

NIVELES DE UREA LÁCTEA EN VACAS DE LA REGIÓN DEL BÍO-BÍO, CHILE

Urea milk contents in dairy cows of Bío-Bío Region, Chile

Carlos Pedraza G.¹* Alberto Mansilla M.² Fabio Merucci D.¹ Pablo Pinedo³,
Horacio Contreras C.³

ABSTRACT

This study was performed using a database of the Dairy Control Service of Bioleche Ltd., Los Angeles, Chile. The information was analyzed by a mathematical model that evaluated urea content as a dependent variable of the following factors: ordinal number of calvings, calving season, daily level of milk production, somatic cell count (RCS) and interactions between the mentioned factors. Urea content (mg 100 mL⁻¹) for cows of first and second or more calvings was 29.07a and 33.35b (p < 0.05), respectively. The calving season was significantly associated with mean urea values reaching 33.24a; 30.76b; 29.86b; and 30.97b (p < 0.05) in spring, summer, autumn and winter, respectively. Levels of protein less than 3.2 % and more than 3.2 % had mean values of 32.87a and 29.54b (p < 0.05), respectively. Averages were 33.47a, 31.43b, and 26.73c (p < 0.05) for daily levels of milk production between 0-15 L, between 15-25 L, and more than 25 L, respectively, and average values of 29.32a, 31.87b, and 32.43b (p < 0.05) corresponding to somatic cell count levels of less than 100,000, between 100,000 and 400,000, and more than 400,000, respectively. Significant interactions (p < 0.05) were found between the level of milk production and ordinal number of calving, and between the calving season and the level of milk production.

Key words: milk, urea, protein, somatic cell count, dairy cow.

RESUMEN

El presente estudio se realizó utilizando una base de datos del Servicio de Control Lechero de la empresa Bioleche Ltda., Los Ángeles, Chile. La información fue analizada mediante un modelo matemático que consideró como variable dependiente el nivel de urea en función de los factores: número ordinal de parto, época de parición, nivel de proteína de la leche, nivel de producción diaria de leche, recuento de células somáticas (RCS) y las interacciones entre los factores mencionados. El contenido de urea (mg 100 mL⁻¹) en vacas de primer y de segundo o más partos fue 29,07a y 33,35b (p < 0,05), respectivamente. La estación del año en que ocurrió el parto se asoció significativamente (p < 0,05) con los valores promedios de urea láctea, alcanzando a 33,24a; 30,76b; 29,86b; y 30,97b en las estaciones de partos de primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente. Valores medios de 32,87a, y 29,54b (p < 0,05) entre los niveles de proteína inferior a 3,2 % y superior a 3,2 %, respectivamente. Promedios de 33,47a, 31,43b y 26,73c (p < 0,05) en los niveles de producción diaria de leche entre 0-15 L, entre 15-25 L y más de 25 L, respectivamente, y valores medios de 29,32a, 31,87b, y 32,43b (p < 0,05) correspondientes a los niveles de recuento de células somáticas menores a 100.000, entre 100.000-400.000, y mayores a 400.000, respectivamente. Se encontraron interacciones significativas (p < 0,05) entre nivel productivo de leche y número ordinal del parto, y entre estación del parto y nivel productivo de leche.

Palabras clave: leche, proteína, urea, recuento de células somáticas, vacas lecheras.

¹ Universidad Mayor, Camino La Pirámide 5750, Huechuraba, Santiago, Chile. E-mail: carlos.pedraza@umayor.cl

*Autor para correspondencia.

² Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Casilla 1004, Santiago, Chile.

³ Bioleche Ltda., Casilla 29- D, Los Ángeles, Chile.

Recibido: 20 de julio de 2004. Aceptado: 7 de diciembre de 2004.

INTRODUCCIÓN

La determinación de urea en leche está asociada a los niveles de proteína y energía aportados en la dieta de vacas lecheras. Un exceso o una disminución de la urea láctea pueden indicar un desbalance nutricional en la proporción de proteína y energía de la dieta del rumiante.

