 10 mg/dl de MUN (unos 200 mg/l de urea) suponía una reducción de entre un 2-4% de porcentaje de gestaciones en el primer servicio. Sin embargo no encontraron estos efectos significativos entre rebaños.

Como se puede ver, los estudios realizados hasta el momento arrojan resultados muy dispares en cuanto al efecto de nivel de urea en la reproducción y los últimos estudios parecen indicar que utilizar este parámetro para predecir los efectos reproductivos debería estar limitado a comparar datos dentro del rebaño y no entre rebaños.

La urea en la leche y su relación con el medio ambiente

El diagnóstico de la urea en leche puede ser utilizado también como un parámetro que sirve para medir la eficacia de la utilización del nitrógeno y, por lo tanto, como una forma también de controlar los efectos medioambientales del uso del nitrógeno en las explotaciones. Khon *et al.* (2005) encontraron un alta correlación entre el contenido de nitrógeno en sangre y la excreción de nitrógeno en orina y heces. Para el vacuno se establece la relación:

$$UN \text{ (g/día)} = 1,3 * BUN \text{ (g/l)} * PV \text{ (kg)}$$

Donde UN es el nitrógeno en la orina, BUN es el nitrógeno ureico en sangre y PV es el peso vivo del animal. El coeficiente 1,3 representa la razón de conversión del nitrógeno ureico en sangre a nitrógeno ureico en orina que efectúan los riñones.

Por otra parte, Kauffman y St-Pierre (2001) propusieron una ecuación similar para estimar UN en función de MUN:

$$UN \text{ (g/día)} = 0,0259 * MUN \text{ (mg/dl)} * PV \text{ (kg)}$$

Esta ecuación se transformaría en la siguiente cuando simplemente se pretende estimar la cantidad de Nitrógeno excretado en la orina a partir del contenido de urea en la leche:

$$UN \text{ (g/día)} = 0,00121 * \text{Urea en leche (mg/l)} * PV \text{ (kg)}$$

A partir de estos datos se resalta el efecto de un exceso de proteína en la ración. De esta ecuación se deduce que una vaca de 600 kg de peso, con un contenido en urea en leche medio de 275 mg/l produce casi 200 g de urea en la orina, lo que equivale a 72,8 kg de N al año.

MATERIALES Y MÉTODOS

En 1996 se estableció un convenio de colaboración entre el LIGAL, el CIAM y el Servicio de Control Lechero. Uno de los principales aspectos que se consideraron fue conocer el contenido en urea en leche en vacas de explotaciones comerciales gallegas.

El objetivo era verificar la validez de la determinación de la urea en leche como un posible indicador de una adecuada nutrición del ganado.

Para ello se realizaban una serie de controles en granja, muestras de leche, forrajes, pasto, etc. y de parámetros del rebaño, número de vacas, raciones, nivel productivo, etc.

para determinar los principales factores que afectan los niveles de urea en leche en vacas a nivel individual y de tanque.

Durante cuatro años se realizaron visitas y controles mensuales de leche de 17 explotaciones gallegas con un tamaño de rebaño que osciló entre 19 y 193 vacas en ordeño. Contábamos con los análisis de las granjas colaboradoras realizados en el LIGAL y en Control lechero. Se pudo disponer de datos de las raciones de 14 explotaciones a las que se hicieron además visitas trimestrales, principalmente desde abril de 1998 hasta mayo de 1999. El número total de vacas controladas fue de 1445 todas de la raza 'Frisona-Holstein'.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2a tenemos los datos medios de las variables medidas en los controles realizados en el período de estudio. Apreciamos que el número medio de lactaciones fue de 2,82 relativamente bajo e indica una necesidad importante de reposiciones, aunque se han encontrado vacas que llegaban a las 11 lactaciones. El porcentaje de vacas primíparas fue del 29,3% que es bastante alto. La producción media por vaca fue de 26,5 kg/día con un 3,85% de grasa y un 3,26% de proteína. Los datos son representativos de las explotaciones intensivas gallegas.

TABLA 2a

Composición media de 6243 muestras de leche de explotaciones donde se monitorizó el contenido de urea en 1998 y 1999.

Mean composition of 6243 milk samples where also urea content was controlled in 1998 and 1999.

Variable	Media	De	CV	Mínimo	Máximo
Número de lactaciones	2,82	1,9	67,4%	1	11
kg de leche/vaca y día	26,5	9,4	35,5%	5	66
% grasa	3,85	0,86	22,3%	1,5	6
% proteína	3,26	0,38	11,7%	2	5
Urea (mg/l)	275	86	31,3%	10	908
RCS (miles/ml)	283	687	242,8%	0	9365
Días de lactación	187	103	55,1%	19	491

(De = Desviación estándar, CV= Coeficiente de variación, RCS = recuento de células somáticas.)

