

ÁCIDOS GRASOS NO ESTERIFICADOS AL PARTO Y SU RELACIÓN CON PRODUCCIÓN LECHERA EN VACAS HOLSTEIN

NON ESTERIFIED FATTY ACIDS AT CALVING AND ITS RELATIONSHIP WITH MILK YIELD IN HOLSTEIN COWS

Marín, M.P.^{1*}, Ríos, C.^{1A}, Contreras, H.², Robles, J.¹ y Meléndez, P.^{1B,3}

¹Universidad Santo Tomás. Facultad de Medicina Veterinaria. Av. Limonares 190. Viña del Mar. Chile.

*mmarin@santotomas.cl; ^Acrios@santotomas.cl; ^Bpedro.melendez@santotomas.cl

²Bioleche. Av. Las Industrias 510. Los Angeles. Chile. hcontreras@bioleche.cl

³College of Veterinary Medicine. University of Florida. Gainesville, FL 32610. EEUU.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Lactación. Reservas corporales.

ADDITIONAL KEYWORDS

Milk yield. Body condition.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la relación entre ácidos grasos no esterificados (AGNE) al parto, reservas corporales (CC) y producción de leche en vacas Holstein en Chile central. Este estudio se realizó en dos rebaños lecheros comerciales con una producción promedio de leche de 8000 kg por lactación. Las vacas fueron alimentadas con ración completa basada en heno de alfalfa (heno y cortada en verde), ensilaje de maíz y concentrado comercial. Se obtuvieron muestras de sangre de 350 vacas al momento del parto para la determinación de AGNE. Se determinó CC al parto y a los 60 días posparto y producción de leche acumulada a los 30, 60 y 100 días.

Los datos fueron analizados utilizando el procedimiento de modelos mixtos de SAS (2003). Los valores promedio de AGNE al parto y la CC fueron de $0,90 \pm 0,47$ meq/l y $3,6 \pm 0,3$, respectivamente.

Considerando la CC al parto y el número de partos como variables independientes en un modelo multivariado, la relación entre los AGNE al parto y la producción de leche a los 100 días de lactación fue de tipo cuadrática, es decir, para valores tanto bajos como altos de AGNE, la producción acumulada fue menor en comparación a niveles intermedios ($R^2=0,27$; $p<0,001$). Se observó una correlación positiva entre CC y AGNE al parto ($r=0,26$; $p<0,05$). Se determinó una tendencia a que en la medida que los valores de AGNE son mayores, el cambio en la CC es mayor. Se conclu-

ye que los AGNE al parto se asocian en forma cuadrática con la producción de leche acumulada a los 100 días.

SUMMARY

The purpose of this study was to determine the relationship between non-esterified fatty acids (NEFA) at calving, body condition score (BCS), and milk yield in Holstein cows from central Chile. The study was conducted on two commercial dairy herds with an average milk yield of 8000 kg per lactation. Cows were fed a total mixed ration based on alfalfa hay, corn silage and concentrate. Blood samples were taken from 350 cows at calving and NEFA were determined. BCS at calving and at 60 days post partum, accumulated milk yield at 30, 60 and 100 days of lactation were determined.

Data were analyzed using the mixed procedure of SAS (2003). Mean values for NEFA at calving, and BCS were 0.90 ± 0.47 meq/l, and 3.6 ± 0.3 , respectively.

In a multivariable level model, considering BCS at calving and parity as independent variables, the relationship between NEFA at calving and milk yield at 100 days of lactation was quadratic, with lower milk yield at high and low values of NEFA and higher milk yield at intermediate levels of NEFA ($R^2=0.27$; $p<0.001$). A positive correlation was observed between BCS and NEFA at calving ($r=0.26$; $p<0.05$). Concentration of NEFA increased

Recibido: 7-10-08. Aceptado: 15-9-09.

Arch. Zootec. 60 (230): 257-264. 2011.

when the change in BCS between calving and 60 days post calving was higher. It is concluded that NEFA at calving, was associated in a quadratic form with milk yield at 100 days of lactation.