En Chile, desde hace unos diez años a la fecha, se han comenzado a determinar mensualmente los valores de urea contenida en la leche, quedando registrado en los controles. El conocimiento de los valores promedios de urea en leche y los factores que los modifican en forma significativa, permitirían interpretar de mejor forma los manejos de alimentación otorgados a los animales en esa zona del país. Como ejemplo cabe señalar la práctica del pastoreo o soiling de praderas de leguminosas como la alfalfa (*Medicago sativa*), trébol rosado (*Trifolium pratense*) y otras mezclas forrajeras de uso frecuente, ya que en términos generales no existe mucha información publicada en el país, que permita disponer de los antecedentes necesarios para planificar y optimizar el uso de los forrajes altamente concentrados en proteína, especialmente en primavera.

El principal objetivo de este trabajo fue establecer los valores promedio de urea observados para las vacas de acuerdo a época de parición, número ordinal de parto, nivel productivo de leche, nivel de proteína en la leche y recuento de células somáticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó utilizando una base de datos de cuatro años elaborada por el Servicio de Control Lechero de la empresa Bioleche Ltda., la que fue sometida a análisis por profesionales de la Universidad Mayor y de la Universidad de Chile en Santiago, y de la Cooperativa Bioleche, en Los Ángeles, Chile. Los antecedentes corresponden a cuatro años de registros (1998-2001), que sirvieron de base para la elaboración de un modelo, que permitió su análisis y discusión.

Se trabajó con registros de 13.000 hembras, correspondientes a plantales de la zona; la raza predominante fue Holstein Friesian y cruzamientos con

otros tipos de Holstein presentes en la zona. Los análisis de leche se realizaron mensualmente en el Laboratorio de Control del Centro Regional de Investigación Carillanca, perteneciente al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Temuco, IX Región. El estudio se desarrolló con la finalidad de proporcionar información sobre los niveles de urea en leche y el efecto de diversos factores sobre las variaciones que experimenta este parámetro.

La información se analizó considerando un modelo de factores múltiples:

$$Y_{ijklm} = \mu + NOP_i + EP_j + NP_k + NPL_l + RCS_m + \text{Interacciones} + \epsilon_{ijklm}$$

donde: Y_{ijklm} = nivel de urea; μ = promedio general; NOP_i = número ordinal de parto ($i = 1$, vacas de primer parto; $i = 2$, vacas de segundo o más partos); EP_j = época de parición ($j = 1$, primavera; $j = 2$, verano; $j = 3$, otoño; $j = 4$, invierno); NP_k = nivel de proteína de la leche ($k = 1$, menor que 3,2%; $k = 2$, mayor que 3,2 %); NPL_l = nivel de producción diaria de leche ($l = 1$, entre 0-15 L; $l = 2$, entre 15 y 25 L; $l = 3$, más de 25 L); RCS_m = recuento de células somáticas por mL ($m = 1$, menor que 100.000; $m = 2$, entre 100.000 y 400.000; $m = 3$, mayor que 400.000); Interacciones = todas las interacciones dobles entre los factores mencionados; y ϵ_{ijklm} = error experimental.

Los datos se procesaron usando la opción de Modelos Lineales Generalizados del Sistema Estadístico MINITAB (Grima *et al.*, 2004), obteniendo la significancia de cada uno de los factores y sus interacciones y las pruebas de comparaciones múltiples Student-Newman-Keuls (Montgomery, 1991) para los promedios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del número ordinal de parto sobre la concentración de urea

El efecto del número ordinal del parto se puede observar en el Cuadro 1, donde las vacas de primer parto muestran menores ($p < 0,05$) niveles de urea que vacas de dos o más partos. Esta diferencia es de interés considerando que en su cálculo participan todas las observaciones, eliminando el modelo los efectos de los otros factores considerados en el estudio.