El valor medio del recuento de células somáticas fue de 283 mil células/ml, el porcentaje de controles que superaron el valor de 400 mil células/ml (límite a partir del cual se considera que el riesgo de mastitis es alto) fue del 15,2%, aunque la mayoría pertenecía a vacas repetidoras. De hecho, cuando se analizaron los controles de cada animal se verificó que solo 266 vacas superaron alguna vez el límite de 400 mil células/ml (18,4% de las vacas con controles) y de ellas, lo superaron 3 o más veces el 73,7 % y más de una vez el 84,2%.

De los datos del coeficiente de correlación lineal (Tabla 2b) se aprecia que el contenido de la urea en leche incrementa con la producción diaria de leche y más débilmente con el contenido de proteína en leche y se reduce con el nivel de células somáticas y el número de lactación. Sin embargo, estos datos solo indican si la relación entre las variables es lineal o no. Por lo tanto, es interesante acudir a los gráficos para ver como se comportan estas variables.

TABLA 2b

Coefficientes de correlación lineal entre los parámetros obtenidos en los análisis de leche en las explotaciones.

*Lineal correlation coefficients between quality parameters of milk * $p < 0.05$.*

	kg	Grasa	PB	Urea	RCS	Días
NL	0,09*	-0,06*	-0,06*	-0,06*	0,15*	-0,04*
kg		-0,31*	-0,50*	0,19*	-0,03	-0,57*
Grasa			0,33*	-0,02	0,01	0,20*
PB				0,06*	0,08*	0,53*
Urea					-0,25*	0,01
RCS						-0,004

(kg = producción de leche por vaca y día, NL = Número de lactaciones, RCS=recuento células somáticas)

En la Figura 2 se observa el valor de la producción media semanal a lo largo del período de lactación de las vacas de las explotaciones analizadas. Sigue una curva de lactación típica en que la producción aumenta hasta un máximo a las 8 – 15 semanas y posteriormente se reduce a un ritmo de unos 0,5 kg semanales.

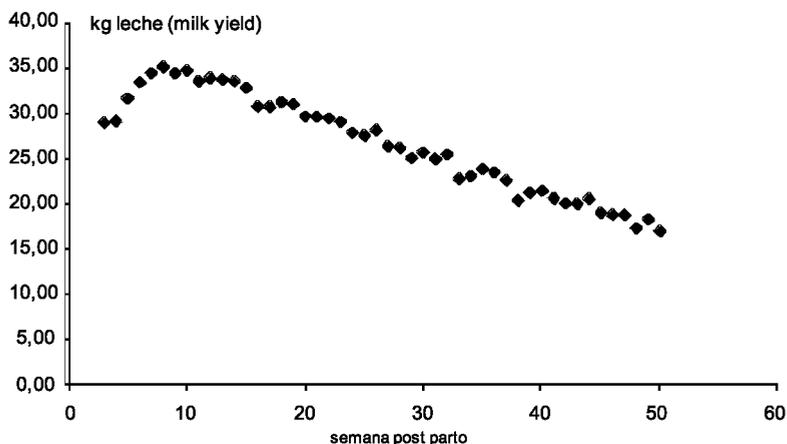


FIGURA 2

Producción diaria media de leche (kg/día) en las explotaciones estudiadas.

Daily milk yield (kg/day) in controlled farms.

En la Figura 3 se aprecia la variación del contenido de grasa en leche según estado de lactación del animal. La medida semanal sigue un comportamiento inverso al de la producción. La grasa en leche disminuye del 4,0% al 3,4% entre las semanas 9 y 19 y después aumenta hasta el 4,4% al final de la lactación. Otro aspecto a considerar es la importante variación del contenido en grasa de una semana a otra, que indica que hay otras causas, además del estado de lactación, que influyen en la grasa en leche como son la alimentación y la genética de los animales.

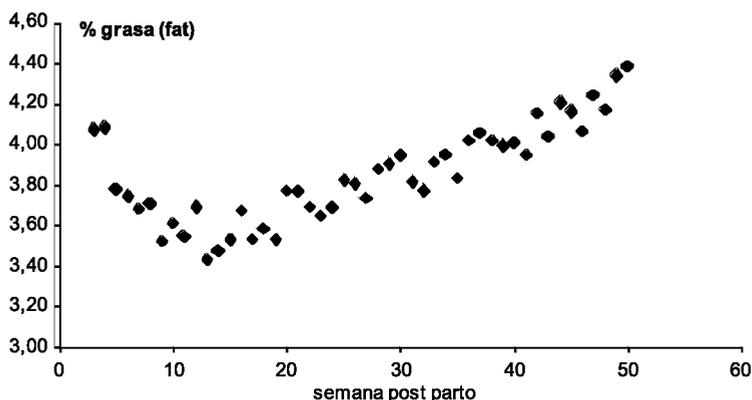


FIGURA 3

Porcentaje semanal medio de grasa de la leche de las explotaciones estudiadas.