INTRODUCCIÓN

El balance energético es el resultado entre las necesidades del animal y los aportes alimentarios. Durante las últimas 2 a 4 semanas de gestación se produce un aumento sustancial de las necesidades energéticas acompañado de una disminución en la ingesta de materia seca, fundamentalmente en la última semana preparto (Grummer, 1995; Goff y Horst, 1997). Estas dos circunstancias son responsables del balance energético negativo que se inicia unas semanas antes del parto. Lo anterior implica una movilización de grasa corporal y el consiguiente aumento de los ácidos grasos no esterificados (AGNE) en sangre, especialmente desde 2 a 3 días antes del parto, alcanzando su máximo al momento del parto (Meléndez *et al.*, 2002). Los AGNE son utilizados por el hígado como fuente de energía (Drackley *et al.*, 2006), reesterificados a triglicéridos hepáticos y exportados nuevamente a circulación en la forma de lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL). No obstante, si los niveles de glucosa son reducidos, los AGNE son convertidos a cuerpos cetónicos, los que al incrementarse sobre los niveles normales, causan el cuadro conocido como cetosis (Grummer, 1993). Por otro lado, la excesiva entrada de AGNE al hígado puede provocar un aumento de triglicéridos con el consecuente desarrollo de hígado graso (Meléndez y Risco, 2005). Se ha demostrado que vacas con elevados niveles de AGNE en sangre durante el preparto y el parto experimentan una mayor incidencia de enfermedades del periparto (Dyk *et al.*, 1995). Por otro lado, Goff y Horst (1997), sugieren que una pérdida excesiva de condición corporal se asocia con un aumento de los niveles de AGNE que, a su vez, se relaciona con una reducción en la

fertilidad y producción de leche. Sin embargo, son escasos los estudios que han asociado niveles de AGNE al parto con producción de leche. La hipótesis de este estudio es que la producción de leche se ve afectada según los valores de AGNE al momento del parto. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue relacionar las concentraciones séricas de AGNE al parto con la producción de leche durante los primeros 100 días de lactancia en ganado Holstein de la zona centro-sur de Chile.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en 2 planteles lecheros de raza Holstein de la zona centro y centro sur de Chile, con un nivel de producción de aproximadamente 9000 kg de leche por lactación y mantenidos en confinamiento todo el año. La alimentación consistió en alfalfa (heno y cortada en verde), ensilaje de maíz y concentrado comercial, suministrada como ración completa. Cada plantel contaba con un sistema de registros individuales productivos y reproductivos.

Con el propósito de encontrar una diferencia de 1 litro en producción de leche con una desviación estándar de 3,5 litros entre vacas con elevados niveles de AGNE y vacas con valores normales de AGNE, con un nivel de confianza del 95% y un poder del test estadístico del 80%, se calculó un tamaño muestral de 310 animales (Winepiscopo 2.0, 2000). Se seleccionaron 350 vacas al azar al momento del parto, determinando de forma inmediata su CC, utilizando una escala de 1 a 5 según la metodología propuesta por Ferguson *et al.* (1994). Se determinó, de nuevo, la CC a los 60 días, para estimar el cambio de la CC durante este período.

Se registró la producción de leche acumulada a los 30, 60 y 100 días de lactancia. Se obtuvo una muestra de sangre al parto desde el plexo sanguíneo de la base de la cola utilizando tubos al vacío (Vacutainer®), para determinar las concentraciones de AGNE (meq/l). Para ello las muestras fueron

ÁCIDOS GRASOS NO ESTERIFICADOS Y PRODUCCIÓN LECHERA EN HOLSTEIN

Tabla I. Producción de leche acumulada (kg) a los 30, 60 y 100 días posparto. (Accumulated milk yield (kg) up to 30, 60 and 100 days postpartum).

Días posparto	n	Promedio	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
30	350	1019,70	1020,00	266,60	210	1780,00
60	350	2181,84	2190,00	557,47	324	3460,00
100	344	3725,41	3750,00	892,84	429	5960,00

centrifugadas (3000 rpm durante 10 minutos) para la obtención del suero, que se almacenó a -20°C hasta su posterior análisis mediante un método enzimático colorimétrico utilizando un kit comercial (Randox®, UK) y cuantificadas a través de un método de espectrofotometría (Microlab 200, Merck®).

