

EFECTO DEL NIVEL DE PRODUCCIÓN DE LECHE, NÚMERO Y ESTACIÓN DE PARTO SOBRE EL REINICIO DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA POSPARTO EN VACAS HOLSTEIN

Effect of Milk Yield, Number of Calving and Calving Season on the Resumption of Postpartum Ovarian Activity in Holstein Cows

David Jara Aguilar, Raymundo Rangel Santos y José Guadalupe García-Muñiz

Departamento de Zootecnia, Postgrado de Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México-Texcoco km 38.5. Chapingo. México. Teléfono: (595) 9521621. C.P. 56230. E-mail: jgarcia@taurus1.chapingo.mx.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de la producción de leche acumulada hasta el día 50 posparto (PL50), el número (NP) y época (EP) de parto sobre los intervalos para la aparición del primer folículo dominante (FD), la aparición del primer cuerpo lúteo (CL), el tiempo para completar la involución uterina (IU), y la probabilidad de ovulación del primer FD, en vacas Holstein con diferente NP que parieron en invierno o primavera en Tlahualilo, Durango, México. Ni la EP ni el NP afectaron los días a la aparición del primer FD ($\alpha=0,05$). Sin embargo, el primer FD en vacas con alta PL50 se presentó dos días más tarde que en las de baja PL50 (13,6 vs 11,9 días; $P<0,05$). El NP, la EP y la PL50 no afectaron ($\alpha=0,05$) la probabilidad de ovulación del primer FD. Sin embargo, las vacas con mejor condición corporal al parto fueron más aptas (OR = 9,0; $P<0,05$) que las de condición corporal pobre para desencadenar la ovulación del primer FD. La PL50 no afectó la aparición del primer CL después del parto ($\alpha=0,05$); sin embargo, las vacas de cuatro o más partos presentaron un primer CL más tarde ($P<0,05$) que las de menor NP. Las vacas que parieron en invierno presentaron un primer CL más tarde que las que parieron en primavera (20 vs 16 días; $P<0,01$). Sin embargo, las vacas paridas en primavera requirieron más días que las paridas en invierno para completar la IU (36 vs 32 días; $P<0,05$). Se concluye que el crecimiento folicular ovárico no es el principal factor limitante para el reinicio de la actividad ovárica posparto en vacas Holstein manejadas en las condiciones del presente experimento.

Palabras clave: Ovulación, crecimiento folicular, intervalos posparto, ganado lechero.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the effect of accumulated milk yield from calving to day 50 of lactation (MY50), number (NC) and season (SC) of calving on the intervals from calving to the appearance of the first dominant follicle (DF), the appearance of the first corpus luteum (CL), the time to completion of uterine involution (UI), and the probability of ovulation of the first DF in Holstein cows calving in spring or winter in a commercial dairy farm in Tlahualilo, Durango, México. Neither SC nor NC affected the appearance of the first DF ($\alpha=0.05$). However, cows with higher MY50 presented the first DF two days latter than cows with low MY50 (13.6 vs 11.9 days; $P<0.05$). The effects of NC, SC, and MY50 did not affect the probability of ovulation of the first DF ($\alpha=0.05$). However, cows with higher body condition score at calving (BCS >3.6 units) were more likely (OR = 9.0; $P<0.05$) to achieve ovulation in the first DF than cows with lower BCS. The appearance of the first CL after calving was not affected by MY50; however, cows with four or more calvings showed their first CL later ($P<0.05$) than younger cows. Likewise, cows calving in winter showed their first CL later than those calving in spring (20 vs 16 days; $P<0.01$). However, cows calving in spring required longer time intervals to complete their UI (36 vs 32 days; $P<0.05$). It is concluded that follicular growth is not the main limiting factor to the resumption of postpartum ovarian activity in Holstein cows managed under the conditions of the present experiment.

Key words: Ovulation, follicular growth, postpartum intervals, dairy cattle.

INTRODUCCIÓN

La dinámica folicular durante un ciclo estral en ganado bovino se caracteriza por ondas de crecimiento folicular, las cuales comienzan con el reclutamiento de varios folículos de 4 a 5 mm de diámetro. El conjunto de folículos reclutados inicia su crecimiento bajo la influencia de la FSH, siendo esta hormona la que regula en gran parte el proceso de reclutamiento y crecimiento de los folículos hasta los 7 a 9 mm de diámetro [1, 38]. La onda de crecimiento folicular continúa con un proceso de selección, en el cual uno de los folículos evita la atresia y continúa creciendo hasta convertirse en el folículo dominante [20]. El folículo dominante presenta ovulación si su crecimiento coincide con la regresión de un cuerpo lúteo activo, o bien se convierte en un folículo atrésico si su crecimiento coincide con la presencia de un cuerpo lúteo activo [27, 37].

Los procesos que ocurren durante una onda de crecimiento folicular se suspenden momentáneamente durante un tiempo variable después del parto. La dinámica folicular durante el periodo posparto temprano se caracteriza por el crecimiento y regresión de folículos menores de 8 mm de diámetro, los cuales no llegan a madurar y a ovular debido a las bajas concentraciones de LH en sangre [43, 47]. Las causas que intervienen en el restablecimiento de la actividad ovárica después del parto son diversas y contradictorias. El mérito genético de la vaca para obtener mayores producciones de leche, el número de parto y la época de parición se han relacionado con un pobre comportamiento reproductivo en el ganado lechero [11, 18]. Sin embargo, este bajo comportamiento reproductivo también puede deberse al manejo en el establo o a un retraso en el crecimiento folicular y el reinicio de la actividad ovárica posparto. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la producción de leche acumulada hasta el día 50 posparto, el número y época de parto sobre los intervalos para la aparición del primer folículo dominante, la aparición del primer cuerpo lúteo, el tiempo para completar la involución uterina, y la probabilidad de ovulación del primer folículo dominante, en vacas Holstein en confinamiento total.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El presente estudio se realizó en el establo "18 de julio" de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en el municipio de Tlahualilo, Durango, México. El sitio se ubica entre las coordenadas 25°5407" latitud Norte y 103°3509" longitud Oeste. La altura sobre el nivel del mar es de 1137 m, con un clima desértico, temperatura media anual de 21,1°C y una precipitación pluvial de 239 mm anuales, distribuyéndose principalmente de julio a septiembre [14].

Selección de las vacas y su manejo

Sólo las vacas que parieron entre los meses de enero a junio de 1999 se asignaron al experimento (25 de primer parto,

10 de segundo parto, 10 de tercer parto, y 15 de cuatro o más partos). La época de parición considerada como invierno agrupó a las vacas que parieron antes del 21 de marzo, mientras que las vacas que parieron después de esta fecha se asignaron a la época de primavera. Los animales que durante el transcurso del experimento presentaron quistes foliculares o luteales continuaron en el experimento y no se les aplicó ninguno de los tratamientos hormonales utilizados en el protocolo del manejo sanitario del establo.