Butterfat content (%) in the dairy farms studied.

La curva del porcentaje de proteína medio semanal de la leche producida en las vacas de las explotaciones estudiadas puede verse en la Figura 4, muestra un patrón de variación según el estado de lactación, que también es inverso a la curva de lactación y paralelo a la curva de producción de grasa. El porcentaje de proteína desciende mucho más bruscamente hasta la semana 8–10 donde alcanza un mínimo 2,9% y después aumenta linealmente hasta el final de la lactación a un 3,5%. Por otra parte existe una menor variabilidad entre semanas del porcentaje de proteína que el de grasa, lo que (¿indica?) un menor margen de manipulación.

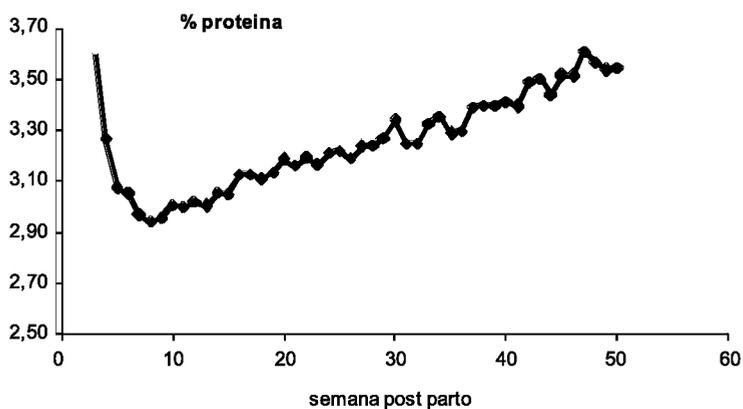


FIGURA 4

Porcentaje semanal medio de proteína de leche de las explotaciones estudiadas.

Mean of crude protein per week in the surveyed farms.

Otro parámetro de interés analizado en este estudio fue el recuento de células somáticas (RCS). En la Figura 5 vemos que el valor medio semanal del logaritmo del RCS (un valor que se utiliza también para determinar el estado sanitario de las ubres del animal y del riesgo de mastitis), sigue una distribución inversa a la curva de lactación, con un mínimo de 1,8 entre las semanas 7 y 15 que se incrementa casi linealmente hasta un valor de 2,2 en el período de lactación.

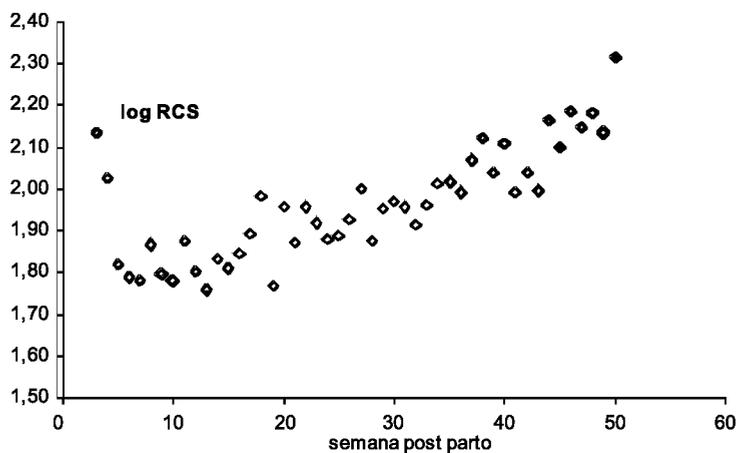


FIGURA 5

Valor semanal medio de logaritmo del recuento de células somáticas (log RCS) en leche de las explotaciones estudiadas.

Logarithm of cell count (log RCS) on milk as weekly mean.