Las distintas variables fueron analizadas a través de estadística descriptiva. Se calcularon media, desviación estándar, rango y otros parámetros de variación.

Para el análisis de los AGNE al parto, se estableció un modelo mixto lineal (Littell *et al.*, 2002) considerando como variables independientes la CC al parto y el número de lactancia.

Para el análisis de la producción acumulada a los 100 días se desarrolló un modelo mixto lineal, considerando como variable independiente principal a los AGNE al parto, corrigiendo por CC al parto y el número de lactancia.

Los análisis fueron llevados a cabo utilizando el programa estadístico SAS (2003) con un límite de confianza de 95%, según su respectivo procedimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estadística descriptiva para los valores promedio de la producción de leche acumulada (kg) a los 30, 60 y 100 días de lactancia, AGNE al parto (meq/l), y la CC obtenidas al parto y a los 60 días posparto, así como el cambio en la CC en el período, se presentan en las **tablas I y II**, respectivamente.

El promedio del número ordinal de partos fue de $2,34 \pm 1,47$, indicando que la mayoría son vacas multíparas (66%). Los niveles de producción se ajustan a vacas de alta producción, con una producción láctea máxima acumulada a los 100 días posparto de 5960 kg. Es decir, la muestra en estudio obtuvo una producción diaria de leche en promedio hasta los 30 días posparto de aproximadamente 33 kg, alcanzando a los 100 días posparto un promedio diario de 37 kg. Esto concuerda con el estudio realizado por Davis *et al.* (2003), quienes señalan que vacas de alta producción en sistemas intensivos en Chile logran una producción de leche promedio, en un lapso de 305 días de lactancia de 9323 kg.

Tabla II. Ácidos grasos no esterificados al parto y condición corporal al parto (CCp) y a los 60 días posparto (CC60). (Non esterified fatty acids at calving and body condition score at calving and at 60 days postpartum).

Variable	n	Promedio	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
AGNE (meq/l)	333	0,909	0,860	0,474	0,150	2,450
CCp	353	3,62	3,75	0,34	2,25	4,25
CC60	347	3,13	3,25	0,41	2,0	4,0
Cambio entre CCp y CC60	347	-0,53	0,5	0,48	-	-

