

FACTORES NO GENÉTICOS QUE INFLUYEN SOBRE LA PRODUCCIÓN LÁCTEA DE VACAS HOLSTEIN FRIESIAN DE ALTA PRODUCCIÓN EN UN SISTEMA DE ESTABULACIÓN PERMANENTE

NON-GENETIC FACTORS INFLUENCING MILK PRODUCTION OF HIGH-PRODUCING HOLSTEIN FRIESIAN COWS IN A PERMANENT CONFINEMENT SYSTEM

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

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

RESUMEN

Se cuantificó el comportamiento productivo de vacas Holstein de alta producción, con partos durante todo el año, y los efectos no genéticos de año y época de parto, edad y longitud del periodo seco en un sistema de estabulación permanente en la comuna de La Unión, X Región de Chile. Se evaluó además, el efecto del nivel de producción de leche de las vacas fértiles sobre el lapso parto-preñez. La información analizada correspondió a 2.392 lactancias desarrolladas en el periodo 1997-2004.

Se observó un importante incremento de la producción de leche sin corregir a través de los años (62%, $P \leq 0,05$). Al inicio y al "peak" de la lactancia hubo incrementos de 51 y 59%, respectivamente sin que el índice de persistencia sufriera una modificación importante. El tenor graso disminuyó en el periodo en 0,56 unidades porcentuales, a pesar de lo cual la producción de materia grasa se incrementó en 36,6% ($P \leq 0,05$). El tenor proteico, en cambio, se incrementó en 0,12 unidades porcentuales, lo cual significó un incremento de 68% en la producción de proteína láctea ($P \leq 0,05$). La mínima relación graso: proteína de la lactancia se redujo desde 1,25 a 1,00. Las mayores producciones se lograron con partos de fines de invierno y principios de primavera (julio-octubre), sin embargo, esta ventaja se atenuó al aumentar el nivel de producción debido a cambios en el manejo. La mayor producción de leche se logró en las lactancias tercera y cuarta y la óptima longitud del periodo seco fue entre 45 y 60 días. Las vacas fértiles del nivel más alto de producción (>10.167 kg vaca⁻¹ lactancia⁻¹) presentaron un lapso parto-preñez muy superior (59,9%) respecto a las del grupo inferior (<8.079 kg vaca⁻¹ lactancia⁻¹) y a las del grupo medio (20,6%).

Palabras clave: Holstein Friesian, efectos no genéticos, estabulación permanente.

SUMMARY

The productive performance of high-yielding Holstein cows and the non-genetic effects of year and season of calving, cow age, and dry period length were studied in cattle under permanent confinement with year around calving in the Region X of Chile. The analyzed data was based on 2,392 lactations from years 1997-2004. The effect of milk production level of fertile cows on the parturition-pregnancy period, it was also evaluated.

A significant increase in milk yield was observed from 1997 to 2004 (62%, $P \leq 0,05$), at the beginning and peak of lactation increases of 51 and 59% were observed, persistency did not show clear trends. Milk fat concentration decreased 0.56 percent units in same period, milk fat yield, however, increased 36,6% ($P \leq 0,05$). Milk protein

¹ Ingeniero Agrónomo. Mg. Sc.

² Académicos del Departamento de Producción Animal. Facultad de Cs. Agronómicas.

concentration and yields increased 0.12 percent units and 68%, respectively ($P \leq 0.05$). The minimum fat to protein ratio diminished from 1.25 to 1.00. The highest productions were achieved with spring lactations (July-October); however, this advantage diminished as the production level increased. Maximum production was achieved in third and fourth lactations and the optimum dry period length was between 45-60 days. The higher fertile milk production cows (10,167 kg cow⁻¹ lactation⁻¹) had a longer parturition-pregnancy period (59.9%) in relation to the lowest group (8,079 kg cow⁻¹ lactation⁻¹) and the medium group (20,6%).

Key words: Holstein Friesian, non-genetic effects, permanent confinement system.

INTRODUCCIÓN

La introducción de Holstein Americano evaluado en Estados Unidos ha producido un aumento significativo en la producción de leche a nivel nacional. El incremento ocasionado por esta causa ha contribuido a triplicar la recepción de leche en las plantas en los últimos 20 años (ODEPA, 2005), lo cual ha sido posible debido a un aumento de rebaños bajo sistemas de estabulación permanente.

El Holstein Friesian Americano ha tenido incrementos importantes en las producciones individuales a través del tiempo. Shook (2006) informa la evolución ocurrida en las vacas del "DHI" consideradas en el programa nacional de evaluación genética estadounidense. Para hacerlo utilizó el año 1980 como base, y luego las producciones promedio logradas en 1985, 1990, 1995 y 2000. En el mismo orden en que se citan los años, la producción de leche fue de 8.003; 8.616; 9.458; 10.605 y 11.505 kg vaca⁻¹ en lactancias con dos ordeños, corregidas a 305 días y a edad madura. Esto equivale a un incremento de 43,8% en 20 años. Las producciones de grasa y proteína tuvieron una evolución similar, incrementándose en este periodo en un 44,5 y 43,2%, respectivamente. Estos aumentos reflejan tanto un mejoramiento genético, como en la nutrición, el manejo y la sanidad de los animales.