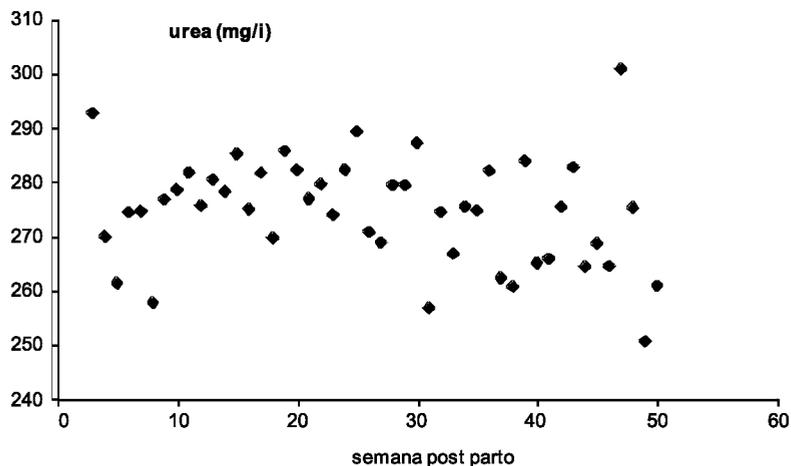


FIGURA 6

Contenido semanal medio de urea en leche (mg/l) de las explotaciones estudiadas.

Weekly average milk urea content (mg/l) in the surveyed dairy farms.

Finalmente, la Figura 6 recoge la distribución del contenido en urea en leche. Durante la lactación hay una gran dispersión de los valores, aunque parecen mostrar una tendencia a ser más altos en la primera mitad de la lactación. Sin embargo, se constata que el estado de lactación tiene una influencia muy baja en el nivel de urea comparado con los otros parámetros de la composición de la leche, lo que indica que la lactación no es el factor más determinante.

La Figura 7 muestra la variación mensual del nivel de urea en vacas clasificadas por su producción diaria: nivel alto (>35 kg/día), medio (30-20 kg/día) o bajo (< 20 kg/día). La urea en leche es mayor según aumenta la producción de la vaca, con los niveles más bajos en Junio y los más altos en octubre, diciembre y enero. Estas diferencias de urea fueron significativas, tanto en función de la época del año, como en función del nivel de producción animal. La variación mensual afectó a todos los grupos de producción en el mismo sentido, con excepción de los meses de febrero y marzo. No se observaron diferencias significativas del nivel de urea entre novillas y vacas adultas.

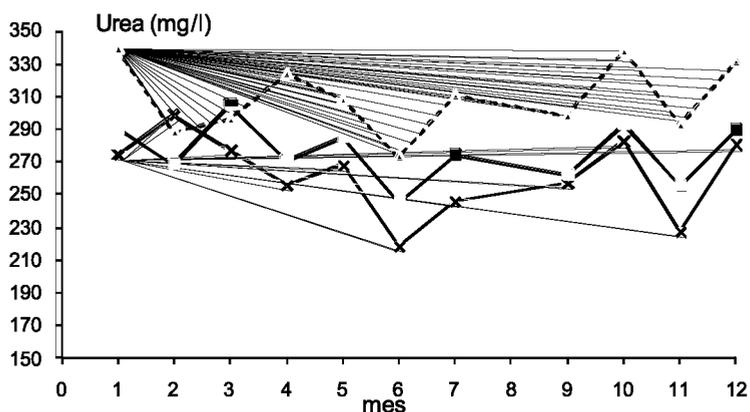


FIGURA 7

Contenido de urea en leche de enero (1) a diciembre (12) entre 1998 y 1999, para 3 niveles de producción de leche: alto (triángulos) >35 kg/día; medio (cuadrados): 35-20 kg/día y bajo (cruz) <20kg/día.

Milk urea from January (1) to December (12) fro 3 levels of milk yield: high (triangle) >35; medium (squares): 35-20 and low (cross) >20 kg/day.

Composición de las raciones de las explotaciones en control

Del total de explotaciones comerciales controladas, en 14 de ellas se analizaron las 54 raciones utilizadas y se tomaron los datos productivos del rebaño en visitas trimestrales a cada explotación durante el período de control de la alimentación. Se consignaba la

composición de las raciones y en el caso de forrajes en oferta se determinó su composición nutritiva según los datos analíticos proporcionados por el LIGAL al ganadero, o mediante muestras analizadas en el Laboratorio Agrario y Fitopatológico de Galicia. Los resultados se recogieron en la Tabla 2 y la composición media de las raciones figura en la Tabla 3.

El número de vacas en control lechero de las explotaciones osciló entre 27 y 190 para estas granjas seleccionadas. El número de controles por explotación osciló entre 1 y 6 lo que supone un período controlado entre 3 y 18 meses. La distribución de la urea en función de producción de leche se muestra en la figura 8.