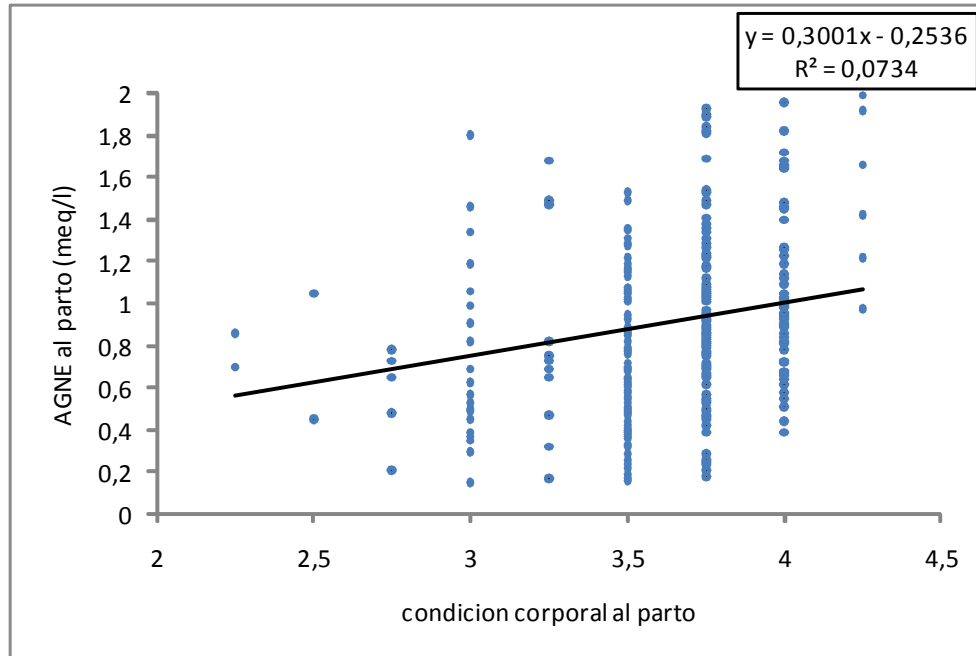


Figura 1. Relación entre la condición corporal al parto y los niveles de AGNE al parto. (Relationship between body condition score and non esterified fatty acids at calving).

Con respecto a los AGNE al parto, el valor promedio en este estudio fue de 0,9 meq/l con un rango entre 0,15 y 2,45 meq/l, lo que indica una amplia variabilidad en los resultados. Este valor promedio corresponde al límite inferior descrito por Meléndez *et al.* (2002), quienes establecen como concentración máxima de AGNE al parto 1,2 meq/l y un rango de 0,9-1,2 meq/l. Drackley *et al.* (2001), describen valores de 0,8 a 1,2 meq/l, en el día del parto, con un descenso a 0,7 meq/l a los 7 días posparto. Cheng *et al.* (2007), señalan concentraciones de NEFA al día uno posparto, en animales hipoglicémicos, de 1,44 meq/l y de 1,05 meq/l en vacas normales.

La CC al momento del parto y a los 60 días y el cambio observado durante este periodo sugieren un manejo adecuado. Según Buckley *et al.* (2003), un plantel con un manejo ideal de la condición corporal de

animales de alta producción deberían tener una CC al parto en promedio de $3,6 \pm 0,37$ puntos y un cambio de la condición corporal entre el parto y 60 días posparto en promedio $0,5 \pm 0,35$ puntos y 1 punto como pérdida máxima. Esto concuerda con Domeq *et al.* (1997), quienes proponen que una CC entre 3,0-3,5 (escala 1 a 5) es la más indicada para el parto y la disminución en el posparto no debería ser superior a 1 unidad e idealmente 0,5, como pérdida máxima en los primeros 70 días de lactancia, para iniciar la recuperación de las reservas energéticas a los 80-90 días posparto.

En la **figura 1** se indica la relación existente entre la CC y los niveles de AGNE, ambos al parto. A medida que aumentó la CC, los niveles de AGNE aumentaron ($p < 0,01$); es decir, animales que tuvieron una CC 4,0 y más, presentaron los niveles mayores de AGNE analizados y en contraste, los anima-

ÁCIDOS GRASOS NO ESTERIFICADOS Y PRODUCCIÓN LECHERA EN HOLSTEIN

les de 2,5 de CC al parto, presentaron los niveles más bajos del grupo de animales en estudio. Sin embargo la correlación, a pesar de ser positiva, fue baja, puesto que sólo un 7% del aumento de los niveles de AGNE al parto fueron explicados por la CC al parto. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Pedron *et al.* (1993), quienes indicaron que vacas con una CC al parto de 4,0 poseían las concentraciones más altas de AGNE, en cambio en vacas con una CC al parto menor a 3,0, las concentraciones de AGNE fueron inferiores. En general los animales de dicho estudio llegaron al parto con una CC 3,5 hasta 4,0 y los niveles de AGNE permanecieron elevados durante la lactancia.

La relación entre los AGNE y el cambio en la CC entre el parto y los 60 días posparto se presenta en la **figura 2**. En ésta se puede observar que al aumentar los niveles de AGNE al parto, el cambio de la CC entre el parto y los 60 días posparto tiende a ser

mayor, puesto que a mayor pérdida de CC existe una mayor movilización grasa. Esta situación es demostrada en varios estudios, como los realizados por Veenhuizen *et al.* (1991) quienes sugieren que la concentración de AGNE en suero es dependiente del nivel de lipólisis en el tejido adiposo y la captación de éstos en hígado y otros tejidos. A su vez el nivel de lipólisis está determinado, entre muchos factores, por el cambio de la CC del animal. Sin embargo, esta asociación es leve, ya que sólo un 1,7% de la variación en el cambio de la CC fue explicada por los niveles de AGNE al parto.

