

RESPUESTA PRODUCTIVA Y PERFIL METABÓLICO Y SU EFECTO EN DÍAS ABIERTOS DURANTE EL POSPARTO TEMPRANO EN VACAS HOLSTEIN

PRODUCTIVE RESPONSE AND METABOLIC PROFILES AND THEIR EFFECT ON OPEN DAYS DURING EARLY LACTATION IN HOLSTEIN COWS

M. Teresa Jaramillo-Jaimes¹, Jorge I. Olivera-López², M. Teresa Sánchez-Torres Esqueda¹, Germán D. Mendoza-Martínez¹, Miguel Molina-Hernández³ y Carlos M. García-Bojalil¹

¹Ganadería. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. (jajt01@prodigy.net.mx). ²Departamento de Biología de la Reproducción. CBS. UAMI. San Rafael Atlixco 186. Colonia Vicentina. 04390. México D.F. (jiol@xanum.uam.mx). ³Instituto de Investigaciones Psicológicas. Universidad Veracruzana. 91000. Xalapa, Veracruz. POB 361. (mimoli@todito.com).

RESUMEN

La relación entre variables productivas y los niveles séricos de metabolitos que puedan afectar el número de días abiertos (DA) durante el posparto, se estudió en 35 vacas Holstein multíparas. Las vacas fueron clasificadas en cuatro grupos de acuerdo con los DA (I: <80 DA; II: 80 a 110 DA; III: 111 a 150 DA y IV: >150 DA). Los cambios de peso, condición corporal (CC) y producción de leche se evaluaron semanalmente, además de los niveles séricos de proteína (PT), nitrógeno uréico (N-UREA), lipoproteínas de baja densidad (LBD) y colesterol (CT). El diseño experimental fue completamente al azar y los datos se analizaron como mediciones repetidas; además, se hizo una prueba de homogeneidad de regresión y un análisis de correlación. La producción de leche y el peso corporal no fueron estadísticamente diferentes. La CC fue diferente ($p \leq 0.01$), para un contraste entre el grupo I con los grupos II, III y IV, y diferente ($p \leq 0.05$) para un segundo contraste entre los grupos II y III. En los metabolitos sólo hubo diferencias ($p \leq 0.01$) para proteínas entre los grupos con mayor número de DA. Hubo una alta correlación entre el CT y la producción de leche ($R=0.53$), la semana posparto ($R=0.72$) y las LBD ($R=0.61$). Se concluye que las variables productivas y los metabolitos en este estudio no influyen la función reproductiva reflejada en los DA de vacas Holstein en el posparto temprano.

Palabras clave: Días abiertos, metabolitos séricos, posparto temprano, vacas Holstein, variables productivas.

INTRODUCCIÓN

La capacidad genética para la producción de leche en vacas ha aumentado significativamente debido a la selección, pero las tasas de concepción para vacas lactantes se han reducido entre 40 y

ABSTRACT

The relationship between productive variables and the serum levels of metabolites that can affect the number of open days (OD) during early lactation, was studied in 35 multiparous Holstein cows. The cows were classified in four groups according to the OD (I: 80 OD; II: 80 to 110 OD; III: 111 to 150 OD and IV: >150 OD). The changes in weight, body condition (BC) and milk production were evaluated weekly, along with the serum levels of protein (PT), ureic nitrogen (N-UREA), low density lipoproteins (LDL) and cholesterol (CT). The experimental design was completely randomized and the data were analyzed as repeated measurements; in addition, a test of regression homogeneity was made along with an analysis of correlation. Milk production and weight gain were not statistically different. The BC was different ($p \leq 0.01$), for a contrast between group I against groups II, III and IV, and different ($p \leq 0.05$) for a second contrast between groups II and III. In the metabolites there were only differences ($p \leq 0.01$) for proteins among the groups with the highest number of OD. There was a high correlation between CT and milk production ($R=0.53$), the week of post-partum ($R=0.72$) and the LDL ($R=0.61$). It is concluded that the productive variables and metabolites in this study do not influence the reproductive function reflected in the OD of Holstein cows in early lactation.

Key words: Open days, serum metabolites, early lactation, Holstein cows, productive variables.

INTRODUCTION

The genetic capacity for milk production in cows has increased significantly due to selection, but the conception rates for lactating cows have been reduced by 40 to 50% (Butler, 2000). The decrease in fertility can be explained by its inverse relationship with milk production (Ahmad *et al.*, 1996; Butler, 2000), by problems of oestrus detection in situations of confinement and by the body condition (BC) at birth.

Recibido: Julio, 2007. Aprobado: Febrero, 2008.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 42: 267-275. 2008.

50% (Butler, 2000). La disminución en la fertilidad se puede explicar por su relación inversa con la producción de leche (Ahmad *et al.*, 1996; Butler, 2000), por problemas de detección de estros en situaciones de confinamiento y por la condición corporal (CC) al parto. Esta última está relacionada con los cambios metabólicos requeridos para aumentar la producción de leche, influenciando el número de días abiertos (Staples *et al.*, 1992).

La reanudación temprana de la actividad ovárica en vacas posparto es necesaria para lograr la gestación al primer servicio en intervalos de 55 a 85 d. Después de la regresión del cuerpo lúteo de gestación, existe un periodo de inactividad antes de la primera ovulación. La duración de este periodo cambiaría debido al nivel de nutrición, la CC, y la lactancia, entre otros factores (Savio *et al.*, 1990).