Las vacas recién paridas de dos o más partos se agruparon durante tres semanas en un corral de vacas frescas. Después de este tiempo, las vacas se enviaron a un corral de altas o medias productoras, de acuerdo a su nivel de producción de leche alcanzado en las primeras tres semanas posparto. Después del parto, todas las vacas de un solo parto se agruparon en un corral y permanecieron en éste durante toda la lactancia. Las vacas recibieron una dieta integral compuesta por ensilado de maíz, heno de alfalfa y concentrado comercial, que se ofreció diez veces al día utilizando un carro mezclador.

VARIABLES REGISTRADAS

Seguimiento folicular

El seguimiento folicular en los ovarios después del parto se efectuó a través de exploración rectal utilizando un equipo de ultrasonografía (SONOACE 600, Medison Co., LTD). El equipo de ultrasonografía estuvo equipado con un transductor de 7,5 MHz. La primera revisión se realizó al día ocho después del parto y posteriormente cada cuatro días hasta que el cuerpo lúteo de la primera ovulación alcanzó su máximo tamaño. Para llevar a cabo esta técnica, la materia fecal se removió, se introdujo el transductor al recto del animal, se localizaron los ovarios y se digitalizaron separadamente en varios planos al mover el transductor por encima de la superficie de éstos. Cuando se observó un folículo o un cuerpo lúteo en la pantalla del equipo de ultrasonografía, se procedió a congelar la imagen para poder establecer su diámetro. En el caso en que el contorno de esta estructura no fuera esférico, el diámetro se estimó obteniendo el promedio de la distancia más larga y la distancia más corta que mostró el folículo [41].

Los folículos y cuerpos lúteos detectados con el equipo de ultrasonografía se plasmaron en diagramas de papel indicando su posición y se relacionaron con otras estructuras ováricas, permitiendo ubicarlos más fácilmente en revisiones posteriores.

Los folículos se clasificaron en tres grupos de acuerdo al diámetro máximo que alcanzaron: a) folículos pequeños, ≤ 4 mm; b) folículos medianos, $4 < 10$ mm, y c) folículos dominantes, ≥ 10 mm. Los folículos ováricos ≥ 25 mm de diámetro, y que persistieron por lo menos durante 10 días, se consideraron como quistes ováricos [44].

Producción de leche

La producción de leche para cada vaca se pesó semanalmente utilizando medidores Waikato, hasta que la vaca

completó 150 días de lactancia. La producción de leche total día⁻¹ fue la suma de la leche producida en las ordeñas matutina y vespertina.

Involución uterina

El grado de involución uterina para cada vaca se determinó mediante palpación rectal. La primer revisión se realizó al octavo día posparto y posteriormente cada cuatro días hasta que la involución se completó. El diámetro del cuerno uterino y el regreso del tracto reproductivo a la cavidad pélvica fueron los mayores indicadores de la involución uterina y ésta se consideró completa cuando el diámetro del cuerno uterino previamente grávido retornó al mismo diámetro del cuerno ingrávido, y sin cambios en su diámetro en dos revisiones consecutivas [10].

Condición corporal

Los valores de condición corporal se estimaron cada semana durante los primeros 150 días posparto. La técnica empleada fue la descrita por Edmonson y col. [8], la cual utiliza una escala de 1 a 5 puntos con aproximaciones de 0,25 de punto. El valor de condición corporal para cada vaca se obtuvo del promedio de las calificaciones independientes de tres jueces. La condición corporal al parto se obtuvo durante el primer día posterior al parto.

Análisis estadístico

Intervalos posparto

Las variables evento-tiempo que correspondieron a los intervalos posparto como los días a la aparición del primer folículo dominante, los días a la aparición del primer cuerpo lúteo, y los días para completar la involución uterina, se analizaron utilizando procedimientos de análisis de sobrevivencia disponibles en PROC LIFETEST del paquete estadístico SAS [40].

Para cada uno de los intervalos se obtuvieron curvas de sobrevivencia utilizando como estratos las variables de interés como el nivel de producción de leche acumulada hasta el día 50 después del parto (Alto > 1560 kg; Bajo < 1560 kg), el número de parto (1, 2, 3, 4 o más) y la época de parto (invierno y primavera). El procedimiento LIFETEST de SAS [40] se ajustó usando el método de Kaplan-Meier (opción METHOD = KM en el enunciado PROC) para obtener la media y la mediana de la distribución de la función de sobrevivencia para cada uno de los grupos correspondientes a la variable independiente siendo modelada. También se ajustó la opción PLOTS (S, LS, LLS) para obtener las gráficas de la función de sobrevivencia (S), la función del logaritmo negativo de la función de sobrevivencia (LS), y la función del logaritmo del logaritmo negativo de la función de sobrevivencia (LLS). Estas gráficas se usaron como una forma empírica de revisar si la función de sobrevivencia seguía o no una distribución exponencial. Las diferencias entre los estratos formados por las categorías de las variables explicativas se evaluaron con las pruebas de hipótesis LOG RANK y WILCOXON que produce el procedimiento LIFE-TEST de SAS [40]. Estas son dos pruebas de hipótesis que no

suponen ninguna distribución de la función de sobrevivencia. La prueba LOG RANK indica qué tan separadas están las curvas de la función de sobrevivencia al final de éstas, mientras que la prueba de WILCOXON indica que tan separadas están éstas al inicio [40].

Variables categóricas

Las variables respuesta de tipo categórico como ovario en el que se presentó el primer folículo dominante (1=derecho, 0=izquierdo), ovulación del primer folículo dominante (1=ovuló, 0=no ovuló), ovario del primer cuerpo lúteo (1=derecho, 0=izquierdo) y primera ovulación acompañada con celo (1= si, 0=no), se analizaron a través de regresión logística múltiple haciendo uso del procedimiento LOGISTIC disponible en SAS [40].

Para las variables respuesta de tipo categórico se supuso una distribución binomial, donde la probabilidad (P_i) de que la variable respuesta asuma el valor de 1 (ocurrencia del evento) se modeló con la siguiente expresión:

$$P_i = \text{Prob} (y_i = 1 | x_1, \dots, x_k) = \frac{1}{1 + \exp \left[- \left(\beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i \right) \right]} \quad (1)$$

Donde $P_i = \text{Prob} (y_i = 1 | x_1, \dots, x_k)$ es la probabilidad de la variable respuesta siendo modelada, y_1 es el primer valor ordenado de la variable de respuesta; β_0 es un intercepto, y los β_i 's son los coeficientes de regresión asociados con las variables independientes (x_j). Adicionalmente, para cada variable independiente incluida en el modelo final de regresión logística múltiple, se calcularon los respectivos odds ratios (OR) o riesgos relativos.

Los OR son mediciones estadísticas que indican que tanto es más probable que los individuos expuestos a un factor de riesgo presenten el evento que se está modelando. Un OR de 1 indica que no hay asociación entre el factor de riesgo y la probabilidad de ocurrencia de la variable dependiente que se modeló [19].

Producción de leche

Los datos de producción de leche para cada vaca se ajustaron con el modelo propuesto por Wood [48], haciendo uso del procedimiento NLIN de SAS [40]:

$$y_t = at^b e^{-ct} \quad (2)$$

Donde y_t es la producción individual de leche (kg/día) en el día t de lactancia; a, b y c son parámetros de la ecuación a ser estimados, y e es la base de los logaritmos naturales.