La selección, cuyo objetivo ha sido mejorar la producción individual de leche, ha logrado aumentos sustantivos en dicha variable, pero adicionalmente ha generado un efecto detrimental en el comportamiento reproductivo de las vacas lecheras de alta producción (Butler, 2000,2003; de Vries y Veer-

kamp, 2000; Heder *et al.*, 2000; Lucy, 2000, 2001; Sakaguchi *et al.*, 2004). El aumento del lapso parto-preñez a través de los años o en las distintas épocas de parición, asociado a un incremento en la producción individual de leche, se debe en gran medida a un aumento en la duración y la magnitud del balance energético negativo, más que al aumento productivo *per se*. El principal problema pareciera ser el retraso en el reinicio de la actividad ovárica posparto, generado por un balance energético fuertemente negativo especialmente en los primeros tres meses de la lactancia (Ibarra y Latrille, 1999). Debido a esto las lactancias se alargan y el sistema pierde eficiencia, ya que impide que los animales inicien sus lactancias en las épocas más favorables.

La tasa de preñez muestra, de acuerdo a Shook (2006), una declinación del 6%, entre 1980 y 2000. Esto equivale a un aumento de 24 días en el lapso parto-preñez. El autor informa sobre los resultados de un estudio realizado en los estados del sureste de Estados Unidos donde el lapso parto-preñez aumentó en más de 40 días entre 1982 y 1999 en el Holstein, y en más de 30 días entre 1988 y 1999, en el Jersey. En ambas razas, la tasa de concepción disminuyó desde alrededor de un 50% a principios de los 80, a cerca de un 34% en 1999.

El mejoramiento genético a partir de 1980 es responsable, según Shook (2006), del 55% del incremento fenotípico en las características productivas, y en alrededor de un tercio en la declinación de las tasas de preñez.

El rebaño que se analiza ha utilizado permanentemente el germoplasma de toros Holstein Americano sobresalientes, en fun-

ción de las pruebas de progenie realizadas en Estados Unidos. Como lo informan Davis *et al.* (2006), el nivel de producción del rebaño en estudio, en los últimos años, es similar al informado por Shook (2006) en el año 2000. En Chile existen numerosos estudios que demuestran la importancia de los efectos año, mes de inicio de las lactancias y edad de las vacas en sistemas de parición estacional (Magoñke *et al.*, 1984; García *et al.*, 1984, 1987, 1999, 2001), sin embargo, la información sobre rebaños de alta producción en estabulación permanente es escasa.

Davis *et al.* (2006) evalúan la importancia relativa de los efectos no genéticos en el sistema de estabulación permanente considerado en este estudio y en pastoreo directo, sin embargo, esta comparación solo se realizó con lactancias que se iniciaron entre los meses de julio y octubre, puesto que en el rebaño en pastoreo directo, solo existían lactancias iniciadas en esos meses. Es interesante, por lo tanto analizar la importancia de estos efectos sobre características productivas, con lactancias que se inician durante todos los meses del año. También es de interés analizar el efecto del nivel de producción de vacas fértiles sobre el lapso parto-preñez en este sistema de producción.

En función de lo anteriormente señalado los objetivos son cuantificar los efectos no genéticos de año, época de parto, edad y longitud del periodo seco sobre el comportamiento productivo en vacas Holstein de alta producción, en un sistema de estabulación permanente con partos durante todo el año y relacionar el lapso parto-preñez de las vacas fértiles con el nivel productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con la información productiva del predio Las Mercedes que se encuentra ubicado en la comuna de La Unión, X Región de Chile, a 40° 16' de latitud sur y 73° 06' de longitud oeste, y a una altitud de 113 msnm. El predio se encuentra ubicado en la Cordillera de la Costa de la X Región de Chile. Se utilizaron 2.392 lactan-

cias para el análisis de la información productiva y para el lapso parto-preñez. Los registros corresponden al periodo 1997-2004.

Los suelos de esta zona se conocen como rojos arcillosos y han evolucionado a partir de materiales volcánicos antiguos (Luzio, 1992). Este sistema se encuentra ubicado en un microclima que le otorga un verano muy seco, con gran escasez de pasto, e inviernos más benignos que en el resto de la zona, lo que hace posible cosechar mayor cantidad de pradera en la época invernal. Debido a esta condición climática y a los requerimientos nutritivos de los animales, el uso de forrajes conservados es una práctica necesaria, a pesar de que en los últimos años se ha privilegiado el uso de forrajes frescos. Debido al alto nivel productivo de los animales se practica una suplementación con concentrados, la que en promedio fue de 355 g kg de leche⁻¹ día⁻¹.

