

EVALUACIÓN BIOLÓGICA SIMULADA DE LACTANCIAS EXTENDIDAS EN VACAS HOLSTEIN DE ALTA PRODUCCIÓN

SIMULATED BIOLOGICAL EVALUATION OF EXTENDED LACTATIONS IN HIGH PRODUCING HOLSTEIN COWS

PABLO DAVIS M.¹, GIORGIO CASTELLARO G.², JUAN CARLOS MAGOFKE S.², EDMUNDO GANA V.², HUMBERTO GONZÁLEZ V.² y XIMENA GARCÍA F.²

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Producción Animal
Casilla 1004, Santiago, Chile

RESUMEN

El estudio usó información proveniente de vacas Holstein de alta producción en un régimen de estabulación permanente. Se utilizaron 2.637 lactancias de un predio particular ubicado en La Unión, Región de Los Ríos, Chile. Sus objetivos fueron cuantificar el nivel reproductivo de las vacas fértiles y relacionarlo con el nivel productivo y la composición de la leche. Se estimó, además, la producción láctea bajo escenarios hipotéticos de diferentes largos de lactancia y de periodo seco.

Las vacas más productivas presentaron lapsos parto-preñez (LPP) más prolongados, respecto a aquellas de menor mérito. La relación grasa/proteína y el tenor graso al "peak" de las lactancias mostró una relación inversa con la longitud del LPP. Las lactancias extendidas (15-18 meses) presentaron producciones de leche, grasa y proteína similares a las tradicionales, en las cuales se pretenden lograr partos anuales. La simulación hecha con periodos secos de 30 días obtuvo una producción de leche sin corregir, de grasa y de proteína 6,2; 4,9 y 4,8% mayor, respectivamente respecto a lactancias precedidas por periodos secos de 60 días.

Palabras clave: comportamiento reproductivo de vacas fértiles, Holstein Americano de alta producción, modelación de lactancias extendidas.

SUMMARY

This study was performed with high producing Holstein cows under permanent confinement, by using 2,637 lactations from a commercial dairy herd located at La Unión, Región of The Rivers, Chile. The reproductive level of fertile cows was determined and related with the productive level and milk composition; besides, milk production under diverse hypothetical lactation and dry period lengths were determined as well.

The more productive cows had longer conceptual intervals (CI) than the less productive ones. Fat to protein ratio showed an inverse trend with respect to CI. Extended lactations (15-18 months) resulted in amounts of milk, fat and protein similar to those of traditional ones, in which annual calvings are intended. The 30 day dry period simulation had a 6.2; 4.9 and 4.8% higher milk, fat and protein yield, respectively than 60 days dry period simulation.

Key words: extended lactation simulation, high-yielding Holstein cattle, reproductive performance of fertile cows.

¹ Ingeniero Agrónomo, Mg. Sci. Este trabajo se basa en parte de los resultados obtenidos en su Tesis de Grado.

² Académicos del Departamento de Producción Animal, Facultad de Cs. Agronómicas, Universidad de Chile.

INTRODUCCIÓN

La literatura coincide en señalar que el óptimo en explotaciones lecheras es la obtención de un parto por vaca al año. Para lograrlo se plantea que las hembras se deben preñar entre los 60 y los 90 días posparto, producir leche 305 días y tener un periodo seco entre 51 y 60 días. Es importante señalar que esta recomendación es válida con producciones inferiores a 6.000 kg de leche por lactancia, en sistemas donde la pradera es la principal fuente de alimentación. En esta realidad a medida que la pradera comienza a disminuir en cantidad y calidad, la producción de leche decae y, por consiguiente, se produce un secado casi espontáneo. Debido a esto, en tales sistemas es importante que las vacas inicien una nueva lactancia cada año.

En vacas de alta producción (más de 6.000 kg de leche por lactancia), con raciones ajustadas según los requerimientos, pueden existir mejores opciones. En esta situación se produce una mayor movilización de tejidos para sustentar un balance energético más negativo y prolongado, por lo tanto, de existir ovulaciones, por lo general son infértiles (Ibarra y Latrille, 1999). Intentar preñar este tipo de animales a los 60 días posparto tiene, por consiguiente, un resultado incierto. Adicionalmente a los 305 días es frecuente encontrar vacas con producciones diarias de 30 kg de leche. El secado, con tal nivel de producción, además de la pérdida que esto ocasiona, aumenta el riesgo de tener problemas de ubre y la necesidad de usar antibióticos durante el periodo seco (Bertilson *et al.*, 1997).

La selección ha logrado aumentos sustantivos en la producción individual de leche, pero adicionalmente ha generado un efecto detrimental en el comportamiento reproductivo en las vacas lecheras de alta producción (Butler, 2000; de Vries y Veerkamp, 2000; Heuer *et al.*, 2000; Lucy, 2000; Lucy, 2001; Butler, 2003; Sakaguchi *et al.*, 2004). Estos animales presentan un balance energético negativo más severo y prolongado que las vacas de menor rendimiento (Butler,

2003). La incapacidad de ingerir los nutrientes necesarios para sustentar tal nivel de producción (Gravert, 1985; Van Arendonk *et al.*, 1991), unido a que el aumento del consumo de la vaca en el inicio de su lactancia es más lento que el incremento de la producción de leche (Holmes *et al.*, 1984), provoca esta respuesta correlacionada.

El balance energético, por lo tanto, se encuentra influido, tanto por el potencial de producción de las vacas, como por su capacidad de consumo y movilización de reservas corporales. Es importante no confundir altos niveles de producción con un balance energético negativo más severo y prolongado, ya que su magnitud y duración está relacionada principalmente con el consumo de materia seca, lo que a su vez depende de la condición corporal de los animales al parto. Vacas con condiciones corporales muy alta o muy baja, tienen consumos inferiores respecto de aquellas en que esta variable es moderada, en dicho periodo (Butler, 2000; Butler, 2003).

La condición corporal, y especialmente los cambios que en ella se producen durante la lactancia, ha sido utilizada como un indicador del balance energético (Edmonson *et al.*, 1989). Como la medición de esta variable es subjetiva, algunos autores han evaluado la relación entre el balance energético con la composición de la leche (De Vries y Veerkamp, 2000; Heuer *et al.*, 2000). Ambos estudios concuerdan en que el tenor graso y la relación entre grasa y proteína (RGP) son indicadores confiables del balance energético de los animales, siendo el tenor graso el que mejor lo predice.