La leche acumulada a los 50 días posparto (PL50) se obtuvo con las predicciones obtenidas con la Ecuación 2. Los valores de PL50 se utilizaron para discriminar las vacas del experimento en altas o bajas productoras. El rango de producción de leche acumulada al día 50 de lactancia fue de 580 a

1520 kg para las vacas bajas productoras y de 2400 a 3800 para las altas productoras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Días después del parto a la aparición del primer folículo dominante

En el presente estudio ni la época ni el número de parto afectaron los días a la aparición del primer folículo dominante ($\alpha=0,05$). A través de números de parto y épocas, la mediana de días a la presentación del primer folículo dominante fue de 12,0. Este resultado concuerda con los $11,6 \pm 8,9$ días obtenidos en estudios con ganado lechero [43] y los $10,2 \pm 2,2$ días reportados en estudios con ganado para carne [28]. En un estudio con ganado lechero [21] se encontraron folículos ováricos pequeños a los cuatro días después del parto, sin embargo, con estos mismos animales se encontraron folículos de 5 a 10 mm a los $15,0 \pm 2,2$ días. En el presente experimento, el 100% de las vacas presentaron el primer folículo dominante en los primeros 20 días posparto, lo cual coincide con los resultados encontrados por otros autores [38]. El crecimiento folicular durante el posparto temprano es el resultado de la secreción de FSH, mientras que la ovulación ocurre sólo cuando se estimula la secreción de LH [47]. Esto significa que el anestro posparto está influenciado principalmente por la falla en la ovulación de dichos folículos y no por la falta de crecimiento folicular [28, 32, 36].

Aun cuando son varios los estudios que demuestran un efecto negativo del nivel de producción de leche sobre los parámetros reproductivos del ganado lechero [7, 11, 17], la relación entre la producción de leche y la aparición del primer folículo dominante ha sido poco estudiada. En el presente trabajo se encontró que la PL50 afectó de manera significativa el intervalo entre el parto y la aparición del primer folículo dominante (FIG. 1, TABLA I). La mediana para esta característica fue dos días más alta para las vacas con PL50 más alta ($13,6$ vs $11,9$; $P<0,05$).

El 40% de las vacas con baja PL50 presentaron un FD a los 8 días posparto, mientras que solo el 13,3% de las vacas con alta PL50 lo presentaron durante el mismo intervalo de tiempo. Las vacas con mayor PL50 requirieron mayor tiempo ($P<0,05$) para presentar un primer FD (TABLA I). Esto pudo deberse a que altas producciones de leche disminuyen tanto la energía disponible para los procesos productivos en el ovario [35] como la frecuencia pulsátil de LH [30]. Oxenreider y Wagner [33] encontraron una relación negativa ($P<0,01$) entre los niveles de glucosa en plasma y el intervalo del parto a la aparición del primer folículo dominante ($r= -0,5$), y entre los niveles de glucosa en plasma y el intervalo desde el parto a la primera ovulación ($r= -0,62$). Al respecto,

Butler [4] menciona que el balance negativo de energía influye en el reinicio de la actividad ovárica posparto a través de la inhibición de la frecuencia pulsátil de LH y las bajas concentraciones de glucosa, insulina e IGF-1 que afectan negativamente la producción de estrógenos por los folículos dominantes.

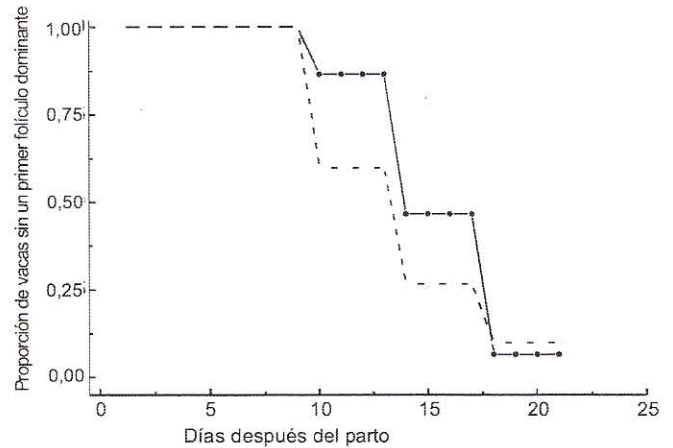


FIGURA 1. CURVAS DE SOBREVIVENCIA PARA DÍAS A LA APARICIÓN DEL PRIMER FOLÍCULO DOMINANTE EN VACAS DE ALTA (—) O BAJA (---) PRODUCCIÓN DE LECHE ACUMULADA HASTA EL DÍA 50 POSPARTO.

**TABLA I
EFECTO DEL NIVEL DE PRODUCCIÓN DE LECHE ACUMULADA AL DÍA 50 POSPARTO SOBRE LOS DÍAS A LA APARICIÓN DEL PRIMER FOLÍCULO DOMINANTE**

Nivel de producción de leche	Mediana (IC al 95%)	$P > \chi^2$	
		Wilcoxon	LogRank
Alto	13,6 (12-16)	0,04	0,13
Bajo	11,9 (8-12)		

El número de parto no afectó ($\alpha=0,05$) la duración del intervalo del parto a la aparición del primer folículo dominante. La mediana de días a la aparición del primer folículo dominante de vacas de 1, 2, 3 y 4 o más partos fue de 12,0 días. Del mismo modo, la época de parto no afectó ($\alpha=0,05$) el intervalo desde el parto hasta la aparición del primer folículo dominante posparto. Los resultados del presente experimento no concuerdan con lo reportado por otros autores [42], quienes encontraron que el intervalo posparto a la detección del primer folículo dominante fue más corto ($P<0,05$) para las vacas que parieron en otoño ($6,8 \pm 1,8$ días) que para las paridas en primavera ($20,0 \pm 10,1$ días).

Ovario en el que se presentó el primer folículo dominante

El 63% de las vacas presentaron el primer folículo dominante en el ovario derecho; sin embargo, ninguna de las variables independientes modeladas (PL50, NP y EP) tuvieron efecto sobre esta variable dependiente. El primer folículo dominante se presentó en el ovario derecho del 70 y 56,6% de las vacas altas y bajas productoras, respectivamente. El 80% de las vacas de tres partos presentaron el primer folículo dominante en el ovario derecho, mientras que las vacas de 1, 2 y 4 o más partos lo presentaron en el mismo ovario sólo en el 60, 50 y 67% de los casos, respectivamente. Una tendencia similar se observó para las vacas que parieron en invierno (58%) y en primavera (69%).

Ovulación del primer folículo dominante

El primer folículo dominante detectado después del parto ovuló en 39 de las 60 vacas (65%). Este resultado concuerda con lo reportado por otros autores [43] quienes encontraron que 14 de 19 vacas (73,7%) ovularon el primer folículo dominante; en contraste, en otro estudio [2] se encontró que sólo 50% de las vacas evaluadas ovularon el primer folículo dominante. En un estudio con ganado para carne [28] se encontró que el primer folículo dominante ovuló en sólo 11% de las vacas. Esto sugiere que restableciéndose la sensibilidad entre el hipotálamo e hipófisis, el ovario es capaz de responder a las gonadotropinas durante el posparto temprano. Aun cuando en el presente experimento, la incidencia de ovulación del primer folículo dominante posparto fue similar ($\alpha=0,05$) para las vacas con alta o baja PL50, las vacas altas productoras presentaron una tasa de ovulación de 73%. Este valor representa un 16,6% más que lo encontrado en las vacas con baja producción de leche.