El propósito del presente estudio fue identificar algunos indicadores del reinicio de la actividad ovárica posparto reflejados en los DA en vacas Holstein, en función de los niveles de metabolitos séricos (colesterol, lipoproteínas de baja densidad, proteína y nitrógeno uréico), y variables productivas (CC, peso corporal y producción de leche semanal).

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales experimentales y alimentación

En este estudio se usaron 35 vacas Holstein de registro múltiparas (segundo a séptimo parto) de alta producción de un hato comercial altamente tecnificado, en Zumpango, Estado de México. Las vacas fueron clasificadas en cuatro grupos de acuerdo con el número de días abiertos (DA): Grupo I (GPO I; N=8), con menos de 80 DA; Grupo II (GPO II, N=8), entre 80 y 110 DA; Grupo III (GPO III; N=5), entre 111 y 150 DA; Grupo IV (GPO IV; N=14), con más de 150 DA. Las vacas recibieron una dieta integral que en las dos primeras semanas posparto contenía 16.09% PC y 1.54 Mcal EN kg⁻¹ MS y después se cambió a 19% PC y 2.4 Mcal EN.

Muestras de sangre

Para determinar metabolitos se obtuvo una muestra semanal de 10 mL de sangre por punción de la vena caudal hasta la 7^a semana posparto (SPP). La proteína (PT) se midió por el método de Biuret (Kit 6370, Ames, Technicon, Tarrytown, N.Y.); el nitrógeno uréico (N-UREA) en suero por diacetilmonoxamina (Kit 535, Sigma Diagnostics, St. Louis, MO, USA); las lipoproteínas de baja densidad (LBD) por el método PVS (polivinilsulfonato; Kit 726290, adicionalmente MPR 1/2/3 colesterol CHOD-PAP; Kit 290 319, Boehringer Mannheim, France); y el colesterol (CT) por el método CHOD-PAP, prueba enzimática colorimétrica (Kit 290 319, Boehringer Mannheim, France).

The latter is related with the metabolic changes required to increase milk production, affecting the number of open days (Staples *et al.*, 1992).

The early resumption of ovarian activity in lactating cows is necessary to achieve gestation at first breeding service in intervals of 55 to 85 d. After the regression of the corpus luteum of gestation, there is a period of inactivity prior to the first ovulation. The duration of this period would change due to the nutrition level, BC, and lactation, among other factors (Savio *et al.*, 1990).

The purpose of the present study was to identify some indicators of the resumption of postpartum ovarian activity reflected in the OD in Holstein dairy cows, as a function of the levels of serum metabolites (cholesterol, low density lipoproteins, protein and ureic nitrogen) and productive variables (BC, body weight and weekly milk production).

MATERIALS AND METHODS

Experimental animals and feeding

The study was carried out using 35 high production multiparous (second to seventh birth) Holstein registered cows from a highly technified commercial herd, in Zumpango, State of México. The cows were classified into four groups according to the number of open days (OD): Group I (GPO I; N=8), with fewer than 80 OD; Group II (GPO II, N=8), between 80 and 110 OD; Group III (GPO III; N=5), between 111 and 150 OD; Group IV (GPO IV; N=14), with more than 150 OD. The cows received an integral diet which in the first weeks of postpartum contained 16.09% CP and 1.54 Mcal NE kg⁻¹ DM and was later changed to 19% CP and 2.4 Mcal NE.

Blood samples

To determine metabolites, a weekly blood sample (10 mL) was obtained by puncturing the caudal vein, until the 7th week postpartum (WPP). The protein (PT) was measured by means of the Biuret method (Kit 6370, Ames, Technicon, Tarrytown, N.Y.); the ureic nitrogen (N-UREA) in serum by diacetylmonoxamine (Kit 535, Sigma Diagnostics, St. Louis, MO, USA); the low density lipoproteins (LDL) by the PVS method (polyvinylsulfinate; Kit 726290, additionally MPR 1/2/3 cholesterol CHOD-PAP; Kit 290 319, Boehringer Mannheim, France); and the cholesterol (CT) by the method CHOD-PAP, colorimetric enzymatic test (Kit 290 319, Boehringer Mannheim, France).

Body condition, body weight (BW) and milk production (MP)

At the start of the study all of the cows were weighed and were classified according to their BC, following the scale of Wildman *et al.* (1982) and Ferguson *et al.* (1994). This evaluation was made weekly for both variables until the 7th WPP. The milk was weighed

Condición corporal, peso corporal (PC) y producción de leche (PL)

Al inicio del estudio se pesaron todas las vacas y se clasificaron de acuerdo con su CC, siguiendo la escala de Wildman *et al.* (1982) y Ferguson *et al.* (1994). Esta evaluación se hizo semanalmente para ambas variables hasta la 7ª SPP. La leche se pesó una vez por semana (mañana y tarde) usando el pesador de leche (garrafón Alfa Laval).

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar y se hizo un análisis de varianza de mínimos cuadrados usando el procedimiento GLM (SAS, 1990). El modelo lineal para el análisis de las variables productivas y metabolitos séricos incluyó los efectos de grupo, animales dentro del grupo, SPP, y la interacción del grupo con SPP. Las comparaciones entre grupos se hicieron con contrastes ortogonales.