Por otra parte la mayoría de los estudios que recomiendan un periodo seco cercano a los 60 días, en vacas de alta producción, son producto de análisis de datos retrospectivos. En tales casos, los periodos secos inferiores a 60 días no fueron planificados (Bachman y Schairer, 2003; Grummer y Rastani, 2004; Rastani *et al.*, 2005). Bachman y Schairer (2003) y Grummer y Rastani (2004) señalan que, siendo importante el periodo seco entre dos lactancias sucesivas para permitir una elevada producción de leche en la lactancia siguiente,

su longitud óptima no se encuentra bien determinada aún. Lotan y Alder (1976), Bachman (2002), Gulay *et al.* (2003), Annen *et al.* (2004) y Rastani *et al.* (2005), informan que periodos secos de 30 días no afectan la producción de leche en la siguiente lactancia, respecto a las precedidas por 60 días.

La posibilidad de alargar el intervalo entre partos en vacas con producciones entre 20 y 30 kg diarios a los 305 días de la lactancia, podría ser una opción que presente beneficios respecto al sistema tradicional que considera partos anuales. Lo anterior se sustenta debido a que, con un mayor intervalo entre partos, se reducirían los costos de inseminación porque mejoraría la tasa de concepción y el número de partos (Grossman y Koops, 2003). El bienestar animal también mejoraría, ya que se produciría un menor estrés metabólico al disminuir los periodos con balance energético negativo, lo cual permitiría aumentar la longevidad. Las vacas tendrían, además, mejores oportunidades de quedar preñadas al iniciar la inseminación más tarde y por lo tanto menos vientres serían eliminados por problemas reproductivos (FAWC, 1997).

En el sistema tradicional es difícil lograr con vacas de alta producción un parto al año, ya que se produce un alargamiento involuntario e indeseado del intervalo entre partos. Esto es importante, puesto que impide el inicio de las lactancias en las épocas más oportunas desde un punto de vista económico. Una prolongación planificada del intervalo entre partos, aun cuando la eficiencia biológica fuese similar al sistema tradicional, permitiría iniciar las lactancias en periodos que maximicen los retornos económicos. Adicionalmente se reduciría la tasa de reposición al disminuir las eliminaciones involuntarias.

Los objetivos del estudio fueron relacionar el nivel reproductivo de las vacas fértiles de alta producción en estabulación permanente con la producción y la composición de la leche, y cuantificar la producción de leche y sólidos lácteos bajo escenarios hipotéticos de diferentes largos de lactancia y periodos secos, mediante técnicas de simulación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con la información productiva y reproductiva de un predio particular ubicado en la comuna de La Unión, XIV Región de Los Ríos, Chile. En el análisis de los parámetros reproductivos, se utilizaron 2.637 lactancias de 1.290 vacas. Los registros corresponden al periodo 1997-2004. El sistema de manejo y la descripción del lugar son informados por Davis *et al.* (2006b).

Comportamiento reproductivo de vacas fértiles de alta producción en estabulación permanente. En el análisis se utilizó la información de vacas fértiles en estabulación permanente. Para relacionar el nivel productivo con el reproductivo, se usó el siguiente modelo:

$$Y_i = \mu + L_i + e_i$$

donde las variables respuesta fueron el lapso parto-preñez y el lapso entre partos; μ = promedio general; L_i = efecto del i ésimo nivel de producción de leche (alto: >10.167 kg vaca⁻¹ lactancia⁻¹, medio: 8.079 - 10.167 kg vaca⁻¹ lactancia⁻¹, bajo: <8.079 kg vaca⁻¹ lactancia⁻¹). Las categorías se obtuvieron dividiendo la población en tercios, de acuerdo a la producción de leche en los primeros 305 días y e_i = error experimental.

Dado que la condición corporal (CC) es un reflejo del balance energético de los animales (Edmonson *et al.*, 1989), se relacionaron los valores de la CC con el lapso parto-preñez. Para tal efecto, se utilizó la información de condición corporal mensual registrada en las lactancias que se iniciaron en el año 2004. Se calculó el cambio en condición corporal entre el parto y su mínimo valor durante la lactancia, el cual se registró en torno al "peak" de producción de leche. Posteriormente, se calcularon las correlaciones entre el cambio de la condición corporal con la mínima RGP (mRGP) y tenor graso de las lactancias (m%g), con la finalidad de determinar la relación entre estas variables. De Vries y Veerkamp (2000) y Heuer *et al.* (2000) concuerdan en que el tenor graso y la RGP son buenos indicadores del balance

energético de los animales, siendo el tenor graso, según los autores, el indicador que mejor lo predice.

Simulación de las lactancias extendidas. Para simular la producción de leche, grasa y proteína, se consideraron las siguientes variables:

- *Largo de lactancia:* Mediante esta variable se pretendió analizar el efecto de extender las lactancias en el sistema de estabulación permanente. Se comparó el sistema *Actual* de estabulación permanente (largo promedio de lactancia de 329 días) con el sistema de *Lactancias Extendidas* (largo de lactancia entre 15 y 18 meses).
- *Longitud del periodo seco:* En el sistema de Lactancias Extendidas se consideraron dos longitudes de periodo seco, 30 y 60 días. En el sistema actual se consideró la longitud del periodo seco vigente.
- *Relación de partos primavera/otoño:* Debido a la necesidad de entregar leche durante todo el año a las plantas, los productores se ven en la necesidad de disponer de dos módulos de parición. En la mayoría de las explotaciones hay un módulo de parición en otoño y otro en primavera. Idealmente un 30-40% de las vacas paren en otoño y un 60-70% lo hace en primavera. En el sistema de Lactancias Extendidas se compararon dos relaciones de partos primavera/otoño: 62/38 y 50/50%. El módulo de parición de otoño comprende los meses de marzo a junio y el de primavera de julio a octubre.
- *Lactancias de verano:* Las lactancias que se inician en los meses de verano (noviembre a marzo) son menos rentables económicamente respecto de aquellas que lo hacen en otras épocas del año según antecedentes de la administración del predio. En el sistema de estabulación permanente considerado, existen partos durante todo el año, incluso en los meses de verano. Interesó comparar dentro del

sistema actual el efecto de suprimir las lactancias iniciadas en esta época. En los sistemas de lactancias extendidas simulados no se consideraron producciones iniciadas en verano.