Cuadro 1. Efecto del número ordinal de parto, estación del parto, contenido de proteína láctea, nivel de producción y recuento de células somáticas (RCS) sobre la concentración de urea en leche.

Table 1. Effect of ordinal calving number, season of calving, milk protein content, level of production and somatic cell count (RCS) on urea concentration in milk.

	Urea (mg 100 mL ⁻¹)	Desviación estándar
Número ordinal de parto		
Vaca 1 ^{er} parto	29,07 a	0,6387
Vacas de 2 ^o o más partos	33,35 b	0,4003
Estación del parto		
Primavera	33,24 a	0,6631
Verano	30,76 b	0,7651
Otoño	29,86 b	0,6577
Invierno	30,97 b	0,6472
Nivel de proteína (%)		
< 3,2	32,87 a	0,4901
> 3,2	29,54 b	0,5105
Nivel producción de leche (L d ⁻¹)		
0-15	35,47 a	0,7568
15-25	31,43 b	0,5042
> 25	26,73 c	0,6216
RCS (cel mL ⁻¹ x 1000)		
100	29,32 a	0,5411
100-400	31,87 b	0,6081
> 400	32,43 b	0,7865

Letras diferentes indican diferencias ($p < 0,05$) según prueba de Student-Newman-Kewls.

En una ración adecuadamente balanceada en proteína y energía, el contenido de urea en la leche debería encontrarse entre 15-30 mg 100 mL⁻¹, y la leche debería tener 3,2% o más de proteína. Ferguson (2002) menciona que el N uréico en leche al analizar 312.005 muestras de 1731 rebaños en el Testing Laboratory del Pensilvania Dairy Herd Improvement Association (DHIA) arrojó un promedio de $14 \pm 4,03$ mg 100 mL⁻¹, donde el 95% de los valores encontrados estaba entre 6 y 20 mg 100 mL⁻¹. Según el mismo autor el rango de nitrógeno uréico en leche propuesto para vacas individuales se encuentra entre +6 y -6 sobre la media del rebaño. McCormick *et al.* (2001) y Chapa *et al.* (2001), señalan que niveles superiores a 25 mg 100 mL⁻¹ de leche pueden indicar la existencia de un exceso de proteína en la ración, una utilización ineficiente de la energía, ya que la vaca la requiere para convertir amonio en urea, posibles problemas de infertilidad, y una producción de leche disminuida. Estos altos niveles de urea en leche pueden producirse porque la cantidad de proteína degradable en el rumen es demasiado alta, o porque la relación proteína soluble/carbohidratos no fibrosos, degradables en el rumen, también es muy alta. Otros autores entregan valores de

concentración de urea en leche algo superiores a los citados anteriormente: $22 \pm 0,6$ (Butler *et al.*, 1996); 24,9 (Roseler *et al.*, 1993); 28,7 mg 100 mL⁻¹ (De-Peters y Ferguson, 1992.) Información nacional proporcionada por Wittwer *et al.* (1993) en estudios realizados en la Universidad Austral, muestra un promedio de $36,7 \pm 12,2$ mg 100 mL⁻¹, en vacas a pastoreo en la zona sur de Chile.

Bach (2004) establece que si se usa el nivel de urea en leche como indicador de la calidad de la nutrición proteica del animal, debe tenerse en cuenta que las primíparas suelen presentar concentraciones de urea inferiores a los animales adultos.