Se realizó una prueba de homogeneidad de regresión para comparar cambios en las variables a través del tiempo, por simples curvas de regresión polinomial, para probar la ganancia en ajuste de las regresiones individuales y por grupo (Wilcox *et al.*, 1990).

La relación entre las concentraciones de los metabolitos séricos (PT, N-UREA, LBD y CT) y las variables productivas (PC, CC, PL y SPP) con DA, se determinó con el procedimiento CORR; además, se calculó la regresión de PC, CC y PL sobre DA, utilizando el procedimiento REG (SAS, 1990).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios de peso, condición corporal y producción de leche

El PC de las vacas (Cuadro 1) fue diferente ($p \leq 0.03$) en el contraste 1. La CC en el grupo I presentó la menor ($p \leq 0.01$) calificación (3.03) mientras que el contraste 2 fue diferente ($p \leq 0.05$) en los grupos II y III. Para PL no hubo diferencias entre grupos.

once a week (morning and night) using the milk weight scale (Alfa Laval bottle).

Statistical analysis

The experimental design was completely randomized and a least squares analysis of variance was made using the GLM procedure (SAS, 1990). The linear model for the analysis of the productive variables and serum metabolites included the effects of group, animals within the group, WPP, and the interaction of the group with WPP. The comparisons among groups were made using orthogonal contrasts.

A test of regression homogeneity was carried out to compare changes in the variables through time, by simple curves of polynomial regression, to test the gain in fit of the individual regressions and by group (Wilcox *et al.*, 1990).

The relationship among the serum metabolite concentrations (PT, N-UREA, LDL and CT) and the productive variables (BW, BC, MP and WPP) with OD, was determined with the CORR procedure; in addition, the regression of BW, BC and MP over OD was calculated, using the procedure REG (SAS, 1990).

RESULTS AND DISCUSSION

Changes in weight, body condition and milk production

The BW of the cows (Table 1) was different ($p \leq 0.03$) in contrast 1. The BC in group I presented the lowest ($p \leq 0.01$) score (3.03), whereas contrast 2 was different ($p \leq 0.05$) in groups II and III. For MP, there were no differences among groups.

The response of BW during the post-partum period was of the first order for the four experimental groups (Figure 1). Group I was different with respect to the other groups.

The BC had a quadratic response and the cows of group II lost 2 units during the seven WPP (Figure 2). In cows with a supplement (3% fat), the maximum mobilization of body tissue occurred between 2 to 5 WPP

Cuadro 1. Medias de cuadrados mínimos y contrastes ortogonales para las variables productivas durante las primeras siete semanas posparto en grupos de vacas Holstein que difieren en días abiertos (DA).

Table 1. Means of least squares and orthogonal contrasts for productive variables during the first seven weeks of post-partum in groups of Holstein cows that differ in open days (OD).

Variable	Grupo [†]				EE [‡]	Contraste [§] p=		
	I	II	III	IV		1	2	3
Peso corporal (kg)	586.87	636.54	654.56	666.81	3.03	0.03	0.44	0.74
Condición corporal (1 a 5)	3.03	3.23	3.68	3.44	0.02	0.01	0.05	0.23
Producción de leche (kg d ⁻¹)	36.85	34.98	36.16	36.94	0.49	0.79	0.64	0.85

[†] Grupos: I= <80 DA, II=80 a 110 DA, III=111 a 150 DA; IV= > 150 DA.

[‡] EE: Error estándar.

[§] Contraste ortogonal: 1=I vs. II, III, IV; 2=II vs. III, IV; 3=III vs. IV.

La respuesta del PC durante el tiempo posparto fue de primer orden para los cuatro grupos experimentales (Figura 1). El grupo I fue diferente respecto a los otros grupos.

La CC tuvo una respuesta cuadrática y las vacas del grupo II perdieron 2 unidades durante las siete SPP (Figura 2). En vacas con un suplemento (3% de grasa), la máxima movilización de tejido corporal ocurrió entre las 2 a 5 SPP y perdieron 0.45 unidades de CC (Madhav *et al.*, 1998). Según Garnsworthy y Huggett (1992), el incremento en el consumo de una dieta con un suplemento con grasa tiende a disminuir la pérdida de CC en vacas obesas al parto, pero en vacas flacas al parto aumentó la producción de leche. La CC no está relacionada con el número de DA ni influye la PL o función reproductiva, pero los cambios en la CC se relacionan con el pico de producción para la curva de lactancia y con el intervalo del parto a la primera inseminación (Pedron *et al.*, 1993).

En los grupos experimentales hubo una respuesta cuadrática para PL (Figura 3); el grupo I presentó primero su pico con mayor producción, pero disminuyó antes que los otros grupos. Vacas en el posparto temprano alimentadas con un suplemento de grasa en la dieta, no mostraron cambios significativos en consumo de alimento y producción de leche (Komaragiri *et al.*, 1998). Según Pedrón *et al.* (1993), en vacas que movilizaron más grasa corporal (mayor pérdida en CC) se usaron estas reservas para la producción de leche, sin efectos negativos en la función reproductiva o en incidencias de retenciones placentarias.