Según las variables descritas se plantearon los siguientes escenarios:

- Actual: Largo promedio de lactancia de 329 días, periodo seco promedio de 61 días, partos durante todo el año.
- Actual sin verano: Igual a Actual pero sin considerar las lactancias iniciadas entre noviembre y febrero.
- Extendido 60-62/38: Largo de lactancia entre 15 y 18 meses; periodo seco de 60 días; relación de partos primavera/otoño, 62/38 %, respectivamente.
- Extendido 60-50/50: Largo de lactancia entre 15 y 18 meses; periodo seco de 60 días; relación de partos primavera/otoño, 50/50 %, respectivamente.
- Extendido 30-62/38: Largo de lactancia entre 15 y 18 meses; periodo seco de 30 días, relación de partos primavera/otoño, 62/38 %, respectivamente.
- Extendido 30-50/50: Largo de lactancia entre 15-18 meses; periodo seco de 30 días; relación de partos primavera/otoño, 50/50 %, respectivamente.

En el rebaño se logra actualmente alrededor de un 50% de preñez por servicio con inseminación artificial. En el sistema de lactancias extendidas se supuso que la fertilidad debería mejorar. Se consideró, por lo tanto, un valor superior al promedio actual e inferior al que se obtiene en vaquillas (80% al primer servicio, según información de la administración del predio). En la simulación se asumió, por consiguiente, un 70, 50, 40 y 30% de preñez en el primero, segundo, tercero y cuarto servicio, respectivamente. Con los cuatro servicios, dado los valores considerados, deberían quedar preñadas el 93,7% de las vacas, con 1,64 servicios por hembra encastada.

En el sistema actual se utilizó la distribución de partos vigente (Cuadro 1). Para su-

primir los partos de verano, estos se trasladaron en su totalidad al módulo de otoño. El sistema de lactancias extendidas, en tanto, se construyó asumiendo un movimiento permanente de vacas entre módulos de parición. Se consideró, por lo tanto, que las vacas que iniciaban su primera lactancia en otoño, desarrollaban la próxima en la primavera del año siguiente y la subsiguiente en el otoño del cuarto año.

Los cuadros 2 y 3 se indican los porcentajes de vacas que inician sus lactancias en los distintos meses de parición dentro de cada módulo en los sistemas simulados de lactancias extendidas. Se presenta, además, el porcentaje de vacas que lograrían preñarse en cada uno de los cuatro meses del encaste. Los valores se estimaron considerando la tasa de preñez por inseminación artificial según lo mencionado anteriormente.

Cuadro 1
Distribución de los partos en el sistema *actual*

Mes de parto	Número de lactancias	Porcentaje de vacas
Enero	233	7,4
Febrero	417	13,3
Marzo	412	13,2
Abril	336	10,7
Mayo	287	9,2
Junio	369	11,8
Julio	282	9,0
Agosto	116	3,7
Septiembre	80	2,6
Octubre	223	7,1
Noviembre	195	6,2
Diciembre	181	5,8

Cuadro 2
Estructura de partos en el módulo de otoño, según mes de encaste. Sistema de lactancias extendidas (valores en porcentaje)

Mes de parto	Mes de encaste ¹				Total ²
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Marzo	55,81	11,96	4,78	2,15	74,71
Abril	11,96	2,56	1,03	0,46	16,01
Mayo	4,78	1,03	0,41	0,18	6,40
Junio	2,15	0,46	0,18	0,08	2,88

¹ Del total de vacas que inicia su lactancia en cada mes de parto, se indica que porcentaje logra quedar preñada en los distintos meses de encaste.

² Porcentaje de vacas que inicia su lactancia en el mes de parto respectivo.

Cuadro 3

Estructura de partos en el módulo de primavera, según mes de encaste. Sistema de lactancias extendidas (valores en porcentaje).

Mes de parto	Mes de encaste ¹				Total ²
	Mayo	Junio	Julio	Agosto	
Julio	55,81	11,96	4,78	2,15	74,71
Agosto	11,96	2,56	1,03	0,46	16,01
Septiembre	4,78	1,03	0,41	0,18	6,40
Octubre	2,15	0,46	0,18	0,08	2,88

¹ Del total de vacas que inicia su lactancia en cada mes de parto, se indica que porcentaje logra quedar preñada en los distintos meses de encaste.

² Porcentaje de vacas que inicia su lactancia en el mes de parto respectivo.

Puede observarse que el 74,71; 16,01; 6,40 y 2,88% de las vacas inician sus lactancias en el primero, segundo, tercero y cuarto mes del módulo de parición respectivo (cuadros 2 y 3). Los valores mencionados corresponden al porcentaje de vacas que quedaban preñadas asumiendo que el porcentaje total que lograron preñarse era un 93,7%. Para calcular, por ejemplo, el porcentaje de vacas que iniciaban sus lactancias en el primer mes del módulo, basta dividir 70 (porcentaje de preñez estimado al primer servicio) por 93,7 (porcentaje total de preñez estimado). En el segundo mes, como la tasa de preñez de las hembras que no habían quedado en gestación en el primer servicio se le asignó un valor de 50%, 15% se divide por 93,7% con lo cual se obtienen las cifras indicadas en los Cuadros 2 y 3.

El mismo procedimiento se siguió para calcular el porcentaje de vacas que logran quedar preñadas en cada mes de encaste. Por ejemplo, de las vacas que inician su lactancia en el mes de marzo, el 70% logra quedar preñada en el primer mes de encaste es decir un 52,29% ($74,71 \cdot 70\%$). Para obtener el valor indicado en el Cuadro 2 basta dividir 52,29% por 93,7. En el segundo mes de encaste se preñan el 50% de las hembras que no lograron hacerlo en el primer servicio, es decir un 11,21% ($74,71 \cdot 30\% \cdot 50\%$). Nuevamente, al dividir este valor por 93,7 se obtiene la cifra indicada en el Cuadro 2.

Con la información entregada en los cuadros 2 y 3, se construyó el Cuadro 4, en el cual se indica el porcentaje de vacas que inician lactancias en los diferentes meses tomando en consideración el largo de las lactancias y la longitud del periodo seco. Por ejemplo, las vacas que inician su lactancia en el cuarto mes de parición del módulo de primavera (octubre) y logran quedar preñadas en el primer mes de encaste (mayo) se asume que inician una nueva lactancia en marzo, es decir, 13 meses después. El largo de lactancia es, por lo tanto, de 11 y 12 meses al considerar periodos secos de 60 y 30 días, respectivamente. Mediante un procedimiento similar las lactancias de 12 y 13 meses con periodos secos de 60 y 30 días, respectivamente, corresponden a aquellas que iniciaron su lactancia en el tercer mes de parición (septiembre) y lograron quedar preñadas en el primer mes de encaste (mayo), sumado a aquellas que parieron en el cuarto mes de parto (octubre) y se preñaron en el segundo mes de encaste (junio).