Con respecto a los AGNE y su relación con producción de leche acumulada a los 100 días (**figura 3**), se puede observar que ésta fue de tipo cuadrática, lo que implica que con valores tanto bajos como altos de AGNE, la producción acumulada posparto fue menor en comparación a niveles intermedios de AGNE. En este modelo multivariable, considerando CC al parto, número de

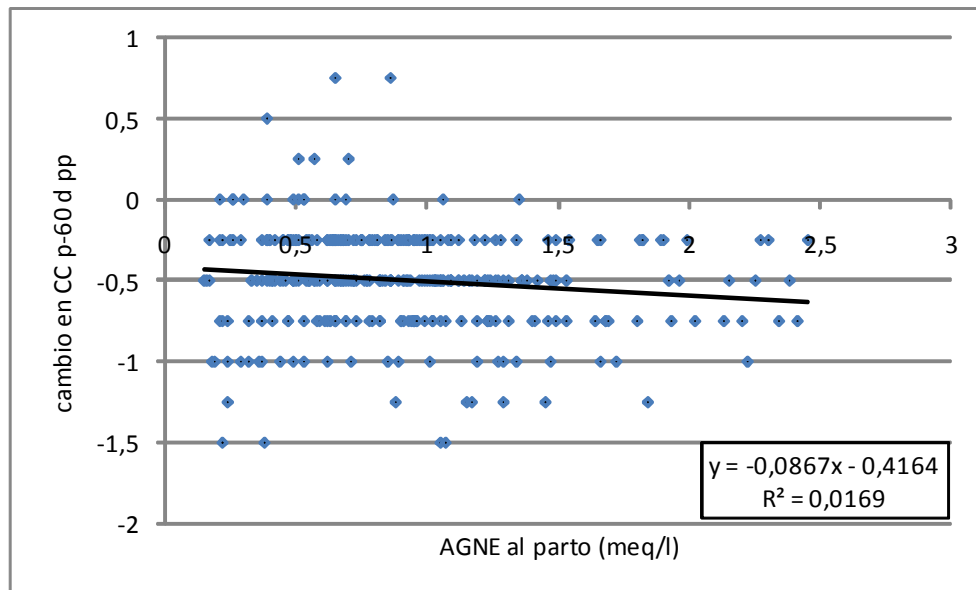


Figura 2. Relación entre los niveles de AGNE al parto y el cambio de la condición corporal entre el parto y 60 días posparto. (Relationship between non esterified fatty acids at calving and the change in body condition score between calving and 60 days postpartum).