La tasa de ovulación del primer folículo dominante fue similar entre vacas de 1 (56%), 2 (80%), 3 (80%) y 4 o más partos (60%). Tampoco se observaron diferencias entre vacas que parieron en invierno (61%) o primavera (69%). Sin embargo, las vacas con mayor condición corporal al parto fueron más aptas (OR=9,0; $P<0,05$) para desencadenar la ovulación del primer folículo dominante posparto que las de menor condición corporal al parto (TABLA II). Beam y Butler [2] encontraron que las vacas que llegaron a ovular el primer

folículo dominante posparto presentaron mayores concentraciones de estradiol desde el día 8 al 14 de la lactancia, un intervalo más corto al momento de máxima pérdida de condición corporal y más altas concentraciones de IGF-1. Sin embargo, otros autores [31] encontraron que la condición corporal al parto no afectó la duración del anestro posparto. Rukkamsuk y col. [39] observaron que vacas con una condición corporal alta al momento del parto, perdieron más peso durante el primer mes posparto ($-51,6 \pm 8,9$ vs $-12,0 \pm 2,4$ kg), presentaron mayores concentraciones de triacilglicerol en hígado durante la segunda semana posparto ($86,0 \pm 7,6$ vs $30,8 \pm 3,6$ mg g^{-1} de hígado) y un intervalo más largo a la primera ovulación ($51,9 \pm 11,1$ vs $35,7 \pm 7,1$ días) que vacas con una condición corporal normal. Sin embargo, Lucy y col. [25] encontraron que vacas con acceso a una fuente de grasa de sobrepeso, aumentaron el número de folículos de 6-9 mm de diámetro pero disminuyeron el número de folículos de 3-5 mm de diámetro durante los primeros 25 días posparto. Esto favoreció un rápido reinicio de actividad ovárica debido a mayores concentraciones de LH plasmática en vacas con un balance energético positivo.

Días después del parto a la aparición del primer cuerpo lúteo

La aparición del primer cuerpo lúteo posparto representa el reinicio de los ciclos ováricos después del parto y se estima

TABLA II

COEFICIENTES DE REGRESIÓN (\pm ERROR ESTÁNDAR), ODDS RATIOS, INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95% PARA LOS ODDS RATIOS Y NIVEL DE SIGNIFICANCIA PARA OVULACIÓN DE LA PRIMERA ONDA FOLICULAR EN VACAS HOLSTEIN EN CONFINAMIENTO

Variable	Coefficiente de regresión	Odds ratios (OR)	Intervalo de Confianza al 95% para los OR	$P>\chi^2$
Nivel de Producción de leche ¹				NS
Alto	0,0786 0,57	1,17	(0,13-11,0)	
Bajo	Referencia	1,0		
Número de parto				NS
1	-1,03 0,94	0,71	(0,06-8,4)	
2	0,96 0,87	5,2	(0,45-60,0)	
3	0,76 0,83	4,3	(0,37-49,0)	
4 o más	Referencia	1,0		
Época de parto				NS
Invierno	0,05 0,38	1,1	(0,25-4,9)	
Primavera	Referencia	1,0		
Condición corporal a l parto				0,05
2,8 a 3,41	Referencia	1,0		
3,42 a 3,59	0,64 0,52	7,9	(1,2-53,0)	
3,60 y más	0,78 0,51	9,0	(1,4-58,0)	

¹ Producción de leche acumulada desde el parto hasta el día 50 de lactancia (Bajas: 580 a 1520 kg; Altas: 2400 a 3800 kg).

que cuatro días antes de su detección con el equipo de ultrasonografía, la vaca presenta la ovulación de un folículo dominante. En este estudio, el primer cuerpo lúteo posparto se detectó a los $22,4 \pm 10,9$ días después del parto (rango de 12 a 68 días). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros autores [21, 45], quienes observaron que la primera ovulación posparto se presenta a los $18,4 \pm 1,7$ días (2,4 días después de detectar los folículos de 1,5-2,0 mm de diámetro) y $24,4 \pm 2,3$ días, respectivamente. Sin embargo, Savio y col. [43] encontraron un mayor intervalo entre el parto y la primera ovulación posparto ($27,4 \pm 23$ días, rango 9-85 días).

Para el día 16 después del parto, el 41,7% de las vacas en el experimento presentaron un cuerpo lúteo, mientras que este valor se incrementó a 83,3 y 96,7% para el día 28 y 44 después del parto. Rajamahendran y Taylor [36] encontraron un cuerpo lúteo en el 40 y 80% de las vacas para el día 14 y 25 posparto, respectivamente. Roche y col. [38] mencionan que el 45% de las vacas presentaron la primera ovulación en los primeros 30 días de la lactancia, mientras que para el día 45 posparto el 82% de las vacas habían presentado al menos una ovulación. Por otro lado, Staples y Thatcher [46] encontraron que el 44,4 y 70,3% de las vacas presentaron una ovulación antes de los 40 y 60 días después del parto, respectivamente. Canfield y Butler [6] comentan que la primera ovulación posparto está correlacionada con la frecuencia pulsátil de LH ($r=0,63$; $P<0,05$) y los días posparto ($r=0,91$; $P<0,01$).

El intervalo del parto a la detección del primer cuerpo lúteo posparto fue similar entre vacas con alta ($23,0 \pm 12,9$ días) o baja ($21,8 \pm 9,0$ días) producción de leche acumulada al día 50 posparto. Bulman y Lamming [3], no encontraron relación entre la producción de leche a las 4 y 8 semanas posparto y el reinicio de los ciclos ováricos (definido como la primera medición de progesterona en leche mayor a 3 ng ml^{-1}). Otros trabajos han determinado que la producción de leche en los primeros 75 [18] y 100 [31] días posparto no afectaron el reinicio de la actividad ovárica. Butler y col. [5] encontraron una correlación baja ($r=0,3$) entre la producción de leche de los primeros 20 días de lactancia y los días a la primera ovulación posparto. En contraste, Staples y Thatcher [46] encontraron que vacas con un periodo largo de anestro posparto, produjeron menos leche, comieron menos alimento y perdieron más peso corporal que vacas que reiniciaron más rápidamente la actividad ovárica después del parto.

Por otro lado, Marion y Gier [26] observaron que vacas que produjeron en promedio más de 30 kg día^{-1} de leche corregida a 4% de grasa durante los primeros 120 días posparto, requirieron mayor tiempo para presentar la primera ovulación posparto (15,5 vs 13,1 días). Stevenson y Britt [47] encontraron que vacas con bajas producciones de leche corregida al 4% de grasa durante las primeras 6 semanas posparto ($22,9 \pm 0,2 \text{ kg día}^{-1}$) presentaron la primera ovulación en los primeros 14 días posparto ($P<0,05$), en comparación con las vacas que ovularon entre los 15-20 días ($27,2 \pm 0,3 \text{ kg día}^{-1}$) y después de los 20 días posparto ($29,8 \pm 0,5 \text{ kg día}^{-1}$).