Las vacas se agruparon en 10 clases de acuerdo al largo de la lactancia evaluado en meses (11-12, 13-14, 15-16, 17-18 y 19-20) y a la fecha de parto (otoño: marzo-junio o primavera: julio-octubre) para los sistemas simulados de lactancias extendidas. Para el sistema Actual, sin embargo, los animales se agruparon de acuerdo al mes de parición

(enero a diciembre). Adicionalmente se agruparon según el número de la lactancia en: primero, segundo y más de tres partos, debido a la similitud productiva de las lactancias originadas de los partos tres, cuatro y más de cinco.

Las producciones de leche, grasa y proteína del día de control se agruparon dentro de cada uno de los grupos en períodos quincenales. El promedio mínimo cuadrado de producción de leche, grasa, proteína y días en lactancia de cada periodo se usó para la modelación (Vargas *et al.*, 2000; Grossman y Koops, 2003). Posteriormente mediante un procedimiento de regresión múltiple se calcularon los coeficientes de la ecuación de Wood (1967) para los distintos largos de lac-

tancia y módulo de parición. La ecuación se señala a continuación:

$$Y_t = a \cdot t^b \cdot e^{ct},$$

donde Y_t es la producción de leche, grasa o proteína para cada día de la lactancia (t , días en leche) y a , b , c son los coeficientes de la ecuación.

En el sistema actual se utilizó la estructura de edades vigente del sistema de estabulación permanente. En los sistemas de lactancias extendidas (LE) se planteó, en cambio, una estructura de edades la que permitió estimar en un 10,49% el aumento de la edad promedio (LE, 4,13 *vs.* Actual 3,74 años). La estructura de edades de ambos sistemas se señala en el Cuadro 5.

Cuadro 4

Porcentaje de vacas según largo de las lactancias y longitud del periodo seco, sistema de lactancias extendidas

Largo de lactancia (meses)	Longitud del periodo seco	
	60 días	30 días
11	2,15	-
12	5,25	2,15
13	13,17	5,25
14	58,87	13,17
15	13,17	58,87
16	5,25	13,17
17	2,15	5,25
18	-	2,15

Cuadro 5

Estructura de edades en ambos sistemas.

Número de lactancia	Porcentaje de vacas	
	Sistema actual	Sistema lactancias extendidas
1ª	34	36
2ª	25	25
3ª	17	23
4ª	10	12
5ª y más	14	4
Total	100	100

Con el propósito de lograr la relación primavera/otoño de 62/38 en los escenarios propuestos, se planteó la opción de que todas las vacas iniciasen sus primeras lactancias en primavera. La segunda ocurre, por lo tanto, en otoño, al igual que la cuarta. Las lactancias tres, cinco y posteriores que son impares transcurren en el módulo de primavera. Como resultado de esta operación, se obtiene una relación de un 62% de vacas que inician sus lactancias en primavera, mientras que un 38% lo hace en otoño.

La simulación se realizó mediante un programa computacional programado en lenguaje Visual Basic Excel®. El diagrama de flujo del modelo propuesto se ilustra en la Figura 1. Para comparar los resultados de los distintos escenarios simulados se utilizó estadística descriptiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento reproductivo de las vacas fértiles de alta producción en estabulación permanente

Los animales corresponden exclusivamente a las vacas en producción que logra-

ron quedar preñadas. No se consideraron, por consiguiente, a los individuos que se debieron eliminar por presentar problemas reproductivos. La población se dividió en tercios según el nivel de producción. En la Figura 2 se observa un claro incremento del lapso parto preñez en la medida que la producción se incrementa. Según Lucy (2001) la producción de leche *per se* tiene, sin embargo, una baja influencia en comparación con otras variables sobre la eficiencia reproductiva. El intenso y prolongado balance energético negativo, unido a la incapacidad de ingerir los nutrientes necesarios para sustentar tales niveles de producción, hacen que el incremento en el consumo de las vacas en el inicio de la lactancia sea más lento que el incremento de la producción, transformándose en la principal causa. Davis *et al.* (2006b) explican el sustento hormonal de dicho fenómeno.

Relación de la condición corporal con el cociente grasa/proteína y tenor graso

Se correlacionó la RGP y el tenor graso con la CC sobre la base de los registros disponibles del año 2004. La mRGP durante la lactancia fue un mejor indicador de la dismi-

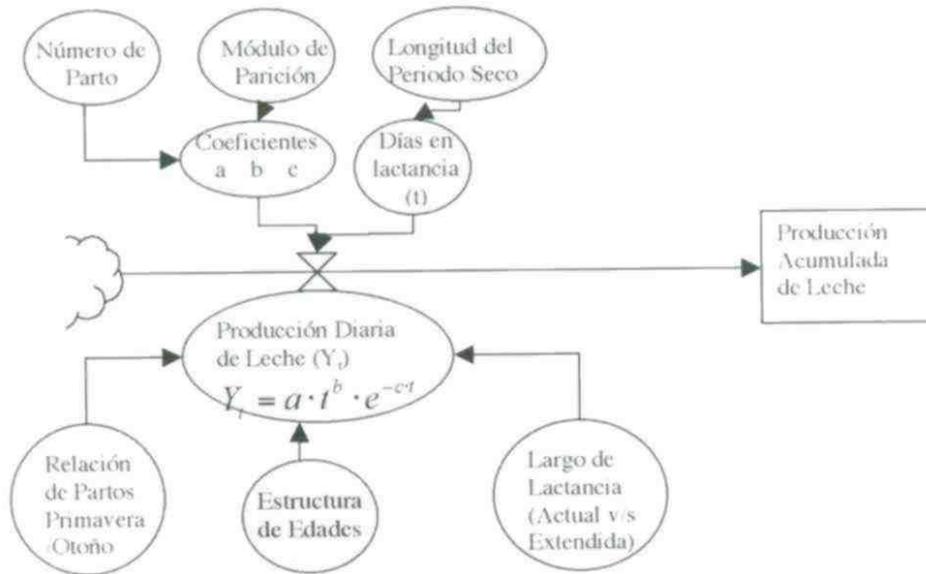


Figura 1. Diagrama de Flujo del modelo propuesto.

nución de la CC al inicio de esta en comparación con el mínimo tenor graso (Cuadro 6). En la medida que la mRGP disminuyó, el deterioro de la CC aumentó. Estos resultados concuerdan con los de Grieve *et al.* (1986). Estos autores señalan una relación negativa entre la mRGP y la magnitud del balance energético negativo.