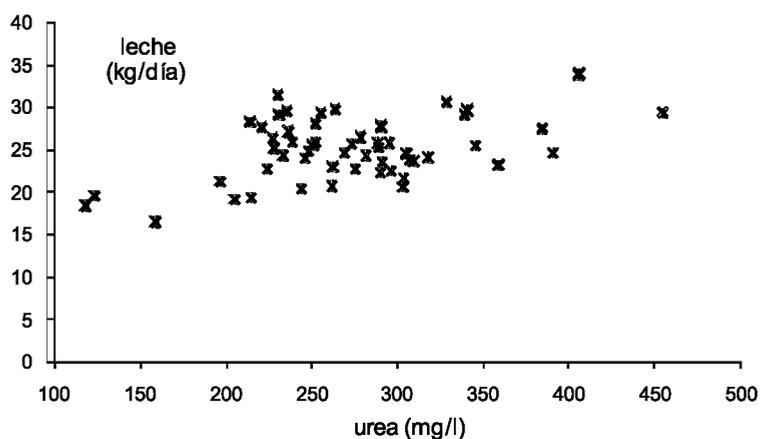


FIGURA 8

Relación entre la producción diaria media de leche (kg/día) y su contenido en urea (mg/l) en las explotaciones estudiadas.

Relationship between milk yield (kg/day) and urea content (mg/l) in the surveyed farms.

El sistema de alimentación mayoritario en las explotaciones consistía en suministrar sin mezclar el forraje y el concentrado, éste calculado en función de la producción por vaca. La ración base tenía hasta los 20-25 kg/vaca y día con un mínimo de concentrado que se incrementaba en 1 kg de concentrado por cada 2,0-2,5 kg/vaca y día de leche producido. Sólo en un caso, la alimentación era en ración completa (Unifeed = mezcla del forraje con el concentrado) y en 5 explotaciones se utilizaba el pastoreo en la época en que había pasto disponible.

TABLA 3

Composición media de las raciones analizadas de un total de 14 explotaciones gallegas.

Mean ration composition of 14 surveyed farms.

Variable	Ud.	Media	D. Estándar	Mínimo	Máximo
NEL	Mcal/kg MS	1,57	0,09	1,39	1,78
PB	%MS	14,93	1,39	11,5	17,15
CNE	%	35,38	3,58	25,08	40,55
SS	%	42,61	7,75	27	59
EE	%	3,32	0,58	2,08	4,46
Degr.	%	67,16	2,24	63	71
AIDP	%	3,92	0,27	3	4
FND	%	39,34	4,16	32,8	50,73
FAD	%	24,06	2,73	18,98	30,15
Ca	%	0,81	0,19	0,46	1,13
P	%	0,48	0,13	0,33	0,91

(NEL =energía neta de lactación, PB=proteína bruta, CNE= carbohidratos no estructurales, SS= Sustancia seca, EE= extracto etéreo, Degr.= degradabilidad, FND= fibra neutro detergente, FAD= fibra ácido detergente, P= fósforo)

Es importante destacar que el contenido medio en energía neta de lactación (NEL) estimado es de 1,57 Mcal/kg MS, el de PB de 14,94%, el de carbohidratos no estructurales (CNE) del 35,38%, el de fibra ácido detergente (FAD) del 24,06% y el de FND un 39,34%, lo que indica que las raciones promedio están muy equilibradas para la producción de leche, con las composición que se muestra en la Tabla 4. No se observaron valores extremos inadecuados, aunque en algún caso, se llega a valores ligeramente inferiores a los límites recomendados (FAD menor del 19%).

TABLA 4

Composición media de 3178 muestras de leche tomadas en las explotaciones en las que se controló la alimentación.

Mean composition of 3178 milk samples from controlled farms.

Variable	Ud.	media	D. estándar	Mínimo	Máximo
Leche/vaca/día	kg	26,64	9,25	6	61
Grasa	% MS	3,80	0,88	1,51	6,00
PB	% MS	3,22	0,40	2,00	5,00
RCS	un.	289	697	0	8530
Urea	mg/l	271	90	1	704
Días en leche		184	101	19	473

(PB=proteína bruta, RCS =recuento células somáticas.)

Los valores medios de los datos registrados en las explotaciones del programa de control lechero, expuestos en la Tabla 4, son, por otro lado, muy similares a los de la Tabla 2, que recoge la media de 6243 observaciones de un mayor número de explotaciones.

TABLA 5

Parámetros calculados en las explotaciones con control de alimentación.

Calculated parameters from controlled farms.