Existe mucha controversia con relación al posible efecto que tiene la producción de leche sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto. Esto se debe a que el balance de energía en la vaca es más importante que la producción de leche *per se* en determinar el reinicio de la actividad ovárica, por lo que la producción de leche por si sola puede estar positivamente o negativamente relacionada con el anestro posparto [31, 46]. Butler y col. [5] mencionan que la primera ovulación posparto se presenta alrededor de los 10 días después de que el balance de energía empieza a retornar a cero.

Las vacas de cuatro o más partos reiniciaron los ciclos ováricos más tarde ($P<0,05$) que el resto de las vacas que entraron al experimento (FIG. 2, TABLA III). Opsomer y col. [31] encontraron que solo el 17% de las vacas de 2 y 3 partos retardaron el reinicio de la actividad ovárica después de los 50 días en leche ($P<0,05$) en comparación con el 28 y 26% de las vacas de 1 y 4 o más partos. Particularmente, en este estudio el 100% de las vacas de segundo parto presentaron un cuerpo lúteo en los primeros 30 días posparto, en comparación con 84, 90, y 67% de las vacas de 1, 3 y 4 o más partos, respectivamente. Del total de las vacas en el experimento, el 83% de ellas reiniciaron la actividad ovárica en los primeros 30 días posparto, lo cual concuerda con el 80% reportado por otros autores [3].

Los resultados obtenidos en este estudio corroboran lo reportado por otros autores [47], quienes encontraron un periodo más largo ($P<0,10$) de anestro posparto en vacas multiparas (18,7 días) que en vacas primíparas (16,3 días). Del mismo modo, Eger y col. [9] encontraron que el 99% de las vacas primíparas y el 93% de las vacas multiparas reiniciaron la actividad ovárica posparto (medida a través de concentraciones de progesterona en leche $>0,5 \text{ ng ml}^{-1}$) en los primeros 35 días posparto. Por otro lado, aunque las diferencias no fueron significativas,

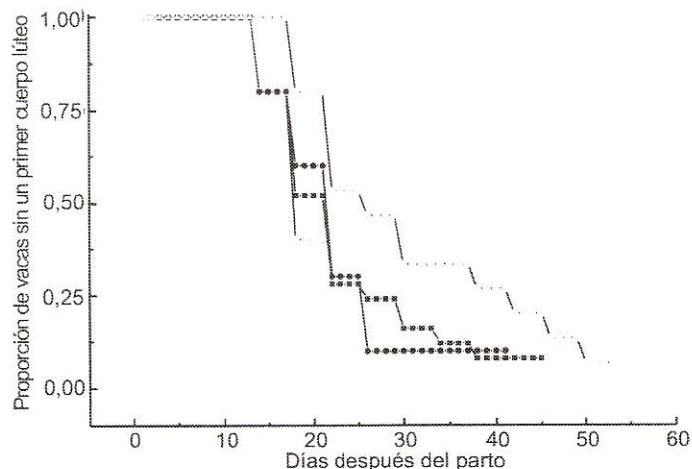


FIGURA 2. CURVAS DE SOBREVIVENCIA PARA DÍAS A LA APARICIÓN DEL PRIMER CUERPO LÚTEO POSPARTO EN VACAS HOLSTEIN DE 1 (—●—), 2 (—▲—), 3 (—■—) Y 4 Ó MÁS PARTOS (—▼—).

Bulman y Lamming [3] encontraron mayores intervalos al reinicio de la actividad ovárica en vacas de 6 ($28,3 \pm 3,5$ días), 7 ($29,3 \pm 4,9$ días), 8 ($39,7 \pm 4,1$ días) y 9 partos ($41,2 \pm 4,1$ días) que en vacas de 1 ($24,5 \pm 1,5$ días), 2 ($22,4 \pm 0,9$ días) o 3 ($22,3 \pm 1,2$ días) partos. El mayor tiempo requerido por vacas más viejas para presentar un cuerpo lúteo, puede deberse a sus menores producciones de LH, lo cual no permite la maduración de los folículos y por consiguiente su ovulación [47].

El-Din y col. [10] encontraron que vacas de tres o más partos reiniciaron la actividad ovárica a los $30,3 \pm 3,6$ días después del parto, mientras que las vacas de uno y dos partos presentaron un intervalo de $25,5 \pm 2,9$ y $26,0 \pm 2,1$ días, respectivamente. En el presente estudio el reinicio de la actividad ovárica también fue afectado ($P < 0,01$) por la época del año en que las vacas parieron (FIG 3, TABLA IV). El 82,7% de las vacas que parieron en primavera presentaron un cuerpo lúteo en los primeros 20 días posparto contra solo el 58% de las vacas que parieron en invierno. Estos resultados corroboran lo encontrado por Opsomer y col. [31], quienes observaron que el 38% de las vacas que parieron en invierno retardaron el reinicio de la actividad ovárica después de los 50 días en leche. Peters [34] encontró un menor periodo de anestro posparto en vacas que parieron de mayo a octubre (35,9 días) que en aquellas que parieron de noviembre a abril (70,8 días).

El-Din y col. [10] encontraron que vacas que parieron en el periodo otoño-invierno reiniciaron la actividad ovárica a los $28,1 \pm 1,7$ días después del parto, mientras que las que parieron en el periodo primavera-verano presentaron un intervalo de $25,5 \pm 1,4$ días. Esto pudo deberse a que las altas temperaturas en primavera estimulan la producción de prostaglandinas en útero, con lo que se minimiza la actividad posparto del cuerpo lúteo de la preñez; con esto se reduce el efecto negativo de esta estructura ovárica sobre el crecimiento folicular [23]. Además, la vaca puede tener cierta sensibilidad al fotoperiodo, con lo que ésta se predispone a parir al final de la primavera, que es cuando existe abundancia de forraje [34].

Primera ovulación acompañada con celo

El 30% de las vacas acompañaron la primera ovulación posparto con signos manifiestos de celo, lo cual coincide con lo reportado en otros estudios [47]. Sin embargo, Savio y col. [43] solo detectaron el 6% de las vacas en calor durante la primera ovulación. Spicer y col. [45] encontraron que el 60% las vacas con balance de energía positivo durante las primeras 12 semanas posparto presentaron la primera ovulación acompañada con signos de celo, mientras que sólo el 16,7% vacas con balance de energía negativo lo hicieron. La baja detección de signos de celo en las vacas con balance de energía negativo se debe a las bajas concentraciones de IGF-1, mismas que pueden alterar la producción de estradiol folicular. Del mismo modo, Kyle y col. [22] mencionan que la ausencia de signos manifiestos de celo en los primeros ciclos posparto puede deberse a las bajas concentraciones de progesterona antes del estro.