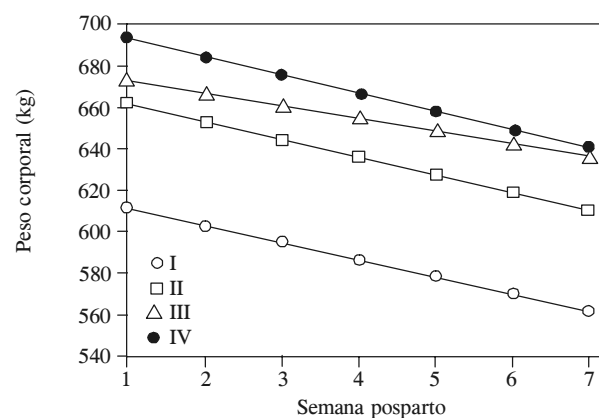


Figura 1. Regresión polinomial de primer orden para el peso corporal durante las primeras siete semanas posparto en grupos de vacas Holstein de alta producción que difieren en promedio de días abiertos (DA). Grupo: I < 80 DA; II 80 a 100 DA; III 111 a 150 DA; IV > 150 DA.

Figure 1. First order polynomial regression for body weight during the first seven weeks of post-partum in groups of high production Holstein dairy cows that differ in average of open days (OD). Group I < 80 OD; II 80 to 100 OD; III 111 to 150 OD; IV > 150 OD.

and lost 0.45 units of BC (Madhav *et al.*, 1998). According to Garnsworthy and Huggett (1992), the increase in feed intake of a diet with a fat supplement tends to reduce the loss of BC in cows that are obese at calving, but in cows that are thin at calving, milk production increased. BC is not related with the number of OD nor does it influence MP or reproductive function, but the changes in BC are related with the production peak for the lactation curve and with the interval from calving to the first insemination service (Pedron *et al.*, 1993).

In experimental groups there was a quadratic response for MP (Figure 3); group I was first to present its peak with highest production, but decreased before the other groups. Cows in early lactation fed with a fat supplement in the diet did not show significant changes in feed intake and milk production (Komaragiri *et al.*, 1998). According to Pedrón *et al.* (1993), in cows that mobilized more body fat (higher loss in BC), these reserves were used for milk production, without negative effects in the reproductive function or in incidences of placenta retentions.

Metabolic responses

Group III presented the highest concentration of PT (87.48 mg dL⁻¹) with respect to the other groups, and in addition, there were differences between groups III and IV (p<0.001; Table 2). In Figure 4 it is shown the second order response for serum levels of PT of

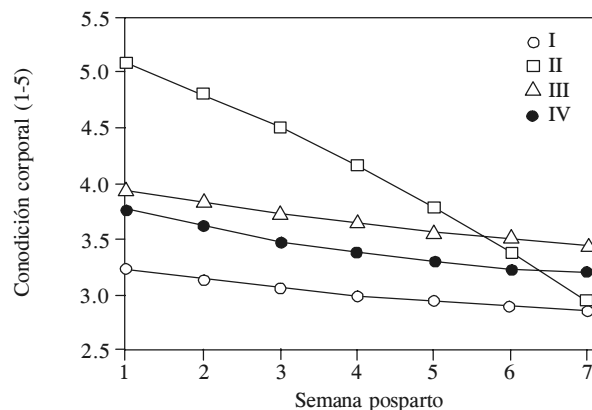


Figura 2. Regresión polinomial de segundo orden para la condición corporal durante las primeras siete semanas posparto en grupos de vacas Holstein de alta producción que difieren en promedio de días abiertos (DA). Grupo: I < 80 DA; II 80 a 100 DA; III 111 a 150 DA; IV > 150 DA.

Figure 2. Second order polynomial regression for body condition during the first seven weeks of post-partum in groups of high production Holstein cows that differ in average of open days (OD). Group: I < 80 OD; II 80 to 100 OD; III 111 to 150 OD; IV > 150 OD.

Respuestas metabólicas

El grupo III presentó la mayor concentración de PT (87.48 mg dL^{-1}) respecto a los otros grupos, y además, hubo diferencias entre los grupos III y IV ($p \leq 0.001$; Cuadro 2). En la Figura 4 se muestra la respuesta de segundo orden para los niveles séricos de PT de cada grupo durante las 7 SPP. Niveles similares a los de los grupos I, II y IV se encontraron en vacas Gyr durante 12 SPP (Patil y Deshpande, 1979): 7.3 g dL^{-1} en vacas que manifestaron estro entre 60 y 65 d posparto y 7.1 g dL^{-1} en aquellas sin estro manifiesto.

El N-uréico no fue diferente ($p > 0.19$) entre los grupos y sus medias ($9.64, 9.67, 9.52$ y 11.96 mg dL^{-1}) fueron menores a los valores normales ($12-18 \text{ mg dL}^{-1}$; Butler 1998, 2000; Hammon *et al.*, 2004). Los niveles de N-UREA durante el posparto en el grupo IV (11.96 mg dL^{-1}) fueron mayores que en los grupos I, II y III (Figura 5). Los niveles de N-uréico se utilizan como indicadores de alteraciones reproductivas (Hammon *et al.*, 2004).