Efecto de la estación del año en que se produce el parto

El Cuadro 1 indica claramente que la primavera genera una mayor ($p < 0,05$) concentración de urea en leche que el resto de las estaciones, que no difieren entre sí. Esta mayor concentración podría explicarse por las características de la pradera en ese período del año, vale decir un alto contenido de proteína rápidamente degradable, alta digestibilidad, baja fibra y, en general, un mayor valor nutri-

tivo que en el resto de las temporadas del año. Análisis de forrajes realizados en muestras de pastos obtenidas en invierno y primavera, han permitido medir concentraciones de proteína cruda sobre 30% en ballicas (*Lolium perenne*) (Verite *et al.*, 1984; Holden *et al.*, 1994.) Estas altas concentraciones de proteína en el forraje podrían generar elevados niveles de urea en la sangre y la leche de vacas.

Está claramente establecido el efecto negativo que un valor alto de urea genera en el nivel de producción de leche y sobre parámetros reproductivos (Ferguson *et al.*, 1993.) La producción de leche puede ser afectada si se considera que el organismo animal debe invertir energía para transformar el amoníaco proveniente del rumen en urea en el hígado, restándole ese recurso a la síntesis de proteína y lactosa necesaria para producción de leche.

La transformación de 1 g de N a urea requiere 7,3 kcal (Deiros *et al.*, 2004), lo que supone 1 Mcal de energía metabolizable (equivalente a 1,5 L de leche o pérdida de 200 g de grasa corporal al día) por cada 4 mg 100 mL⁻¹ de aumento de los niveles de N uréico en sangre o leche. La ureogénesis compite con la gluconeogénesis por oxalato, aumentando el estrés metabólico en los animales de alta producción. La sobrecarga metabólica y energética puede contribuir a incrementar el balance energético negativo postparto y alterar la función reproductiva (Bach, 2004). También se ha establecido que altas concentraciones de urea tienen un efecto tóxico en el útero, alterando la viabilidad de espermios y embriones, limitando seriamente los niveles de fertilidad de las

vacas lecheras (20%) (Carrol *et al.*, 1988; Westwood *et al.*, 1998a, 1998b). Este antecedente debe considerarse para corregir el manejo de la alimentación de las vacas en este período del año, tratando de evitar que se subutilice el elevado aporte de proteínas que hacen las praderas en primavera con un aporte extra de energía.

Cabe señalar que a nivel mundial existe creciente preocupación por el impacto ambiental que produce la contaminación con N uréico proveniente de la orina y fecas de rumiantes. Una vaca lechera que produce 20 L diarios de leche excreta diariamente alrededor de 180 g de N, lo que proyectado a un año se transforma en aproximadamente 60-65 kg de N liberados al medio ambiente. Una forma de disminuir el uso ineficiente del N pasa por limitar la producción de un exceso de N en el rumen con dietas balanceadas, que minimicen la generación de amoníaco ruminal (Hof *et al.*, 1997).

Se detectó una interacción significativa ($p < 0,05$) entre la estación del año en que ocurre el parto y producción de leche (Figura 1). Así, en las estaciones de primavera y verano los niveles de urea adquieren significancia ($p < 0,05$) detectándose niveles más altos de ésta en animales con niveles bajos de producción de leche, y por el contrario bajos niveles de urea en animales con producciones altas de leche. En otoño e invierno el nivel de urea se iguala en las categorías de menor producción, 0-15 y 15-25 L, difiriendo del nivel más alto (>25 L).

Al respecto, se podría pensar que la alimentación en esta última estación de invierno tiende a depender

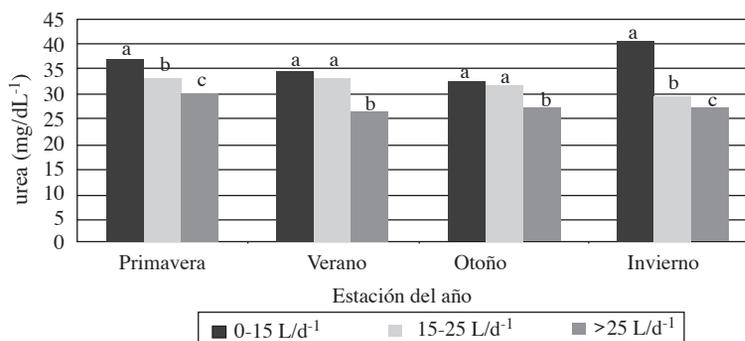


Figura 1. Interacción entre estación del parto, niveles de urea láctea, y nivel productivo de leche.