TABLA III
EFECTO DEL NÚMERO DE PARTO SOBRE LOS DÍAS DESPUÉS DEL PARTO A LA APARICIÓN DEL PRIMER CUERPO LÚTEO

Número de parto	Mediana (IC al 95%)	P > χ^2	
		Wilcoxon	LogRank
1	20 (16-20)		
2	16 (16-20)		
3	20 (16-24)	0,03	0,01
4 o más	24 (20-36)		

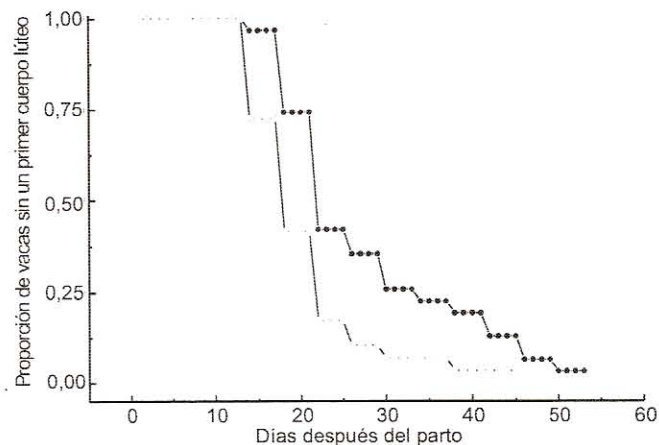


FIGURA 3. CURVAS DE SOBREVIVENCIA PARA DÍAS A LA APARICIÓN DEL PRIMER CUERPO LÚTEO POSPARTO EN VACAS HOLSTEIN PARIDAS EN PRIMAVERA (—○—) O EN INVIERNO (—△—).

TABLA IV
EFECTO DE LA ÉPOCA DE PARTO SOBRE LOS DÍAS A LA APARICIÓN DEL PRIMER CUERPO LÚTEO

Época de parto	Mediana (IC al 95%)	P > χ^2	
		Wilcoxon	LogRank
Invierno	20(20-28)		
Primavera	16(16-20)	0,002	0,003

La incidencia de celos en la primera ovulación posparto no se afectó por ninguna de las variables estudiadas. El 27 y 33% de las vacas con alta o baja PL50 presentaron signos de celo en la primera ovulación posparto, respectivamente. Estos hallazgos están en desacuerdo con los resultados obtenidos por Spicer y col. [45], quienes encontraron una relación inversa entre la producción de leche y la secreción de IGF-1. Similarmente, el 36; 20; 30 y 27% de las vacas de 1; 2; 3 y 4 o más partos, presentaron la primera ovulación posparto acompañada con signos de celo, respectivamente. Las vacas que parieron en invierno y primavera presentaron una incidencia de celo similar durante la primera ovulación posparto (29 y 31%). Sin

embargo, Spicer y *col.* [45] mencionan que la concentración de IGF-1 en suero sanguíneo está negativamente correlacionada con la temperatura ambiental, por lo que una mayor temperatura ambiental reduce la secreción de esta hormona y se disminuye la presencia de celos en el ganado.

Ovario del primer cuerpo lúteo posparto

El 63,3% de las vacas del experimento presentaron la primera ovulación posparto en el ovario derecho. Esta mayor actividad en el ovario derecho ha sido reportada en otros estudios [13, 29]. Sin embargo, Oxenreider y Wagner [33] reportaron una incidencia similar de ovulación entre el ovario derecho (48,6%) y ovario izquierdo (51,4%). Únicamente la PL50 afectó esta característica. Las vacas con mayor PL50 presentaron un 27% más de ovulaciones en el ovario derecho ($P < 0,05$) que las vacas con PL50 baja (FIG 4).

Aunque el mecanismo mediante el cual la producción de leche afecta el ovario en el que se presenta la ovulación no ha sido determinado, es posible que el calor producido por la fermentación en el rumen puede influir en la presencia de mayores ovulaciones en el ovario derecho. La presencia del cuerpo lúteo en regresión de la preñez anterior inhibe el crecimiento folicular en el mismo ovario durante el posparto temprano [15]. Esto pudo haber ocasionado la presencia de mayores ovulaciones en el ovario derecho; sin embargo, durante el experimento no se registró de manera rutinaria el ovario en el que estuvo presente el cuerpo lúteo de la preñez. Finalmente, ni la época ni el número de parto tuvieron efecto ($\alpha = 0,05$) sobre el ovario en que se presentó la primera ovulación posparto.

Días para completar la involución uterina

La involución uterina se completó a los $35,8 \pm 18,2$ días, lo cual concuerda con lo encontrado por Guilbault y *col.* [16], quienes reportaron una involución uterina total al día 35 posparto. Por otro lado, Lindell y *col.* [24] reportaron que la involución uterina se completó a los $29,6 \pm 7,7$ días después del parto. El 33% de las vacas completaron la involución uterina en los primeros 28 días después del parto, mientras que este valor se incrementó a 86% para el día 40 posparto. Los resultados concuerdan con los reportados por El-Din y *col.* [10], quienes encontraron que el 29,2 y 80,6% de las vacas completaron la involución uterina en los primeros 28 y 35 días después del parto.

La producción de leche y el número de parto no afectaron el tiempo posparto para completar la involución uterina. Las vacas con mayor PL50 requirieron un día más para completar la involución uterina que las vacas de menor PL50 ($36,3 \pm 21,7$ vs $35,3 \pm 14,3$ días), sin que la diferencia haya sido estadísticamente significativa. Estos resultados están en desacuerdo con lo encontrado por Fonseca y *col.* [12], quienes observaron que las vacas con mayores producciones de leche involucionaron más rápido. La involución uterina para las vacas de 1; 2; 3 y 4 o más partos tomó el mismo tiempo ($\alpha = 0,05$) y se alcanzó a los 32; 28; 36 y 32 días, respectivamente, lo que

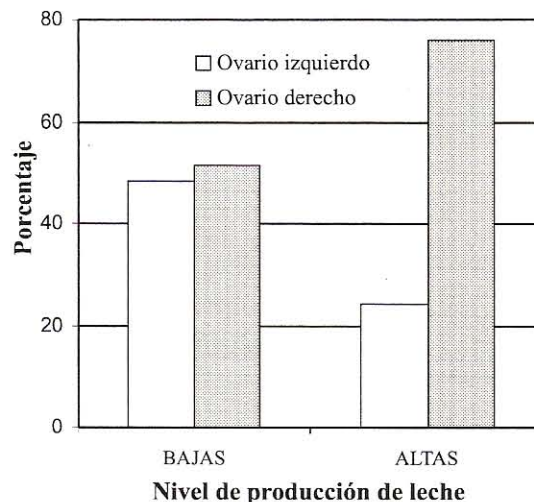


FIGURA 4. EFECTO DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE ACUMULADA A LOS 50 DÍAS POSPARTO SOBRE EL OVARIO EN EL QUE SE PRESENTÓ LA PRIMERA OVULACIÓN.

coincide con lo reportado por Rajamahendran y Taylor [36], quienes observaron un intervalo similar a la involución uterina en vacas primíparas (25 ± 1 días) y multíparas (27 ± 6 días). Del mismo modo, las vacas que parieron en invierno requirieron cuatro días menos que las paridas en primavera para completar la involución uterina (32 vs 36 días; $P < 0,05$) (FIG 5, TABLA V). Estos resultados están en desacuerdo con lo encontrado por Lewis y *col.* [23], quienes mencionan que altas temperaturas ambientales de la primavera aumentan la vascularización de las carúnculas en el útero por lo que se favorece una mayor producción de prostaglandinas y una mayor tasa de involución uterina.