Para calcular la correlación se procedió a dividir la población en quintiles según la RGP y el tenor graso de la leche. En el Cuadro 6 se señalan los valores de las correlaciones obtenidos al relacionar el promedio de los quintiles con las variables respuestas: variación de la condición corporal y mínima condición corporal. Solo fueron significativas las correlaciones que consideraron la RGP. El mayor coeficiente de asociación (93,9%) se obtuvo con la variación de la condición corporal entre el parto y la mínima condición observada durante la lactancia.

De Vries y Veerkamp (2000), a pesar de obtener correlaciones similares con el "nadir" del balance energético, prefieren usar el tenor graso como indicador de los cambios en el balance energético, con respecto a la RGP. Estos resultados difieren de los obtenidos en este estudio. Según los autores la relación existente entre el tenor graso y el balance energético, se explica debido a la movilización de tejido adiposo de reserva. Vacas en balance energético negativo movilizan más tejido adiposo para producir ener-

gía en forma de glicerol. Esto aumenta, por consiguiente, la concentración de ácidos grasos no esterificados (NEFA) en la sangre. Dichos NEFA se pueden oxidar para producir más energía o esterificarse en triglicéridos. Según los autores esta última vía puede producir cetosis o hígado graso. Una parte de los triglicéridos, sin embargo, se transforman en lipoproteínas de muy baja densidad, las que pueden ser utilizadas por la ubre. Elevadas concentraciones de triglicéridos en el hígado, están asociadas con intervalos a la primera ovulación más prolongados y menos fértiles. Un tenor graso elevado al inicio de la lactancia, por lo tanto, podría ser un indicador de cetosis subclínica, puesto que la movilización de tejido adiposo se estaría destinando de preferencia a la esterificación de NEFA en triglicéridos.

Relación entre el lapso parto preñez con distintas medidas de la relación grasa/proteína y tenor graso

Al observarse correlaciones entre las variables indicadas anteriormente, se procedió a relacionar el lapso parto-preñez (LPP) con las distintas medidas de RGP y tenor graso (Cuadro 7). Las correlaciones fueron obtenidas, nuevamente, con el promedio de la población dividida en quintiles. Todas las medidas usadas fueron buenos indicadores de la variación en el LPP. Loeffler *et al.* (1998) in-

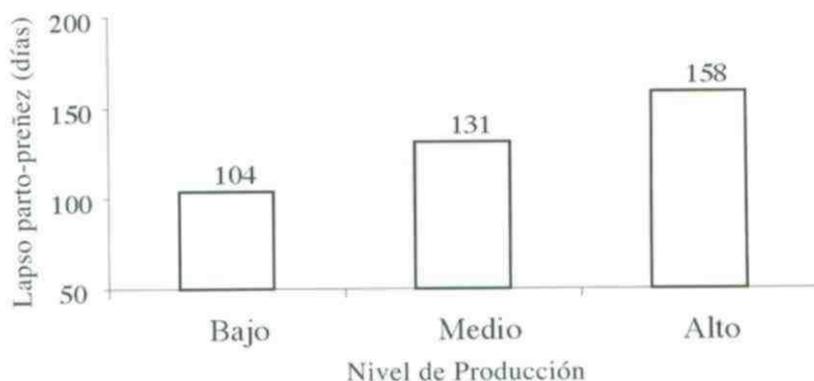


Figura 2. Longitud del lapso parto-preñez según nivel de producción en el sistema de estabulación permanente. Bajo: <8.079 kg vaca⁻¹ lactancia⁻¹; Medio: 8.079-10.167 kg vaca⁻¹ lactancia⁻¹; Alto: >10.167 kg vaca⁻¹ lactancia⁻¹.

forman, en concordancia con el presente estudio, que la RGP y el tenor graso se relacionan íntimamente con la concepción al primer servicio.

Los resultados del presente estudio, por lo tanto, concuerdan con estudios anteriores (Grieve *et al.*, 1986; Loeffler *et al.*, 1998; De Vries y Veerkamp, 2000; Heuer *et al.*, 2000). La composición de la leche de los controles anteriores al periodo reproductivo puede ser un buen indicador de la variación en el balance energético de los animales, y por lo tanto, del comportamiento reproductivo de los mismos. La relación en-

tre el tenor graso del primero y del segundo control (%g1/%g2) y entre el primero y tercer control (%g1/%g3) son, a juicio de los autores los indicadores más prácticos a ser usados en el manejo reproductivo de un rebaño. El fundamento de esta afirmación radica en que estos pueden ser obtenidos fácilmente y calculados temprano en la lactancia. Por lo anteriormente señalado, se procedió a calcular la regresión para relacionar el primer indicador (%g1/%g2) con el LPP (Figura 3):

$$LPP(\text{días}) = 9,1 + 101 \cdot (\%g1/\%g2)$$

Cuadro 6

Correlaciones (r) entre condición corporal con relación grasa/proteína y tenor graso. Entre paréntesis se indica el nivel de significación estadística

	Mínima condición corporal durante la lactancia	Cambio de la condición corporal (CC) entre el parto y la mínima CC durante la lactancia
Mínima relación grasa/proteína durante la lactancia	0,916 (0,029) ¹	-0,969 (0,007)
Mínimo tenor graso durante la lactancia	0,643 (0,357)	-0,882 (0,118)

¹ Significancia estadística.

Cuadro 7

Correlaciones entre el lapso parto-preñez con distintas medidas de relación grasa/proteína y tenor graso

Variables	Lapso parto-preñez	
	r	valor P
Mínima RGP durante la lactancia (mRGP)	-0,904	0,035
Días en leche al registrarse la mRGP (dimRGP)	0,889	0,001
Mínimo tenor graso (m%g)	-0,943	0,016
Relación entre el tenor graso del primer y segundo controles (%g1/%g2)	0,971	0,006
Relación entre el tenor graso del primer y tercer controles %g1/%g3	0,964	0,008
Relación entre el tenor graso del primer control y m%g (%g1/m%g)	0,972	0,006
Días en leche al registrarse el m%g (dim%g)	0,963	0,037

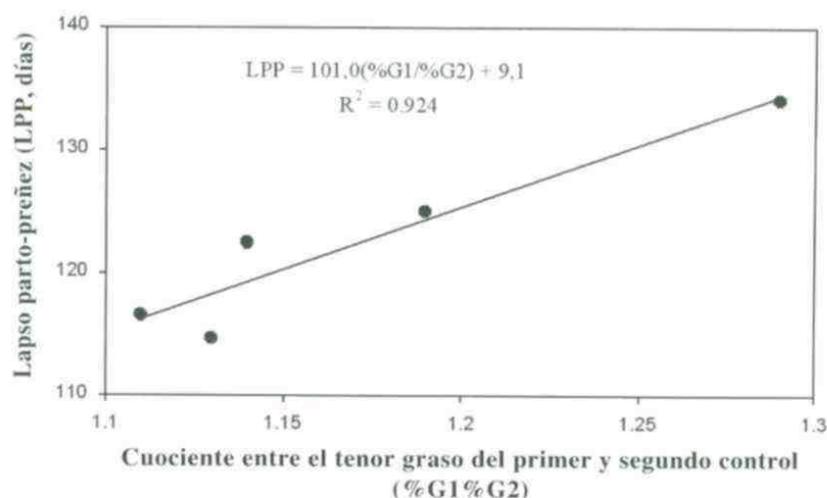


Figura 3. Relación entre el lapso parto-preñez y el cociente entre el tenor graso del primer y segundo control.