Figure 1. Interaction between calving season, urea content, and milk yield.

Letras diferentes indican diferencias ($p < 0,05$) según prueba de Student-Newman-Kewls.

en menor grado de la pradera al estado fresco. El uso de forrajes conservados, como heno y ensilajes, disminuye el nivel de proteína de la ración, como consecuencia de las pérdidas de valor nutritivo asociadas a la conservación del forraje.

Relación entre nivel de proteína de la leche y concentración de urea

El Cuadro 1 presenta el efecto del nivel de proteína sobre el nivel de urea encontrado en leche. Se observó un marcado y significativo efecto ($p < 0,05$), con un mayor nivel de urea en los animales con niveles de proteína láctea inferiores a 3,2%. Lo contrario, y coincidente con los antecedentes de la literatura, como lo describe Hojman *et al.* (2004), se apreció en los bajos niveles detectados en los animales cuyo nivel de proteína superó el 3,2%.

Investigaciones realizadas por Lykos *et al.* (1997), señalan la existencia de una relación inversa entre nitrógeno uréico de leche (MUN) y energía dietaria, en la cual a medida que aumenta la energía manteniendo el nivel proteico constante, la producción láctea se incrementa mientras que los niveles de urea en la leche disminuyen.

Efecto del nivel productivo sobre la concentración de urea en leche

El Cuadro 1 muestra diferencias significativas ($p < 0,05$) en el nivel de urea detectado en tres grupos de vacas, de acuerdo a la producción diaria de leche.

El mayor nivel de urea lo muestran aquellas vacas que produjeron menos leche (0-15 L), le sigue el grupo con producción de 15-25 L, y para definir una clara tendencia, el grupo sobre 25 L presenta los niveles menores. Estos resultados indican una relación inversa entre la eficiencia para producir leche y los niveles de urea. Este aspecto es de importancia debido a que en el medio nacional existen numerosos planteles lecheros que han simplificado su manejo alimentario dependiendo exclusivamente de la pradera. Estos predios muestran bajos niveles de producción, pero a la luz de esta investigación, también serían los que más contribuyen a la contaminación del medio ambiente. En contraste, el proceso de producción de leche, observado desde el ángulo que interesa en este estudio, resulta claramente favorable a los planteles de alta producción, que controlan estrictamente la alimentación y nutrición de sus animales. Cabe destacar que las vacas de mayor producción tienen niveles de urea en leche que concuerdan con los límites señalados como normales en la literatura mundial (menores que 30 mg 100 mL⁻¹) (Godden *et al.*, 2001).

Se apreció una interacción significativa entre número ordinal del parto (vacas de primer parto y vacas de dos o más partos) y nivel de producción, sobre los niveles de urea de la leche (Figura 2) En vacas de primer parto se determinaron tres ($p < 0,05$) niveles de concentración de urea correspondientes a los tres niveles de producción. El mayor de

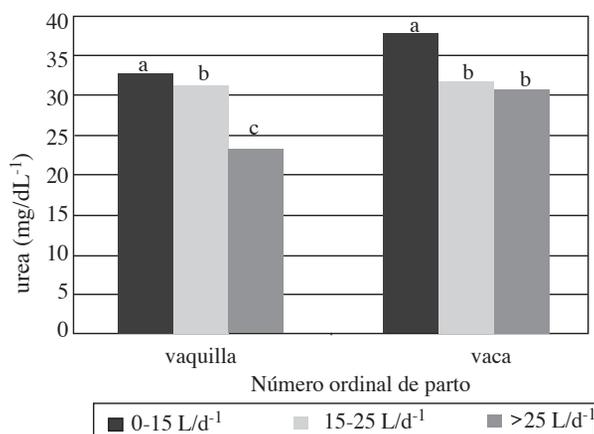


Figura 2. Interacción número ordinal del parto, niveles de urea láctea, y nivel productivo de leche.