CONCLUSIONES

Ni el número ni la época de parto afectaron el intervalo desde el parto hasta la aparición del primer folículo dominante. Estas variables tampoco afectaron la probabilidad de ovulación de este folículo. Sin embargo, este intervalo fue mayor para vacas con mayor producción de leche acumulada a los 50 días posparto. La probabilidad de ovulación del primer folículo dominante fue más alta para vacas con condición corporal al parto mayor a 3,6 unidades que para vacas con condición corporal más pobre. La producción de leche acumulada al día 50 posparto no afectó el intervalo desde el parto a la aparición del primer cuerpo lúteo. Sin embargo, vacas de cuatro o más partos presentaron intervalos desde el parto a la aparición del primer cuerpo lúteo más largos que vacas de 1; 2, o 3 partos. Vacas que parieron en primavera reiniciaron la actividad ovárica posparto más rápido que aquéllas que parieron en el invierno. La producción de leche acumulada al día 50 posparto y el número de parto no afectaron el tiempo necesario para completar la involución uterina posparto. Sin embargo, vacas que parieron en invierno requirieron significativamente menos tiempo para invo-

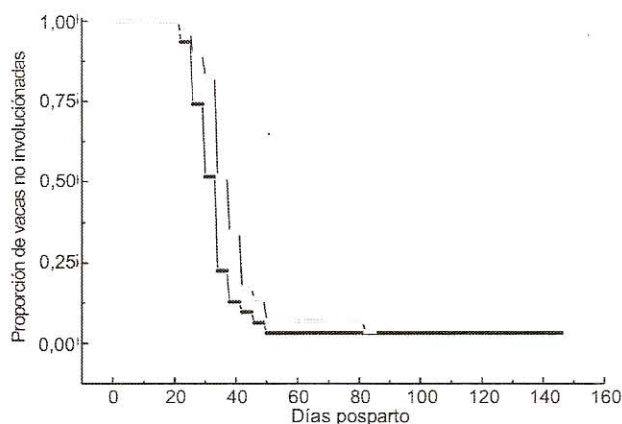


FIGURA 5. CURVAS DE SOBREVIVENCIA PARA DÍAS PARA COMPLETAR LA INVOLUCIÓN UTERINA POSPARTO DE VACAS HOLSTEIN PARIDAS EN INVIERNO (—•—) Y EN PRIMAVERA (—○—).

**TABLA V
EFECTO DE LA ÉPOCA DE PARTO SOBRE LOS DÍAS PARA COMPLETAR LA INVOLUCIÓN UTERINA EN VACAS HOLSTEIN**

Época de parto	Mediana (IC al 95%)	P > χ^2	
		Wilcoxon	LogRank
Invierno	32(28-32)	0,009	0,05
Primavera	36(32-40)		

lucionar el útero que vacas paridas en primavera. Se concluye que el crecimiento folicular durante el posparto temprano no es la principal limitante para restablecer la actividad ovárica en vacas lecheras manejadas en confinamiento total.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México para el desarrollo del presente trabajo en la Universidad Autónoma Chapingo, México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BAO, B.; GARVERICK, H.A. Expression of steroidogenic enzyme and gonadotropin receptor genes in bovine follicles during ovarian follicular waves: a review. **J. Anim. Sci.** 76:1903-1921. 1998.
- [2] BEAM, S.W.; BUTLER, W.R. Energy balance, metabolic hormones, and early postpartum follicular development in dairy cows fed prilled lipid. **J. Dairy Sci.** 81:121-131. 1998.
- [3] BULMAN, D.C.; LAMMING, G.E. Milk progesterone levels in relation to conception, repeat breeding and factors influencing acyclicity in dairy cows. **J. Reprod. Fertil.** 54:447-458. 1978.
- [4] BUTLER, W.R. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. **Anim. Reprod. Sci.** 60-61:449-457. 2000.
- [5] BUTLER, W.R.; EVERETT, R.W.; COPPOCK, C.E. The relationships between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. **J. Anim. Sci.** 53:742-748. 1981.
- [6] CANFIELD, R.W.; BUTLER, W.R. Energy balance and pulsatile LH secretion in early postpartum dairy cattle. **Domest. Anim. Endocrinol.** 7:323-330. 1990.
- [7] DHALIWAL, G.S.; MURRIA, R.D.; DOBSON, H. Effects of milk yield, and calving to first service interval, in determining herd fertility in dairy cows. **Anim. Reprod. Sci.** 41:109-117. 1996.
- [8] EDMONSON, A.J.; LEAN, I.J.; WEAVER, L.D.; FARVER, T.; WEBSTER, G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. **J. Dairy Sci.** 72:68-78. 1989.
- [9] EGER, S.; SHEMESH, M.; SCHINDLER, H.; AMIR, S.; FOOTE, R.H. Characterization of short luteal cycles in the early post-partum period and their relation to reproductive performance of dairy cows. **Anim. Reprod. Sci.** 16:215-224. 1988.
- [10] EL-DIN, A.Z.; NAKAO, T.; RAOUF, M.A.; MORIYOSHI, M.; KAWATA, K.; MORITSU, Y. Factors in the resumption of ovarian activity and uterine involution in postpartum dairy cows. **Anim. Reprod. Sci.** 38:203-214. 1995.
- [11] FAUST, M.A.; MCDANIEL, B.T.; ROBISON, O.W.; BRITT, J.H. Environmental and yield effects on reproduction in primiparous Holstein. **J. Dairy Sci.** 71:3092-3099. 1988.
- [12] FONSECA, F.A.; BRITT, J.H.; MCDANIEL, B.T.; WILK, J.C.; RAKES, A.H. Reproductive traits of Holsteins and Jerseys. Effects of age, milk yield, and clinical abnormalities on involution of cervix and uterus, ovulation, estrous cycles, detection of estrus, conception rate, and days open. **J. Dairy Sci.** 66:1128-1147. 1983.
- [13] FRICKE, P.M.; WILTBANK, M.C. Effect of milk production on the incidence of double ovulation in dairy cows. **Theriogenol.** 52:1133-1143. 1999.
- [14] GARCÍA, E. **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a la República Mexicana.** Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 217 pp. 1988.
- [15] GINTHER, O.J.; KASTELIC, J.P.; KNOPF, L. Intraovarian relationships among dominant and subordinate follicles and the corpus luteum in heifers. **Theriogenol.** 32:787-795. 1989.
- [16] GUILBAULT, L.A.; THATCHER, W.W.; DROST, M.; HAI-BEL, G.K. Influence of a physiological infusion of prosta-