Parámetro	Comentario	Ud.	media	Desv. estándar	mínimo	máximo
IMS	Ingestión de MS	kg/vaca/día	20,6	2,9	10,7	32,5
PBI	PB ingerida	kg/vaca/día	3,04	0,51	1,54	4,76
EP	Relación PB/ ENL	g PB/Mcal	92,3	7,4	76,2	109,9
EFPB	Eficacia de la proteína ingerida		0,27	0,07	0,10	0,60
EPB	PB calculada de MUN (1)	%MS	17,11	1,13	13,71	22,54

(IMS = ingestión de MS calculada según NRC, PBI = PB ingerida, EP = relación energía-proteína: PB (en gramos)/ENL, EFPB=kg proteína de leche diaria/PBI, EPB = Eficiencia de la proteína (ecuación 1 en Tabla 1))

En la tabla 5 se muestra los datos calculados a partir de la información de las raciones suministradas y de los datos de lactación. Para ingestión de materia seca (IMS) se usaron los datos de producción utilizando la ecuación de NRC (2001) a partir de la producción leche diaria corregida en grasa, del número de días en lactación y para un peso vivo de 600 kg. El valor medio fue de 20,6 kg de MS/día, con una oscilación entre 10,7 y 32,5 kg MS/ día. La PB ingerida diaria se estimó a partir del contenido en PB de la ración y de la IMS, resultando un valor medio de 3,04 kg/día, entre 1,54 y 4,76 kg/día. La relación entre PB y energía neta de lactación (ENL) se estimó a partir del contenido calculado de PB en gramos y de la ENL de la ración, su valor medio fue de 92,3 gr PB/Mcal, algo inferior al valor óptimo de 100 señalado por Broderick y Clayton (1997), con valores entre 76,2 y 109,9. También se calculó la eficiencia de la utilización de la PB como el cociente entre la producción de proteína en leche y la PB ingerida diaria, dando un valor medio de 0,27 pero con grandes oscilaciones entre 0,10 y 0,60.

El contenido en PB de la ración se estimó también por cálculo a partir de la ecuación (1) de la Tabla 2, estimada por Broderick y Clayton (1997), alcanzando un valor medio de 17,11%, superior al calculado a partir de los datos de las raciones, que fue del 14,93%, y con oscilaciones entre 13,71 y 22,54%.

Con los datos anteriores se encontraron relaciones entre el contenido en urea en leche de las explotaciones y la composición de la ración por control previo para cada periodo trimestral. Para ello se utilizó un procedimiento estadístico, denominado selección retroactiva, que permite estimar la ecuación de regresión incluyendo los elementos más significativos. Las variables analizadas fueron: la producción diaria de leche, el contenido de proteína en leche, el contenido en ENL, PB y CNE de la ración, la degradabilidad de la PB y la relación proteína-energía de la ración, el IMS y la ingestión de PB diaria, así como los cuadrados de la PB, CNE y la relación proteína-energía de la ración. La ecuación obtenida fue la siguiente:

$$\text{Urea en leche} = 408,64 - 4,65 \text{ CNE} - 3,93 \text{ EP} + 133,85 \text{ PBI}$$

Siendo CNE el contenido en carbohidratos no estructurales o fibrosos de la ración (%), EP la relación proteína-energía de la ración (gr/Mcal) y PBI la ingestión de PB diaria (kg/día). Todos los términos fueron significativos para un $p < 0,1$ y un bajo coeficiente de determinación (R^2) de 0,31, al tratarse de datos muy heterogéneos.

Del valor de los coeficientes de cada término se puede deducir que, de acuerdo con lo esperado, el contenido en CNE de la ración reduce el contenido en urea en leche y que este aumenta con la ingestión de PB. La relación proteína-energía tiene un coeficiente negativo, en contra de lo que se podría esperar, ya que cuanto más alta es esta relación, más alto es el contenido en PB de la ración respecto al de energía, lo que debería suponer un mayor nivel de urea. Sin embargo, se debe considerar que el coeficiente obtenido para esta variable está relacionado con las otras dos variables porque el contenido en CNE está asociado al valor energético de la ración y la ingestión de PB con el contenido en proteína de la ración.

Utilizando la ecuación de Nousianen *et al.* (2004) para estimar la concentración de urea en leche a partir del contenido en PB de la ración sería de esperar un valor de 238 mg/l, que es inferior al valor obtenido. Este valor apunta en el mismo sentido que el valor de la PB estimado a partir de la ecuación de Broderick y Clayton (1997), que da valores de PB superiores a los estimados a partir de los controles de la ración. La diferencia se puede atribuir a que la ración consumida por los animales es diferente de la suministrada, debido a un posible efecto de selección de la dieta que favorece la ingestión de PB, al suministrar forraje y pienso de forma separada... Por otro lado, esta diferencia podría atribuirse también, en parte, a las propias limitaciones del procedimiento de cálculo de la composición de la ración a partir de la metodología de control de las raciones, que resulta muy complejo debido al sistema de alimentación predominantemente utilizado.