La concentración de LBD no fue diferente ($p > 0.21$) entre grupos (Cuadro 2). El promedio (29 mg dL^{-1}) de este estudio difiere del valor (8 mg dL^{-1}) reportado por Grummer y Carroll (1988). Los niveles de LBD durante las 7 SPP (Figura 6) para el grupo II muestran una respuesta atípica en relación a los otros grupos. Además, los grupos I, III y IV tuvieron una tendencia similar a partir de la semana tres y no hubo diferencia ($p > 0.05$) durante el posparto. Esta respuesta puede deberse a que las células lúteas bovinas dependen de lipoproteínas que proveen el sustrato para la síntesis de P4. Si las vacas en el grupo IV tienen la mayor concentración de lipoproteínas y el mayor número de días abiertos, entonces las LBD posiblemente no se metabolizan para el proceso de la esteroidogénesis.

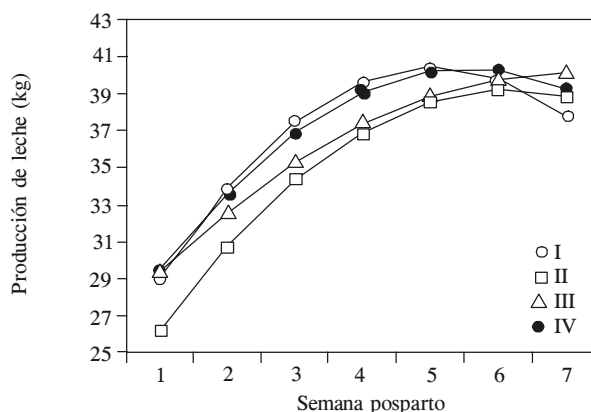


Figura 3. Regresión polinomial de segundo orden de la producción de leche durante las primeras siete semanas posparto en grupos de vacas Holstein de alta producción que difieren en promedio de días abiertos (DA). Grupo: I < 80 DA; II 80 a 110 DA; III 111 a 150 DA; IV > 150 DA.

Figure 3. Second order polynomial regression for milk production during the first seven weeks of post-partum in groups of high production Holstein cows that differ in average of open days (OD). Group: I < 80 OD; II 80 to 110 OD; III 111 to 150 OD; IV > 150 OD.

each group during the 7 WPP. Levels similar to those of groups I, II and IV were found in Gyr cows during 12 WPP (Patil and Deshpande, 1979): 7.3 g dL^{-1} in cows that presented oestrus between 60 and 65 d postpartum and 7.1 g dL^{-1} in those without evident oestrus.

The ureic N was not different ($p > 0.19$) among the groups and their means ($9.64, 9.67, 9.52$ and 11.96 mg dL^{-1}) were lower than the normal values ($12-18 \text{ mg dL}^{-1}$; Butler 1998, 2000; Hammon *et al.*, 2004). The levels of N-UREA during postpartum in group IV (11.96 mg dL^{-1}) were higher than in groups I, II and III (Figure 5). The levels of N-UREA are used as

Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos y contrastes ortogonales para los metabolitos séricos durante las primeras siete semanas posparto en grupos de vacas Holstein altas productoras que difieren en promedio de días abiertos (DA).

Table 2. Means of least squares and orthogonal contrasts for the serum metabolites during the first seven weeks of post-partum in groups of high production Holstein cows that differ in average of open days (OD).

Variable	Grupo [†]				EE [‡]	Contraste [§] , p=		
	I	II	III	IV		1	2	3
Proteínas (mg dL ⁻¹)	77.10	76.66	87.48	73.83	1.03	0.30	0.09	0.00
Nitrógeno uréico (mg dL ⁻¹)	9.64	9.67	9.52	11.96	0.48	0.60	0.48	0.19
Lipoproteínas baja densidad (mg dL ⁻¹)	31.60	30.62	25.49	33.43	3.68	0.72	0.83	0.21
Colesterol (mg dL ⁻¹)	163.01	161.58	170.87	170.59	4.63	0.69	0.47	0.99

[†] Grupo: I = < 80 DA; II = 80 a 110 DA; III = 111 a 150 DA; IV = > 150 DA.

[‡] EE = Error estándar.

[§] Contraste ortogonal: 1 = I vs. II, III, IV; 2 = II vs. III, IV; 3 = III vs. IV.

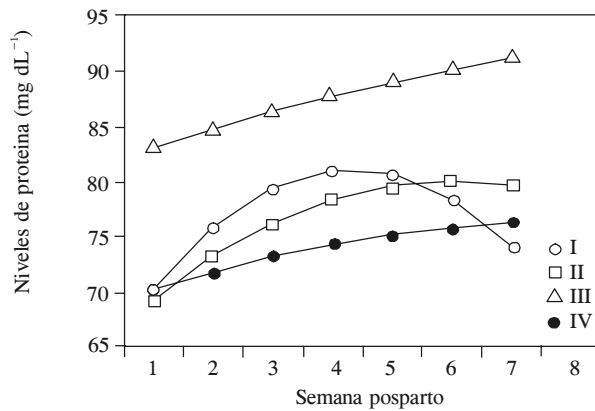


Figura 4. Regresión polinomial de segundo orden para los niveles séricos de proteína durante las primeras siete semanas posparto en grupos de vacas Holstein de alta producción que difieren en promedio de días abiertos (DA). Grupo: I < 80 DA; II 80 a 110 DA; III 111 a 150 DA; IV > 150 DA.

Figure 4. Second order polynomial regression for the serum levels of protein during the first seven weeks of post-partum in groups of high production Holstein cows that differ in average of open days (OD). Group: I < 80 OD; II 80 to 110 OD; III 111 to 150 OD; IV > 150 OD.