- glandin $F_{2\alpha}$ into postpartum cows with partially suppressed endogenous production of prostaglandins. I. Uterine and ovarian morphological responses. **Theriogenol.** 27:931-946. 1987.
- [17] HAGEMAN, W.H.; SHOOK, G.E.; TYLER, W.J. Reproductive performance in genetic lines selected for high or average milk yield. **J. Dairy Sci.** 74:4366-4376. 1991.
- [18] HARRISON, R.O.; FORD, S.P.; YOUNG, J.W.; CONLEY, A.J.; FREEMAN, A.E. Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cows. **J. Dairy Sci.** 73:2749-2758. 1990.
- [19] HOSMER, D.W.; LEMESHOW, S. **Applied Logistic Regression.** Editorial John Wiley and Sons. USA. 305 pp. 1989.
- [20] IRELAND, J.J. Control of follicular growth and development. **J. Reprod. Fertil. Suppl.** 4:39-54. 1987.
- [21] KESLER, D.J.; GARVERICK, H.A.; BIERSCHWAL, C.J.; ELMORE, R.G.; YOUNGQUIST, R.S. Reproductive hormones associated with normal and abnormal changes in ovarian follicles in postpartum dairy cows. **J. Dairy Sci.** 62:1290-1296. 1979.
- [22] KYLE, S.D.; CALLAHAN, C.J.; ALLRICH, R.D. Effect of progesterone on the expression of estrus at the first postpartum ovulation in dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 75:1456-1460. 1992.
- [23] LEWIS, G.S.; THATCHER, W.W.; BLISS, E.L.; DROST, M.; COLLIER, R.J. Effects of heat stress during pregnancy on postpartum reproductive changes in Holstein cows. **J. Anim. Sci.** 58:174-186. 1984.
- [24] LINDELL, J.O.; KINDAHL, H.; JANSSON, L.; EDQVIST, L.E. Post-partum release of prostaglandin $F_{2\alpha}$ and uterine involution in the cow. **Theriogenol.** 17:237-245. 1982.
- [25] LUCY, M.C.; STAPLES, C.R.; MICHEL, F.M.; THATCHER, W.W. Effects of feeding calcium soaps to early postpartum dairy cows on plasma prostaglandin $F_{2\alpha}$, luteinizing hormone, and follicular growth. **J. Dairy Sci.** 74:483-489. 1991.
- [26] MARION, G.B.; GIER, H.T. Factors affecting bovine ovarian activity after parturition. **J. Anim. Sci.** 27:1621-1626. 1968.
- [27] MURPHY, B.D.; PESCADOR, N. Control de la foliculogénesis bovina por factores endocrinos y paracrinos. **Memorias VII Curso Internacional de Reproducción Bovina.** Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México, D.F. 24-27 de mayo. 73-86 pp. 1997.
- [28] MURPHY, M.G.; BOLAND, M.P.; ROCHE, J.F. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post-partum beef suckler cows. **J. Reprod. Fertil.** 90:523-533. 1990.
- [29] NATION, D.P.; BURKE, C.R.; RHODES, F.M.; MACMILLAN, K.L. The inter-ovarian distribution of dominant follicles is influenced by the location of the corpus luteum of pregnancy. **Anim. Reprod. Sci.** 56:169-176. 1999.
- [30] NOLAN, C.J.; BULL, R.C.; SASSER, R.G.; RUDER, C.A.; PANLASIGUI, P.M.; SCHOENEMAN, H.M.; REEVES, J.J. Postpartum reproduction in protein restricted beef cows: Effect on the hypothalamic-pituitary-ovarian axis. **J. Anim. Sci.** 66:3208-3217. 1988.
- [31] OPSOMER, G.; GRÖHN, Y.T.; HERTL, J.; CORYN, M.; DELUYKER, H.; DE KRUIF, A. Risk factors for post partum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: a field study. **Theriogenol.** 53:841-857. 2000.
- [32] OPSOMER, G.; MIJTEN, P.; CORYN, M.; DE KRUIF, A. Post-partum anoestrus in dairy cows: a review. **The Vet. Quarter.** 18:68-75. 1996.
- [33] OXENREIDER, S.L.; WAGNER, W.C. Effect of lactation and energy intake on postpartum ovarian activity in the cow. **J. Anim. Sci.** 33:1026-1031. 1971.
- [34] PETERS, A.R. Reproductive activity of the cow in the post-partum period. I. Factors affecting the length of the post-partum acyclic period. **Br. Vet. J.** 140:76-84. 1984.
- [35] RABIEE, A.R.; LEAN, I.J.; GOODEN, J.M.; MILLER, B.G. Relationships among metabolites influencing ovarian function in the dairy cow. **J. Dairy Sci.** 82:39-44. 1999.
- [36] RAJAMAHENDRAN, R.; TAYLOR, C. Characterization of ovarian activity in postpartum dairy cows using ultrasound imaging and progesterone profiles. **Anim. Reprod. Sci.** 22:171-180. 1990.
- [37] ROCHE, J.F.; BOLAND, M.P. Turnover of dominant follicles in cattle of different reproductive states. **Theriogenol.** 35:81-90. 1991.
- [38] ROCHE, J.F.; CROWE, M.A.; BOLAND, M.P. Postpartum anoestrus in dairy and beef cows. **Anim. Reprod. Sci.** 28:371-378. 1992.
- [39] RUKKWAMSUK, T.; WENSING, T.; KRUIP, T.A.M. Relationship between triacylglycerol concentration in the liver and first ovulation in postpartum dairy cows. **Theriogenol.** 51:1133-1142. 1999.
- [40] STATISTIC ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/STAT®. User's guide,** Version 6, 4th, Volume 2, Cary (NC): SAS Institute Inc., 846 pp. 1989.
- [41] SAVIO, J.D.; KEENAN, L.; BOLAND, M.B.; ROCHE, J.F. Pattern of growth of dominant follicles during the oestrus cycle of heifers. **J. Reprod. Fertil.** 83:663-671. 1988.
- [42] SAVIO, J.D.; BOLAND, M.P.; ROCHE, J.F. Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in

- post-partum dairy cows. **J. Reprod. Fertil.** 88:581-591. 1990a.
- [43] SAVIO, J.D.; BOLAND, M.P.; HYNES, N.; ROCHE, J.F. Resumption of follicular activity in the early post-partum period of dairy cows. **J. Reprod. Fertil.** 88:569-579. 1990b.
- [44] SAVIO, J.D.; BOLAND, M.P.; HYNES, N.; MATTIACCI, M.R.; ROCHE, J.F. Will the first dominant follicle of the estrous cycle of heifers ovulate following luteolysis on day 7?. **Theriogenol.** 33:677-687. 1990c.
- [45] SPICER, L.J.; TUCKER, W.B.; ADAMS, G.D. Insulin-like growth factor-I in dairy cows: relationships among energy balance, body condition, ovarian activity, and estrous behavior. **J. Dairy Sci.** 73:929-937. 1990.
- [46] STAPLES, C.R.; THATCHER, W.W. Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. **J. Dairy Sci.** 73:938-947. 1990.
- [47] STEVENSON, J.S.; BRITT, J.H. Relationships among luteinizing hormone, estradiol, progesterone, glucocorticoids, milk yield, body weight and postpartum ovarian activity in Holstein cows. **J. Anim. Sci.** 48:570-577. 1979.
- [48] WOOD, P.D.P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. **Nature.** 216:164-165. 1967.