Merece una especial mención los resultados obtenidos del análisis de las raciones que utilizan pastoreo comparadas con las de sin pastoreo. La producción de leche y su porcentaje de proteína fueron superiores en las raciones de pastoreo, con un nivel de grasa inferior, pero con diferencias no significativas. El contenido en urea de las raciones de

pastoreo fue significativamente más alto que las de no pastoreo (321 frente a 260 mg/l). También fue más alta la PB con raciones en pastoreo que las de no pastoreo (15,5 frente a 14,7%), aunque no significativas. Sin embargo, la eficacia de utilización de la proteína fue prácticamente igual para ambas raciones (un 27% de eficiencia) que se puede atribuir a que el mayor consumo en PB de las raciones en pastoreo se compensa con la mayor de producción diaria de proteína de la leche.

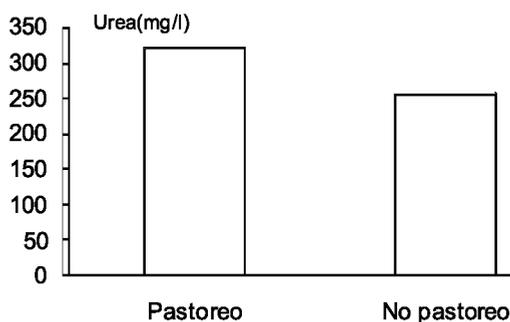


FIGURA 9

Resultados del contenido en urea en leche (mg/l) de raciones con pastoreo y sin pastoreo en explotaciones comerciales gallegas.

Milk urea content (mg/l) from rations with or without grazing in Galician commercial farms.

De los resultados obtenidos en este ensayo con explotaciones comerciales se puede resaltar la influencia tanto de los factores nutritivos como del nivel de producción y del estado de lactación del animal sobre el contenido de urea en leche. Los datos muestran que las raciones calculadas eran en general adecuadas para los niveles de producción obtenidos, de acuerdo a las recomendaciones vigentes sobre alimentación de rumiantes. Sin embargo, es posible que los sistemas de alimentación utilizados no permitan un buen control de la dieta consumida por los animales, por lo que existe un espacio para la mejora de la alimentación, si se utiliza el contenido de urea en leche como un indicador que permite el uso más eficiente de la proteína de la ración.

CONCLUSIÓN

Se concluye que el nivel de urea en leche es un buen indicador para el diagnóstico del correcto manejo de la alimentación del ganado de leche y, a su vez, una buena herramienta para corregir los desequilibrios entre la proteína y la energía de la dieta.

RECOMENDACIONES

Los estudios realizados en este trabajo, junto con los datos revisados en la bibliografía sobre el tema, han permitido establecer los niveles que se estiman adecuados para contenido de urea de leche en Galicia, que se recogen en la tabla recomendación siguiente (Tabla 6), de fácil aplicación en la práctica por ser el contenido en urea en leche un análisis de rutina que el Laboratorio Interprofesional Galego de Análisis de Leche ofrece hoy al ganadero gallego.

TABLA 6

Recomendaciones para la revisión de la ración alimenticia de ganado de leche en función del nivel de urea en leche.

Recommendations based on milk urea content to check dairy cows feed ration.

<i>Nivel de urea en leche (mg/l)</i>	BAJO <i>Menor de 150</i>	ACONSEJABLE <i>150 a 350¹</i>	ALTO <i>Mayor de 350¹</i>
Motivo	Excesiva Energía Falta de proteína Proteína muy indegradable	Ración equilibrada	Falta Energía Faltan carbohidratos Exceso de proteína Proteína muy degradable
Modo de actuar	Revisar la ración Reducir el uso de cereales Usar hierba verde o ensilada Reducir el silo de maíz o hierba seca. Se pueden usar alimentos con proteína degradable como Gluten feed o Torta de soja	Ración equilibrada	Revisar la ración Aumentar el uso de cereales Usar silo de maíz Reducir el contenido de proteína en la ración Bajar el uso de alimentos con proteína muy degradable