Los niveles de CT no fueron diferentes ($p > 0.47$) entre grupos (Cuadro 2) y en la Figura 7 se muestra su evolución. Williams (1989) reporta un aumento lineal en colesterol desde el parto a las 9 SPP, alcanzando su máximo (215 mg dL^{-1}) entre las 7 y 9 SPP. La concentración plasmática de CT para un grupo testigo fue 230 mg dL^{-1} y para un grupo tratado con suplemento de grasa inerte fue 250 mg dL^{-1} para las primeras 7 SPP, con diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la 5ª SPP (Spicer *et al.*, 1993). Tal resultado es similar al del presente estudio a partir de la 3ª SPP, sólo que los grupos III y IV presentaron concentraciones mayores de CT pero tuvieron más DA.

Correlación entre las variables productivas y metabólicas con DA

Las correlaciones entre los metabolitos sanguíneos y las variables productivas se muestran en el Cuadro 3. El PC y CC tuvieron una alta relación ($R = 0.78$), lo que indica que los cambios de peso se reflejan en la CC. Estas relaciones coinciden con los resultados reportados por Pedron *et al.* (1993), Komaragiri y Erdman (1997) y Butler (2000), quienes observaron que vacas al parto con una alta CC tienen reservas de grasa suficientes para la demanda en producción láctea, pero reducen el consumo de alimento y hay un balance energético negativo. Esto reduce la actividad ovárica, ya que la glándula mamaria tiene prioridad sobre las

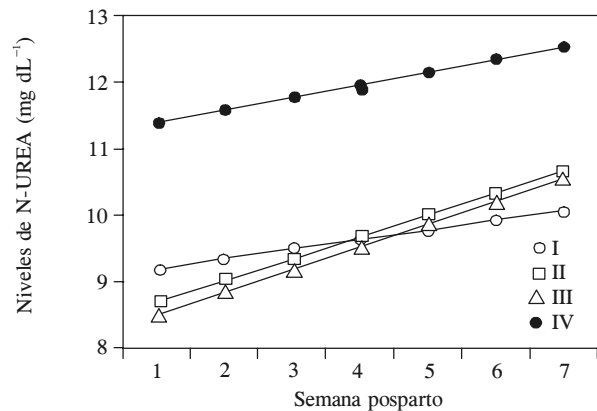


Figura 5. Regresión polinomial del primer orden para los niveles séricos de nitrógeno uréico durante las primeras siete semanas posparto en grupos de vacas Holstein de alta producción que difieren en promedio de días abiertos (DA). Grupo: I < 80 DA; II 80 a 110 DA; III 111 a 150 DA; IV > 150 DA.

Figure 5. First order polynomial regression for the serum levels of ureic nitrogen during the first seven weeks of post-partum in groups of high production Holstein cows that differ in average of open days (OD). Group: I < 80 OD; II 80 to 110 OD; III 111 to 150 OD; IV > 150 OD.

indicators of reproductive alterations (Hammon *et al.*, 2004).

The LDL concentration was not different ($p > 0.21$) among groups (Table 2). The average (29 mg dL^{-1}) of this study differs from the value (8 mg dL^{-1}) reported by Grummer and Carroll (1988). The LDL levels during the 7 WPP (Figure 6) for group II show an atypical response with respect to the other groups. Furthermore, groups I, III and IV had a similar tendency after week three and there was no difference ($p > 0.05$) throughout the post-partum period. This response may be due to the fact that bovine luteal cells depend on lipoproteins that provide the substrate for the synthesis of P4. If the cows in group IV have the highest concentration of lipoproteins and the highest number of open days, then it is possible that the LDLs are not metabolized for the process of steroidogenesis.

The CT levels were not different ($p > 0.47$) among groups (Table 2), and their evolution is shown in Figure 7. Williams (1989) reports a linear increase in cholesterol from calving to the 9 WPP, reaching its maximum (215 mg dL^{-1}) between the 7 and 9 WPP. The plasmatic concentration of CT for a control group was 230 mg dL^{-1} and for a group treated with inert fat supplement was 250 mg dL^{-1} for the first 7 WPP, with significant difference ($p \leq 0.05$) in the 5th WPP (Spicer *et al.*, 1993). This result is similar to that of the present study from the 3rd WPP, except that groups II and IV showed higher concentrations of CT but had more OD.

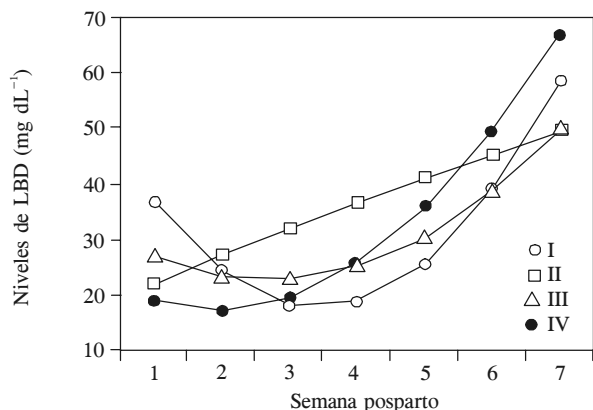


Figura 6. Regresión polinomial de segundo orden para los niveles séricos de lipoproteínas de baja densidad (LBD) durante las primeras siete semanas posparto en grupos de vacas Holstein altas productoras que difieren en promedio de días abiertos (DA). Grupo: I < 80 DA; II 80 a 110 DA; III 111 a 150 DA; IV > 150 DA.