Figure 2. Interaction between ordinal calving number, urea levels, and milk production level.

Letras diferentes indican diferencias ($p < 0,05$) según prueba de Student-Newman-Kewls.

ellos correspondió a animales con producción baja, y el menor en aquellas con mayor producción de leche. En vacas de dos o más partos, esta misma relación sólo se detectó entre aquellos animales con producción baja (0-15 L) y el resto, vale decir, animales con niveles productivos sobre 15 L.

Relación entre recuento de células somáticas y los niveles de urea en leche

El Cuadro 1 muestra la relación entre los niveles de células somáticas y la concentración de urea en leche. Se advierte que bajos niveles de células se encuentran asociados a bajos niveles de urea láctea. Rajala-Schultz y Saville (2003) encontraron una asociación negativa entre RCS y MUN en rebaños de alta producción, mientras que en los de baja producción no existiría asociación. DePeters y Ferguson (1992) demostraron que la leche proveniente de vacas con mastitis es baja en caseína y alta en proteínas no caseínicas y otros compuestos nitrogenados, incluyendo la urea.

La explicación de este fenómeno se basaría en el hecho que glándulas con un grado alto de inflamación y, por ende, niveles elevados de células somáticas, presentan fallas en la unión entre células permitiendo el paso de elementos de la sangre hacia la leche, entre los que destacan la urea, cloro y sodio, más ciertas proteínas séricas como seroalbúminas e inmunoglobulinas (McDonald *et al.*, 1995). No existe una relación directa entre los mecanismos que explican la generación de urea a nivel metabólico (urea de síntesis hepática por transformación del amoníaco ruminal y urea proveniente de procesos del catabolismo de proteínas a nivel celular) y el

incremento observado en leche en vacas con altos recuentos celulares. Poca información sobre este fenómeno se registra en la literatura especializada (Hojman *et al.*, 2004). De acuerdo a estos antecedentes surgiría la necesidad de investigar más exhaustivamente este fenómeno.

CONCLUSIONES

El tipo de animal (vacas de primer parto y de dos o más partos) presenta diferencias significativas en los niveles de urea registrados en leche, encontrándose los mayores niveles en vacas adultas.

El nivel de proteína se asocia significativamente con el nivel de urea registrado, así leche con contenidos de proteína iguales o mayores a 3,2% presentan menores niveles que leche con contenidos de proteína inferiores a 3,2%.

La estación del año en la que se registra el parto establece diferencias significativas en los niveles de urea registrados en leche, siendo la primavera la que registra los mayores niveles.

El nivel productivo de leche se asocia significativamente con el nivel de urea determinado en leche. Así se aprecian menores concentraciones de este metabolito en el nivel alto de producción difiriendo significativamente de los niveles intermedios y bajo.

El nivel de urea de la leche se incrementa significativamente a medida que aumenta la concentración de células somáticas.