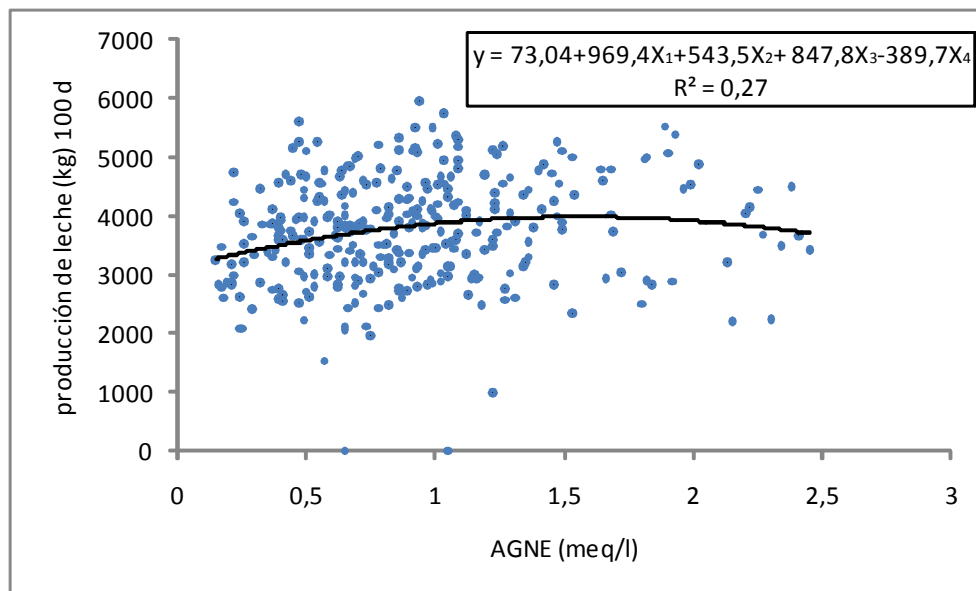


Figura 3. Relación entre los niveles de AGNE al parto con el rendimiento productivo acumulado a los 100 días de lactancia. (Relationship between non esterified fatty acids at calving and accumulated milk yield up to 100 days postpartum).

lactancia y las concentraciones de AGNE al parto, se observó que el 27% de la variabilidad en la producción de leche acumulada a los 100 días de lactancia fue explicada por este modelo ($R^2 = 0,27$):

$$Y = 730,4 + 969,4X_1 + 543,5X_2 + 847,8X_3 - 389,7X_4$$

donde:

X_1 : AGNE al parto,

X_2 : condición corporal al parto,

X_3 : lactancia,

X_4 : AGNE al parto x AGNE al parto.

Domecq *et al.* (1997) y Pedron *et al.* (1993) observaron que una pérdida excesiva de condición corporal ha sido asociada con un aumento de los niveles de AGNE y a su vez esta alza se relaciona con una fertilidad y producción de leche reducida. Sin embargo, en el gráfico no sólo se demuestra que altos niveles de AGNE al parto podrían afectar negativamente la producción, sino que ello también ocurre con niveles bajos de

AGNE al parto, relación quizás poco estudiada en las diferentes investigaciones referidas al tema. Cheng *et al.* (2007) y Guo *et al.* (2007) no encontraron diferencias en producción de leche en lactancia temprana, en grupos con diferentes valores de AGNE. En un estudio en que se midió la producción de leche acumulada a los 100 días (Moallem *et al.*, 2007), se encontró un incremento tanto en los niveles de AGNE al parto como en los niveles de producción de leche al adicionar un suplemento rico en ácidos grasos en la ración de los animales. En un estudio realizado por Waltner *et al.* (1993), donde se analizó la asociación entre la CC al parto y la producción de leche, también se observó una relación cuadrática, los animales tanto con baja CC (2,75 o menos) como altas CC al parto (4,0 o más) experimentaron una producción de leche acumulada a los 90 días más baja que animales que parieron con una CC óptima (3,0 a 3,75). Si consideramos que en el presente estudio las vacas con

ÁCIDOS GRASOS NO ESTERIFICADOS Y PRODUCCIÓN LECHERA EN HOLSTEIN

baja CC al parto tuvieron un bajo nivel de AGNE y las vacas con una elevada CC al parto tuvieron altas concentraciones de AGNE, se sugiere que los resultados obtenidos por Waltner *et al.* (1993) avalan indirectamente los resultados del presente trabajo. No obstante, al considerar la CC al parto dentro del modelo estadístico, se establece que los AGNE al parto, independiente de la CC al parto y el número de lactancia, tienen una asociación (cuadrática) con la producción de leche acumulada a los 100 días.

CONCLUSIONES

La concentración de AGNE al parto se

relacionó cuadráticamente con la producción de leche acumulada a los 100 días de lactancia. Vacas con niveles tanto bajos como altos de AGNE al parto, tuvieron una producción acumulada a los 100 días de lactancia, más baja que vacas con niveles intermedios de AGNE.

AGRADECIMIENTOS

Sociedad Agrícola Alma y al Sr. Roberto Ruff, por facilitar los animales de su plantel lechero.

Fuente de financiación, Proyecto de investigación interno. Universidad Santo Tomás Inv27/06.