La regresión obtenida fue significativa ($P < 0,05$) y el coeficiente de determinación explicó el 92,4% de la variación del LPP. Lo anterior indica que si el tenor graso de una vaca del segundo control fuera un 24% inferior al contenido graso del primero, el lapso parto-preñez de esta debería ser alrededor de 20 días mayor que el de otra cuyo segundo control fuese solamente un 5% inferior al primero en términos de tenor graso.

Es importante señalar que el presente estudio es un análisis de datos retrospectivos y no un experimento diseñado para determinar la influencia de los cambios en el tenor graso sobre la reproducción. Dada la relación obtenida queda de manifiesto la necesidad de generar investigación con experimentos diseñados para tales fines. La composición de la leche puede ser una herramienta útil a las prácticas de manejo reproductivo para aumentar su eficiencia.

Simulación de lactancias extendidas

El planteamiento de que "sin reproducción no hay producción", es una realidad que, no obstante, merece un análisis cuidadoso. Si bien es cierto que la reproducción siempre es gravitante, su importancia relativa depende del sistema productivo. En gana-

do de carne es clave, ya que como los terneros son el producto final de la explotación, la tasa reproductiva es el factor más importante que define los kilos de ternero que es posible lograr por vaca expuesta a toro. En ganado lechero buscar intervalos entre partos de 365 días, también es importante en sistemas de producción a pastoreo directo con niveles de producción individual inferiores a 6.000 kg, dado que, en este caso, interesa que las vacas alcancen el "peak" de producción la mayor cantidad de veces en su vida, para así optimizar la producción.

El feto en desarrollo comienza a competir por nutrientes con la glándula mamaria en el último tercio de gestación, vale decir, a partir de los ocho meses posparto si las vacas se han preñado a los 60 días. En este periodo en vacas de baja producción esta es mínima, por lo tanto, su contribución es marginal al total de la lactancia. En vacas de alto mérito, sin embargo, la producción de leche en esta etapa todavía es elevada y una caída de ella puede causar una mayor disminución en el total de la lactancia (Erb *et al.*, 1952; Kelm *et al.*, 1997; Tekerli *et al.*, 2000; Brotherstone *et al.*, 2004). Diversos estudios relacionan el momento en que se produce la concepción con la producción de leche (Kelm *et al.*, 1997; Brotherstone *et al.*, 2004).

La menor persistencia presentada por las vacas que se preñan temprano en la lactancia respecto a aquellas que lo hacen más tardíamente también ha sido señalada por Tekerli *et al.* (2000). Es importante mencionar, además, que en el sistema actual analizado por Davis *et al.* (2006b) los partos se van corriendo involuntariamente, dado que estos ocurren en promedio cada 395 días, motivo por el cual las vacas adultas inician sus lactancias en periodos inoportunos por la disponibilidad y costo de la alimentación.

Por otra parte la duración del período seco y su valor óptimo es analizado por Davis *et al.* (2006a). Los autores informan que, para vacas primíparas un período seco de 60 días genera mayor producción en la lactancia siguiente. En vacas multíparas, sin embargo, periodos secos de alrededor de 30 y 45 días maximizarían la producción vital en pastoreo directo y estabulación permanente, respectivamente.

Interesó, por consiguiente, comparar la producción de leche, grasa y proteína del sistema actual en estabulación permanente (en promedio 330 días de lactancia y 65 días de período seco) con un sistema de *Lactancias Extendidas* (450-540 días de lactancia).

Debido a la necesidad económica de entregar leche durante todo el año a las plantas, los productores chilenos se ven en la necesidad de disponer de dos módulos de parición. Por este motivo, en la mayoría de las explotaciones disponen de un módulo de parición en otoño y otro en primavera. Idealmente un 30-40% de las vacas paren en otoño y un 60-70% lo hace en primavera. Dada la dificultad de preñar a las vacas de alta producción temprano en la lactancia, la probabilidad de que una vaca se mantenga en el mismo módulo durante años consecutivos es baja. Por esta razón, las vacas que no logran quedar preñadas en la época de encaste predeterminada para mantenerse en dicho módulo, deben cambiarse al módulo complementario o ser eliminadas del rebaño.

Las explotaciones deben contar, por lo tanto, con la infraestructura y recursos alimenticios necesarios para producir leche durante todo el año, es decir, con la pastura

como principal recurso en primavera, ya sea a pastoreo directo en sistemas pastoriles o como "soiling" en sistemas estabulados. En el invierno en tanto, debido al clima imperante en la Región de Los Ríos, debe existir la infraestructura y disponibilidad de alimentos (principalmente forrajes conservados y concentrados) necesarios para estabular al menos las vacas más productivas.

El sistema actual considera la distribución de partos vigente (Cuadro 1) y el sistema de lactancias extendidas dos distribuciones de partos (primavera/otoño 50/50% y 62/38%) y dos largos de período seco (30 y 60 días). Adicionalmente, el sistema actual se evaluó suprimiendo las lactancias que se inician en los meses de verano, dado que estas presentan un menor margen bruto, respecto de las que lo hacen en otras épocas del año según antecedentes aportados por la administración del predio.

Los resultados de la modelación se muestran en el Cuadro 8. Las diferencias observadas entre los sistemas propuestos fueron pequeñas, en torno al 5%. La mayor producción, para todas las variables analizadas se observó en los sistemas con 30 días de período seco. Dichos sistemas fueron los únicos que lograron superar al sistema actual. Estos resultados concuerdan con los de Arbel *et al.* (2001), estudio en el cual las lactancias extendidas fueron más productivas y rentables que las tradicionales.