LITERATURA CITADA

- Bach, A. 2004. La reproducción del vacuno lechero: Nutrición y fisiología. XVII Curso de Especialización FEDNA. Purina España. Disponible en <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/2001CAPV.pdf> Leído el 08 de junio de 2004.
- Butler, W.R., J.J. Calaman, and S.W. Beam. 1996. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 74:858-865.
- Carrol, D.J., B.A. Barton, G.W. Anderson, and R.D. Smith. 1988. Influence of protein intake and feeding strategy on reproductive performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71:3470-3481.
- Chapa, A.M., M.E. McCormick, J.M. Fernández, D.D. French, J.D. Ward, and J.F. Beatty. 2001. Supplemental dietary protein for grazing dairy cows: reproduction, condition loss, plasma metabolites, and insulin. *J. Dairy Sci.* 84:908-916.
- Deiros, J., L.A. Quintela, A.I. Peña, J.J. Becerra, M. Barrio, G. Alonso, *et al.* 2004. Urea plasmática: relación con el equilibrio energético y parámetros reproductivos en vacunos lecheros. *Arch. Zootec.* 53:141-151
- DePeters, E.J., and D.J. Ferguson. 1992. Non protein nitrogen and protein distribution in the milk of cows. *J. Dairy Sci.* 75:3192-3209.
- Ferguson, J.D. 2002. Milk urea nitrogen. Available at http://cahpwww.vet.upenn.edu/mun/mun_info.html. Accessed 28 July 2005
- Ferguson, J.D., D.T. Galligan, T. Blanchard, and M. Reeves. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate; the usefulness of test information. *J. Dairy Sci.* 76:3742-3746.
- Godden, S.M., K.D. Lissemore, D.F. Kelton, K.E. Leslie, J.S. Walton, and J.H. Lumsdenss. 2001. Relationships between milk urea concentrations and nutritional management, production, and economic variables in Ontario dairy herds. *J. Dairy Sci.* 84:1128-1139.
- Grima, P., L. Marcos, y X. Tort-Martorell. 2004. Estadística práctica con Minitab. 287 p. Pearson Education S. A., Madrid, España.
- Hof, G., M.D. Vervoorn, P.J. Lenaers, and S. Tamminga. 1997. Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:3333-3340.
- Hojman, D., O. Kroll, G. Adin, M. Gips, B. Hanochi, and E. Ezra. 2004. Relationship between milk urea and production, nutrition and fertility traits in Israeli dairy herds. *J. Dairy Sci.* 87:1001-1011
- Holden, L.A., L.D. Miller, G.A. Varga, and P.J. Hillard. 1994. Ruminant digestion and duodenal nutrient flows in dairy cows consuming grass and pasture, hay or silage. *J. Dairy Sci.* 77:3034-3042.
- Lykos, T. G., A.Varga, and D. Casper. 1997. Varying degradation rates of total nonstructural carbohydrates: Effects on ruminal fermentation, blood metabolites, and milk production and composition in high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:3341-3355.
- McCormick, M., A. Chapa, M. Fernández, and J. Beatty. 2001. New tool to gauge dairy herd nutrition. *Louisiana Agriculture* 44(3):18-20.
- McDonald, P., R.A. Edwards, J.F. Greenhalgen, and C. Morgan. 1995. Nutrición animal. p. 349-371. 5ª ed. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Montgomery, D. 1991. Diseño y análisis de experimentos. 589 p. Iberoamericana, México D. F., México.
- Rajala-Schultz, P.J., and W.J. Saville. 2003. Sources of variation in milk urea nitrogen in Ohio herds. *J. Dairy Sci.* 86:1653-1661.
- Roseler, D.K., D.J. Ferguson, C.J. Sniffen, and J. Herrema. 1993. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk non protein nitrogen in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 76:525-534.
- Verite, R., B. Remond, and M. Journet. 1984. Sites of organic matter and protein digestion in lactating cows fed fresh grass from spring to autumn. *Can. J. Anim. Sci.* 64:328-329.
- Westwood, C.T., I.J. Lean, and R.C. Kellaway. 1998a. 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.
- Westwood, C.T., I.J. Lean, and R.C. Kellaway. 1998b. Indications and implications for testing of milk urea in dairy cattle: A quantitative review. Part 2. Effect of dietary protein on reproductive performance. *N.Z. Vet. J.* 46:123-130.
- Wittwer, F.G., H. Opitz, J. Reyes, P. Contreras, y H. Böhmwald. 1993. Determinación de urea en muestras de leche de rebaños bovinos para el diagnóstico de desbalance nutricional. *Arch. Med. Vet.* 25:165-172.