¹ En el caso de que la producción de leche sea inferior a 25 kg/vaca/día, la cifra de 350 debe reducirse a 250.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACHMAN, K. C., 1992. Managing milk composition. En: *Large dairy herd management*. Ed. H. H. VAN HORN, C. J. WILCOX. American Dairy Science Association. Champaign IL 61820 (EEUU).
- BARBEYTO F. LÓPEZ GARRIDO, C. 2008 "Resultados do programa de xestión de vacún de leite en Galiza en 2006" Xunta de Galicia –Consellería Medio Rural. Santiago de Compostela (España).
- BRODERICK, G. A., 1995. Use of milk urea as an indicator of nitrogen utilization in the lactating dairy cow. En: *1995 Research Summaries*. U.S. Dairy Forage Research Center. Madison WI (EEUU).
- BRODERICK, G. A.; CLAYTON. M.K., 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.*, **80**, 2964-2971.
- BUTLER, W.R.; CHERNEY, D.J.R.; ELROD, C.C., 1995. Milk urea nitrogen (MUN) analysis: Field trial results on conception rates and dietary inputs. *Proceedings of the Nutrition Conference for Feed Manufacturers*, 89. Cornell Nutrition Conference (EEUU).
- CLARK, J. H.; KLUSMEYER, T. H.; CAMERON, M. R., 1992. Microbial Protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **75**, 2304-2323.
- FOX, D. G.; SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; RUSSELL, J. B.; VAN SOEST, P. J., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets III: Cattle requirements and diet adequacy. *J. Anim. Sci.*, **70**, 3578.
- GODDEN, S. M.; KELTON, D.F.; LISSEMORE, K.D.; WALTON, J.S.; LESLIE, K.E.; LUMSDEN, 2001. Milk urea testing as a tool to monitor reproductive performance in Ontario dairy herds. *J. Dairy Sci.*, **84**, 1397-1406.
- GUO, K.; RUSSEK-COHEN, E.; VARNER, M.A.; KOHN, R.A., 2004. Effects of milk urea nitrogen and other factors on probability of conception of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **87** (6), 1878-1885.
- HERRERA-SALDANA, R. E.; HUBER, J. T.; POORE, M. H., 1990. Dry matter, crude protein and starch degradability of five cereal grains. *J. Dairy Sci.* **73**, 2453-2459.
- HOFFMAN, K.; MULLER, L. D.; FALES, S. L. HOLDEN, L. A., 1993. Quality evaluation and concentrate supplementation of rotational pasture grazed by lactating cows. *J. Dairy Sci.*, **76**, 2651-2663
- INRA, 1998. *Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid (España).
- JONSON, R.G.; 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.
- KAUFFMAN, A. J.; ST-PIERRE, N. R., 2001. The relationship of milk urea to urea nitrogen excretion in Holstein and Jersey Cows. *J. Dairy Sci.*, **84**, 2284-2294.
- KHON, R.A.; DINNEEN, M.M.; RUSSEK-COHEN, E., 2005. Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, horses, pigs and rats. *J. Anim. Sci.*, **83**, 879-888.
- NOUSIAINEN, J.,; SHINGFIELD, K. J.; HUHTANEN, P., 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. *J. Dairy Sci.*, **87**, 386-398.
- NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL), 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th revised edition. Natl. Acad. Sci.. Washington DC (EEUU).
- POLAN, C. E. 1992. Protein and amino acids for lactating cows. En: *Large dairy herd management*. Ed. H. H. VAN HORN, C. J. WILCOX. American Dairy Science Association. Champaign IL 61820 (EEUU).
- SHAVER, R.D.; BATAJOO, K.K.; S.J. SIEVERT, S.J.; WILLCOX, M.C., 1992. Nonfiber carbohydrate and protein for high producing dairy cows. En: *Advanced Nutrition Seminar for Feed Professionals*. Wisconsin Extension and Wisconsin Feed, Seed and Farm Supply Association. Wisconsin (EEUU).

- STAPLES, C. R.; THATCHER, W. W.; GARCIA-BOJALILL, C. M.; LUCY, M. C., 1992. Nutritional influences on reproductive function. En; *Large dairy herd management*. Ed. H. H. VAN HORN C. J. WILCOX. American Dairy Science Association. Champaign IL 61820 (EEUU).
- WATTIAUX, M. A.; NORDHEIN, E. V.; CRUMP, P., 2005. Statistical evaluation of factors and interactions affecting dairy herd improvement milk urea nitrogen in commercial midwest dairy herds. *J. Dairy Sci.* **88**, 3020-3035

ANIMAL NUTRITION AND MILK COMPOSITION IN GALICIAN DAIRY FARMS

SUMMARY

The milk urea content, easy to be determined in specialized laboratories, can be generalized as a diagnosis tool for dairy cows rationing in Galicia. The relationship among milk and blood urea levels and individual milk production and herd's reproduction were reviewed. An important aspect today the relationship of milk urea content with the environment. Urea milk content can be used to improve the efficiency of the N used by the animal, avoiding the excesses of this element in the diet of the cow and, consequently, environment pollution.

During four years, monthly visits were made to 17 dairy farms to control milk yields and quality, and feed rations in 14 of them, in stable and under grazing conditions, collecting data from a total of 1445 Frisian-Holstein cows. The information obtained in the farms was compared with information available in the literature.

It was concluded that milk urea content is a good indicator of the equilibrium between protein and energy content of the ration, and, consequently, a good tool to improve the feeding management of dairy herds.

Key words: Urea in milk, protein and energy, diagnosis of rations.