La eliminación de las lactancias que se inician en verano en el sistema actual, generó la menor producción anualizada de leche, grasa y proteína. Esto ocurrió porque en los periodos 1997-1998 y 1999-2001, las lactancias menos productivas, al menos numéricamente, son aquellas iniciadas en otoño (marzo-junio). Adicionalmente, el largo de lactancia de aquellas que empezaron en marzo fueron ocho días inferiores al largo promedio de las que lo hicieron entre noviembre y febrero (321 *vs.* 328 días). Debe recordarse, que en este escenario las lactancias iniciadas en verano se trasladaron en su totalidad al módulo de otoño. Estos dos aspectos explican el resultado obtenido. Es importante señalar que, de haberse considera-

do solo las lactancias del periodo 2002-2004, el resultado pudo haber sido diferente y mostrado una ventaja para la eliminación de los partos de verano. Esto último no pudo efectuarse debido a que no se disponía de datos suficientes.

La producción anualizada de grasa se vio favorecida en mayor medida que la de la leche, en todos los sistemas simulados con lactancias extendidas, con excepción del que consideró un periodo seco de 30 días y una relación primavera/otoño de 50/50. Esto se debió a que, hacia el final de la lactancia, se observa un mayor tenor graso. La producción de proteína varió en menor magnitud que las producciones de leche y grasa entre los diferentes sistemas.

El análisis biológico realizado no incorpora las ventajas de tipo económico. Las de mayor relevancia que podrían favorecer a las lactancias extendidas, se mencionan a continuación:

- No se presentan partos en verano, lo que disminuye el uso de forrajes conservados de menor calidad y alto costo.
- Las vacas se inseminan fuera del periodo de balance energético negativo, por lo que la fertilidad del rebaño debiera mejorar y el costo de inseminación disminuir. Al usar semen de alto precio esta economía podría llegar a ser significativa.
- Las vacas se secan con producciones diarias inferiores a 15 kg de leche. En el sistema actual el secado opera con una producción cercana a los 25 kg día⁻¹. Esto obliga en muchos casos a aumentar la utilización de antibióticos para mejorar la sanidad de la ubre.
- Disminuye la tasa de reposición. El sistema de lactancias extendidas considera que un 36% de las vacas son de primer parto, pero como estas se prolongan por más de un año, esta cifra incluye a aquellas que inician su primera lactancia en el año respectivo, sumado a las que lo hicieron en el año anterior. El recambio anual es, en consecuencia, igual a la mitad de las vacas de primer parto, es decir, a un 18% anual.
- Con intervalos entre partos cercanos a un año, la diferencia productiva entre vacas

Cuadro 8

Resultados de la modelación planteada para comparar la producción de leche, grasa y proteína del sistema actual en estabulación permanente (en promedio 330 días de lactancia y 65 días de periodo seco) con un sistema de lactancias extendidas (450-540 días de lactancia)

Sistema Porcentaje de vacas en Primavera/Otoño Periodo Seco	Actual	Actual Sin Verano	Extendido			
			62/38		50/50	
			30	60	30	60
Producción anualizada de leche (kg)	8.625	8.216	9.024	8.472	9.003	8.453
Orden de mérito de los sistemas	3	6	1	4	2	5
Producción relativa a actual (%)	100,0	95,3	104,6	98,2	104,4	98,0
Producción anualizada de grasa (kg)	313	302	328	310	325	310
Orden de mérito de los sistemas	3	6	1	4	2	5
Producción relativa a actual (%)	100,0	96,6	104,9	99,2	103,9	99,1
Producción anualizada de proteína (kg)	280	264	289	274	283	271
Orden de mérito de los sistemas	3	6	1	4	2	5
Producción relativa a actual (%)	100,0	94,2	102,9	97,6	100,8	96,6

de segundo y tercer parto es importante (Davis *et al.*, 2006b). Al considerar intervalos de mayor longitud, las vacas iniciarían la segunda lactancia con más edad y la diferencia respecto a la producción de las lactancias iniciadas a partir del tercer parto podría disminuir. Un fenómeno similar es descrito por García *et al.* (1984). En este estudio las vacas que iniciaron la primera lactancia a los dos años, produjeron en la segunda la misma cantidad de leche que aquellas parieron por primera vez a los tres años.

Como desventajas o dificultades de implementar un sistema de lactancias extendidas pueden mencionarse:

- La excesiva gordura al momento del encaje que podrían tener las hembras con lactancias extendidas (Grossman y Koops, 2003), lo que mermaría el rendimiento reproductivo. Esto es poco probable en vacas de alto nivel productivo y de ocurrir, podría evitarse manejando la densidad energética de la ración.
- La habilidad que debieran tener las vacas para producir bajo algún grado de estabulación en algunas épocas del año y a pastoreo en otras.

Es importante recordar que esta modelación es producto de un análisis retrospectivo de datos, realizado con una muestra de vacas que presentaban lactancias prolongadas y no de un experimento diseñado para tales fines. La falta de investigación en los aspectos relacionados con el largo de la lactancia es evidente. En vacas de alta producción deberían realizarse esfuerzos para incluir un análisis económico en experimentos diseñados consecuentemente, para poder proporcionar recomendaciones de manejo fundadas.

CONCLUSIONES

- Una mayor reducción de la relación grasa/proteína o tenor graso en el segundo o tercer mes de la lactancia, respecto del

inicio de esta, se encuentra estrechamente relacionado con mayores lapsos parto-preñez en vacas de alta producción.

- La longitud del periodo seco es importante. Las mayores producciones simuladas se logran al planificar periodos secos de 30 días.
- La extensión planificada de las lactancias a 15-18 meses genera producciones de leche, grasa y proteína similares a aquellas orientadas a obtener partos anuales en el sistema de estabulación permanente. Una recomendación fundada acerca del largo óptimo de las lactancias en sistemas de estabulación permanente de alta producción, requiere un análisis económico del sistema.