Figure 6. Second order polynomial regression for the serum levels of low density lipoproteins (LDL) during the first seven weeks of post-partum in groups of high production Holstein cows that differ in average of open days (OD). Group: I < 80 OD; II 80 to 110 OD; III 111 to 150 OD; IV > 150 OD.

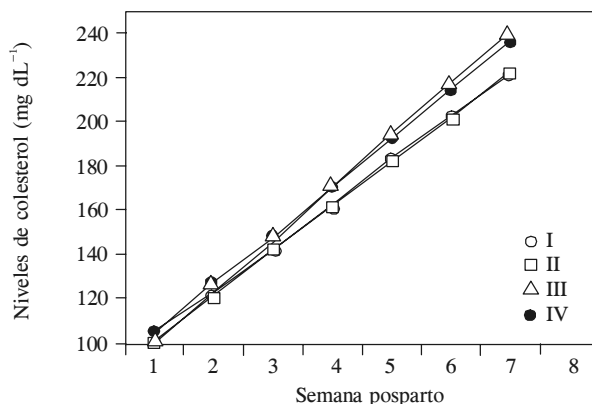


Figura 7. Regresión polinomial de segundo orden para los niveles séricos de colesterol durante las primeras siete semanas posparto en grupos de vacas Holstein altas productoras que difieren en promedio de días abiertos (DA). Grupo: I < 80 DA; II 80 a 110 DA; III 111 a 150 DA; IV > 150 DA.

Figure 7. Second order polynomial regression for the serum levels of cholesterol during the first seven weeks of post-partum in groups of high production Holstein cows that differ in average of open days (OD). Group: I < 80 OD; II 80 to 110 OD; III 111 to 150 OD; IV > 150 OD.

funciones ováricas. El periodo posparto (SPP) se asoció negativamente con PC y CC ($R = -0.21$ y $R = -0.33$), y positivamente con la PL ($R = 0.38$), PT ($R = 0.23$), LBD ($R = 0.36$) y CT ($R = 0.72$).

El CT tuvo una alta correlación con PL ($R = 0.53$) y LBD ($R = 0.61$). Assmann y Carmena (1990) indican que entre 60 y 70% del total del colesterol circulante

Correlation between the productive and metabolic variables with OD

The correlations between the blood metabolites and the productive variables are shown in Table 3. The BW and BC had a high relationship ($R = 0.78$), which indicates that the weight changes are reflected in the BC. These relationships coincide with the results

Cuadro 3. Correlaciones (probabilidad) entre algunos metabolitos sanguíneos y las variables productivas en vacas Holstein durante las primeras siete semanas posparto.

Table 3. Correlations (probability) among some blood metabolites and productive variables in Holstein cows during the first seven weeks of postpartum.

Variable	SPP	PC	CC	PL	PT	N-UREA	LBD	CT
PC	-0.21 (0.001)							
CC	-0.33 (0.001)	0.78 (0.001)						
PL	0.38 (0.001)	-0.13 (0.039)	-0.12 (0.076)					
PT	0.23 (0.001)	-0.04 (0.602)	0.04 (0.575)	0.19 (0.004)				
N-UREA	0.09 (0.127)	-0.20 (0.001)	-0.17 (0.104)	0.19 (0.003)	0.11 (0.087)			
LBD	0.36 (0.001)	-0.10 (0.111)	-0.14 (0.029)	0.17 (0.009)	0.08 (0.219)	0.10 (0.128)		
CT	0.72 (0.001)	-0.18 (0.006)	-0.23 (0.001)	0.53 (0.001)	0.25 (0.001)	0.20 (0.001)	0.61 (0.001)	
DA	-0.01 (0.937)	0.039† (0.824)	-0.30† (0.079)	0.03† (0.860)	-0.11 (0.100)	0.10 (0.115)	-0.02 (0.779)	0.05 (0.405)

SPP=semana posparto; PC=peso corporal; CC=condición corporal; PL=producción de leche semanal; PT=proteínas; N-UREA=nitrógeno uréico; LBD=lipoproteínas de baja densidad; CT=colesterol; DA=días abiertos.

es transportado por las LBD. Además, el principal precursor para la síntesis de P4 es el colesterol (Staples *et al.*, 1998). La correlación entre PT y CT fue baja ($R=0.25$), posiblemente debido a la fracción de proteína presente en la transportación del colesterol en sangre.

CONCLUSIONES

Las variables peso corporal y condición corporal resultaron diferentes para los grupos con más de 110 DA, pero la producción de leche no fue diferente.

Para los metabolitos séricos sólo la PT fue diferente entre los grupos III y IV. Sin embargo, hubo una alta correlación entre el colesterol y la producción de leche, el tiempo posparto y las lipoproteínas de baja densidad; y una mediana relación con la condición corporal, proteínas y nitrógeno uréico. Esto sugiere que hay factores desconocidos que influyen el problema del reinicio de la actividad ovárica postparto.