BIBLIOGRAFÍA

- Buckley, F., O'Sullivan, K., Mee, J.F., Evans, R.D. and Dillon, P. 2003. Relationships among milk yield, body condition, cow weight and reproduction in spring-calved Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.*, 86: 2308-2319.
- Cheng, X., Zhe, W., Shuling, N., Chuang, X., Cai, Z. and Hongyou, Z. 2007. Effect of hypoglycemia on performances, metabolites and hormones in periparturient dairy cows. *Agric. Sci. China*, 6: 505-512.
- Davis, P., Magofke, J.C., García, X., Gana, E. y Gonzáles, H. 2003. Comparación de dos sistemas de manejo en vacas Holstein Americano de alta producción, X región, Chile. XXVIII Congreso Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal. Talca. Chile.
- Domecq, J.J., Skidmore, A.L., Lloyd, J.W. and Kaneene, J.B. 1997. Relationships between body condition scores and milk yield in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 80: 101-112.
- Drackley, J.K., Overton, V. and Douglas, J.N. 2001. Adaptations of glucose and long chain fatty acid metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period. *J. Dairy Sci.*, 84 (Suppl.): E100-E112.
- Drackley, J.K., Donkin, S.S and Reynolds, C.K. 2006. Major advances in fundamental dairy cattle nutrition. *J. Dairy Sci.*, 89: 1324-1336.
- Dyk, P.B., Emery, R.S., Liesman, J.L., Bucholtz, H.F. and VandeHaar, M.J. 1995. Prepartum non-esterified fatty acids in plasma are higher in cows developing periparturient health problems. *J. Dairy Sci.*, 78 (Suppl. 1): 264.
- Ferguson, J.D., Galligan, D. and Thomsen, N. 1994. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 77: 2695-2703.
- Goff, J.P. and Horst, R.L. 1997. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J. Dairy Sci.*, 80: 1260-1268.
- Guo, J., Peters, R.R. and Köhn, R. A. 2007. Effects of a transition diet on production, performance and metabolism in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 90: 5247-5258.
- Grummer, R.R. 1993. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 76: 3882-3896.
- Grummer, R.R. 1995. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Anim. Sci.*, 73: 2820-2833.
- Littell, R.C., Stroup, W.W. and Freund, R.J. 2002. SAS for linear models. 4th ed. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- Meléndez, P., Donovan, A., Risco, C.A., Hall, B.A., Littell, R. and Goff, J. 2002. Metabolic responses of transition cows fed anionic salts and supplemented at calving with calcium and energy. *J. Dairy Sci.*, 85: 1085-1092.
- Meléndez, P. and Risco, C.A. 2005. Management

MARÍN, RÍOS, CONTRERAS, ROBLES Y MELÉNDEZ

- of transition cow to optimize reproductive efficiency in dairy herds. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Prac.*, 21: 485-501.
- Moallem, U., Katz, M., Arielli, A. and Lehrer, H. 2007. Effects of peripartum propylene glycol or fats differing in fatty acid profiles on feed intake, production and plasma metabolites in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 90: 3846-3856.
- Pedron, O., Cheli, F., Senatore, E., Baroli, D. and Rizzi, R. 1993. Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, and milk fatty acid composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 76: 2528-2535.
- SAS. 2003. SAS/STAT Software: Change and enhancements through release 9.0 for Windows. SAS Inst. Inc. Cary, NC.
- Veenhuizen, J.J., Drackley, J.K., Richard, M.J., Sanderson, T.D., Miller, L.D. and Young, J.W. 1991. Metabolic changes in blood and liver during development and early treatment of experimental fatty liver and ketosis in cows. *J. Dairy Sci.*, 74: 4238-4253.
- Waltner, S.S., McNamara, J.P. and Hillers, J.K. 1993. Relationships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 76: 3410-3419.
- WinEpiScope 2.0. 2000. Software for quantitative veterinary epidemiology. Facultad de Veterinaria. Zaragoza. Spain. Agricultural University Wageningen. Netherlands. University of Utrecht. Netherlands. University of Edinburgh. United Kingdom. Borland Delphi© 1.0.