LITERATURA CITADA

- ANNEN, E. L., R. J. COLLIER, M. A. MCGUIRE, J. L. VICINI, J. M. BALLAM and M. J. LORMORE. 2004. Effect of modified dry period lengths and bovine somatotropin on yield and composition of milk from dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87: 3746-3761.
- ARBEL, R., Y. BIGUN, E. EZRA, H. STURMAN and D. HOJMAN. 2001. The effect of extended calving intervals in high lactating cows on milk production and profitability. *J. Dairy Sci.* 84: 600-608.
- BACHMAN, K. C. 2002. Milk production of dairy cows treated with estrogen at the onset of a short dry period. *J. Dairy Sci.* 85: 797-803.
- BACHMAN, K. C. and M. L. SCHAIRER. 2003. Invited review: bovine studies on optimal lengths of dry periods. *J. Dairy Sci.* 86: 3027-3037.
- BERTILSSON, J., B. BERGLUND, G. RATNAYAKE, K. SVENNERSTEN-SJAUNJA and H. WIKTORSSON. 1997. Optimising lactation cycles for the highyielding dairy cow. A European perspective. *Livest. Prod. Sci.* 50: 5-13.
- BROTHERSTONE, S., R. THOMPSON and I. M. S. WHITE. 2004. Effects of pregnancy on daily milk yield of Holstein-Friesian dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.* 87 (2-3): 265-269.

- BUTLER, W. R. 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61: 449-457.
- BUTLER, W. R. 2003. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 83: 211-218.
- DAVIS, P., J. C. MAGOFKE, X. GARCÍA, E. GANA y H. GONZÁLEZ. 2006a. Comparación de dos sistemas de manejo con vacas Holstein Americano de alta producción, X Región, Chile. *Avances en Prod. Anim.* 31: 65-88.
- DAVIS, P., X. GARCÍA, J. C. MAGOFKE, E. GANA y H. GONZÁLEZ. 2006b. Factores no genéticos que influyen sobre la producción de vacas Holstein Friesian de alta producción en un sistema de estabulación permanente. *Avances en Prod. Anim.* 31: 89-106.
- DE VRIES M. J. and R. F. VEERKAMP. 2000. Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *J. Dairy Sci.* 83: 62-69.
- EDMONSON, A. J., I. J. LEAN, L. D. WEAVER, T. FARVE, and G. WEBSTER. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72: 68-78.
- ERB, R. E., M. M. GOODWIN, R. A. MORRISON and A.O. SHAW. 1952. Lactation studies: 1. Effect of gestation. *J. Dairy Sci.* 35: 224-233.
- FAWC. 1997. Report on the Welfare of Dairy Cattle. The Farm Animal Welfare Council, The Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London, UK. [en línea] <http://www.maff.gov.uk/animalh/welfare/fawc/dairycow/DCOWR075.htm>. [consulta: 25 mayo 2006].
- GARCÍA X., J. C. MAGOFKE, E. RIVEROS y C. HEPP. 1984. Factores no genéticos que influyen sobre la producción de leche y materia grasa de vacas Holando Europeo, en un sistema con pariciones estacionales en la X Región. II. Efecto de la edad, número del parto, periodo de servicio y periodo seco. *Avances en Prod. Anim.* 9: 99-108.
- GRAVERT, H. O. 1985. Genetic factors controlling feed efficiency in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 13: 87-89.
- GRIEVE, D. A., S. KORVER, Y. S. RIJKEMA, and G. HOF. 1986. Relationship between milk composition and some nutritional parameters in early lactation. *Livest. Prod. Sci.* 14: 239-254.
- GROSSMAN, M. and W. J. KOOPS. 2003. Modeling extended lactation curves of dairy cattle: a biological basis for the multiphasic approach. *J. Dairy Sci.* 86: 988-998.
- GRUMMER, R. R. and R. R. RASTANI. 2004. Why reevaluate dry period length? *J. Dairy Sci.* 87: (E.Suppl.): E77-E85.
- GULAY, M. S., M. J. HAYEN, K. C. BACHMAN, T. BELLOSO, M. LIBONI and H. H. HEAD. 2003. Milk production and feed intake of Holstein cows given short (30-d) or normal (60-d) dry periods. *J. Dairy Sci.* 86: 2030-2038.
- HEUER, C., W. M. VAN STRAALLEN, Y. H. SCHUKKEN, A. DIRKZWAGER and J. P. T. M. NOORDHUIZEN. 2000. Prediction of energy balance in a high yielding dairy herd in early lactation: model development and precision. *Livest. Prod. Sci.* 65: 91-105.
- HOLMES, C. W., G. F. WILSON, D. D. S. MACKENZIE, D. S. FLUX, L. M. BROOKES and A. W. F. DALEY. 1984. Milk production from pasture. Massey University. 319 pp.
- IBARRA, D. y L. LATRILLE. 1999. Relación entre balance energético postparto y fertilidad en vacas lecheras de alta producción. *Avances en Prod. Anim.* 24: 21-30.
- KELM, S. C., A. E. FREEMAN and D. H. KELLEY. 1997. Realized versus expected gains in milk and fat production of Holstein cattle, considering the effects of days open. *J. Dairy Sci.* 80: 1786-1794. Abstract-MEDLINE
- LOEFFLER, S. H., M. J. DE VRIES, and Y. H. SCHUKKEN. 1998. The effects of time of disease occurrence, milk yield and body condition on fertility in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82: 2589-2604.
- LOTAN, E. and J. H. ALDER. 1976. Observations on the effect of shortening the dry period on milk yield, body weight,

- and circulating glucose and FFA levels in dairy cows. *Tijdschr. Diergeneesk* 101: 77-82.
- LUCY, M. C. 2000. Regulation of ovarian follicular growth by somatotropin and insulin-like growth factors in cattle. *J. Dairy Sci.* 83: 1635-1647.
- LUCY, M. C. 2001. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *J. Dairy Sci.* 84: 1277-1293.
- RASTANI, R. R., R. R. GRUMMER, S. J. BERTICS, A. GÜMEN, M. C. MASHEK and M. C. SCHWAB. 2005. Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: milk production, energy balance, and metabolic profiles. *J. Dairy Sci.* 88: 1004-1014.
- SAKAGUCHI, M., Y. SASAMOTO, T. SUZUKI, Y. TAKAHASHI and Y. YAMADA. 2004. Postpartum ovarian follicular dynamics and estrous activity in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87: 2114-2121.
- TEKERLI, M., Z. AKINCI, I. DOGAN and A. AKCAN. 2000. Factors affecting the shape of the lactation curves of Holstein cows from the Balikesir province of Turkey. *J. Dairy Sci.* 83: 1381-1386.
- VAN ARENDONK, J. A. M., G. S. NIEUWHOF, H. VOS and S. KORVER. 1991. Genetic aspects of feed intake and efficiency in lactating dairy heifers. *Livest. Prod. Sci.* 29: 263-275.
- VARGAS, B., W. J. KOOPS, M. HERRERO, and J. A. M. VAN ARENDONK. 2000. Modeling extended lactations of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83: 1371-1380.
- WOOD, P. D. P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature (Lond.)* 216: 164-165.