LITERATURA CITADA

- Ahmad, N., S. W. Beam, W. R. Butler, D. R. Deaver, R. T. Doby, D. R. Elder, J. E. Fortune, L. C. Griel, Jr., L. S. Jones, R. A. Milvae, J. L. Pate, I. Revah, D. T. Schreiber, Jr., D. H. Townson, P. C. W. Tsang, and E. K. Inskeep. 1996. Relationship of fertility to patterns of ovarian follicular development and associated hormonal profiles in dairy cows and heifers. *J. Anim. Sci.* 74: 1943-1952.
- Assmann, G. y R. Carmena. 1990. Trastornos del Metabolismo de Lípidos y Cardiopatía Coronaria. Ed. Médica MMV GMBH, Manchen, Munich, Alemania. pp: 42-45.
- Butler, W. R. 1998. Review: Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81: 2533-2539.
- Butler, W. R. 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61: 449-457.
- Ferguson, J. D., D. T. Galligan, and N. Thomsen. 1994. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 77: 2695-2703.
- Garnsworthy, P. C., and C. D. Huggett. 1992. The influence of the fat concentration of the diet on response by dairy cows to body condition at calving. *Anim. Prod.* 54: 7-13.
- Grummer, R. R., and D. J. Carroll. 1988. A review of lipoprotein cholesterol metabolism: Importance to ovarian function. *J. Anim. Sci.* 66: 3160-3173.
- Hammon, D. S., G. R. Holyoak, and T. R. Dhiman. 2004. Association between blood plasma urea nitrogen levels and reproductive fluid urea nitrogen and ammonia concentrations in early lactation dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 86: 195-204.
- Komaragiri, M. V. S., and R. A. Erdman. 1997. Factors affecting body tissue mobilization in early lactation dairy cows. 1. Effect of dietary protein on mobilization of body fat and protein. *J. Dairy Sci.* 80: 929-937.
- Komaragiri, M. V. S., D. P. Casper, and R. A. Erdman. 1998. Factors affecting body tissue mobilization in early lactation dairy cows. 2. Effect of dietary fat on mobilization of body fat and protein. *J. Dairy Sci.* 81: 169-175.
- Patil, J. S., and B. R. Deshpande. 1979. Changes in body weight, blood glucose and serum proteins in relation to the appearance

reported by Pedron *et al.* (1993), Komaragiri and Erdman (1997) and Butler (2000), who observed that cows with a high BC at calving have enough fat reserves for the demand in milk production, but they reduce feed intake and there is a negative energetic balance. This reduces ovarian activity, given that the mammary gland has priority over the ovarian functions. The postpartum period (WPP) was negatively associated with BW and BC ($R=-0.21$ and $R=-0.33$), and positively with MP ($R=0.38$), PT ($R=0.23$), LDL ($R=0.36$) and CT ($R=0.72$).

The CT had a high correlation with MP ($R=0.53$) and LDL ($R=0.61$). Assmann and Carmena (1990) indicate that between 60 and 70% of the total of the circulating cholesterol is transported by the LDLs. Furthermore, the main precursor for the synthesis of P4 is cholesterol (Staples *et al.*, 1998). The correlation between PT and CT was low ($R=0.25$), possibly due to the protein fraction present in the transportation of the cholesterol in blood.

CONCLUSIONS

The variables body weight and body condition were different for the groups with more than 110 OD, but milk production was not different.

For the serum metabolites, only the PT was different between groups III and IV. However, there was a high correlation between cholesterol and milk production (MP), post-partum time and low density lipoproteins (LDL); and a moderate relationship with body condition (BC), proteins (PT) and ureic nitrogen (N-UREA). This suggests that there are unknown factors which affect the problem of restarting post-partum ovarian activity.

End of the English version—



- of post-partum oestrus in Gyr cows. *J. Reprod. Fert.* 57: 525-527.
- Pedron, O., F. Cheli, E. Senatore, D. Baroli, and R. Rizzi. 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 1990. Language Guide for Personal Computers. Version 6.03. SAS Inst., Inc., Cary, NC. 558 p.
- Savio, J. D., M. P. Boland, N. Hynes, and J. F. Roche. 1990. Resumption of follicular activity in the early post-partum period of dairy cows. *J. Reprod. Fert.* 88: 569-579.
- Sejrsen, K., and A. Neimann-Sorensen. 1982. Nutritional physiology and feeding of the cow around parturition. *Curr. Top. Vet. Med. Anim. Sci.* 20: 325-357.
- Spicer, L. J., R. K. Vernon, W. B. Tucker, R. P. Wettemann, J. F. Hogue, and G. D. Adams. 1993. Effects of inert fat on energy balance plasma concentrations of hormones, and reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76: 2664-2673.

- Staples, C. R., W. W. Thatcher, C. M. García-Bojalil, and M. C. Lucy. 1992. Nutritional influences on reproductive function. *In: Large Dairy Herd Management; Nutrition: Gainesville, Fl.* pp: 382-392.
- Staples, C. R., J. M. Burke, and W. W. Thatcher. 1998. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 81: 856-871.
- Wilcox, C. J., W. W. Thatcher, and F. G. Martin. 1990. Statistical analysis of repeated measurements in physiology experiments. *In: Livestock Reproduction in Latin America. International Atomic Energy Agency, Vienna.* pp:141-155.
- Wildman, E. E., G. M. Jones, P. E. Wagner, R. L. Boman, H. F. Troutt, and T. N. Lesch. 1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *J. Dairy Sci.* 65: 495-501.
- Williams, G. L. 1989. Modulation of luteal activity in postpartum beef cows through changes in dietary lipid. *J. Anim. Sci.* 67: 785-793.