El forraje, en este predio, se ofrece preferentemente como "soiling" de ballica de alta calidad. En el verano y a principios de invierno, cuando no hay disponibilidad suficiente de este, se recurre a forrajes conservados como ensilaje y heno, además de "soiling" de otras especies de mejor comportamiento en esas épocas (avena a principios de invierno y alfalfa en verano). El ensilaje de maíz se usa prácticamente todo el año. Hasta el año 2002 se ordeñaba dos veces al día. A partir de 2003 el número de ordeños diarios aumentó a tres. Los partos ocurren durante todo el año.

Se evaluó la producción de leche mensual y por lactancia, corregida a 4% de materia grasa, por sólidos totales y sin corregir; producción de materia grasa y proteína; tenor grasoso y proteico; largo de las lactancias; "peak" de producción diario; índice de persistencia y mínima relación grasa; proteína. Las variables fueron analizadas mediante el programa GLM del Sistema de Análisis Estadístico SAS (1996). La leche corregida por sólidos totales se calculó de acuerdo a lo descrito por AFRC (1993).

Para evaluar el efecto del año de inicio de las lactancias se agruparon las que tenían producciones similares: 1997-1998; 1999-

2000-2001 y 2002-2003-2004. Los meses de inicio de las lactancias, a su vez se agruparon en los periodos julio-octubre, noviembre-febrero y marzo-junio. La edad de las vacas contempló cuatro niveles y la longitud del periodo seco cinco: 0-30; 31-45; 46-60; 61-110 y más de 110 días. En el análisis se utilizó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijklmn} = \mu + A_i + Ep(A)_{ij} + Ed_k + PS_l + e_{ijklmn}$$

Donde: μ = promedio general; A_i = efecto de i ésimo grupo de años en que se iniciaron las lactancias (1997-1998; 1999-2000-2001; 2002-2003-2004); $Ep(A)_{ij}$ = efecto de la j ésima época dentro de cada grupo de años en que se iniciaron las lactancias (julio-octubre, noviembre-febrero, marzo-junio); Ed_k = efecto de la k ésima edad de las vacas al iniciar las lactancias (2; 3; 4; 5 y más años); PS_l = efecto de la l ésima longitud del periodo seco (0-30; 31-45; 46-60; 61-110; más de 110 días); e_{ijklmn} = error experimental.

Debido al fuerte incremento de la producción ocurrido a través de los años en este sistema, el efecto de la época de inicio de la lactancia se analizó dentro de grupo de años. No se incluyeron interacciones, ya que en análisis preliminares no alcanzaron significación estadística ($P > 0,05$).

Para el análisis de la información reproductiva se utilizaron exclusivamente las vacas en producción que lograron quedar preñadas. No se incluyeron, por consiguiente, los individuos que se debieron eliminar por presentar problemas reproductivos. El lapso parto-preñez se consideró como variable dependiente y se evaluó el efecto de tres niveles de producción de leche sobre esta variable. Para realizar el análisis se usó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + L_i + e_{ij}$$

Donde la variable respuesta Y_{ij} fue el lapso parto-preñez; μ = promedio general; L_i = efecto del i ésimo nivel de producción de leche (alto: > 10.167 kg vaca⁻¹ lactancia⁻¹; medio: $8.079-10.166$ kg vaca⁻¹ lactancia⁻¹; bajo < 8.079 kg vaca⁻¹ lactancia⁻¹). Las categorías se obtu-

vieron dividiendo la población en terciles, de acuerdo a la producción de leche en los primeros 305 días; e_{ij} = error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos no genéticos en un sistema de estabulación permanente

Efecto año

En el Cuadro 1 se entregan los valores promedio de las variables controladas en el periodo analizado, agrupando los años con producciones de leche similares. Se observó un incremento importante en la producción de leche y de sólidos lácteos. Los aumentos se explican por los mayores "peak" de las lactancias, ya que la persistencia no mejoró al comparar las de menor producción de las temporadas 1997 y 1998, con respecto a aquellas iniciadas entre 2002 y 2004, etapa en la que se lograron los niveles más altos. El tenor graso muestra una disminución importante, al igual que la mínima relación grasa: proteína (mRGP). El tenor proteico, en cambio, aumentó significativamente ($P \leq 0,05$).

Producción de leche, grasa y proteína. La producción promedio de leche aumentó a través de los años. El incremento entre 1997-1998 y 2002-2004 fue de 62; 48 y 47% en la producción de leche sin corregir (PL), corregida por materia grasa (PLG) y corregida por sólidos totales (PLGP), respectivamente. Este aumento se debió principalmente a mejoras en el manejo del rebaño y a que en las lactancias que se iniciaron en 2003 y 2004, se aumentó el número de ordeños de dos a tres veces al día. El "peak" de producción diario promedio se incrementó en un 59%, la persistencia se mantuvo relativamente constante y la producción en el primer mes de lactancia aumentó en un 51%. Debido a lo anterior, las curvas de lactancia se desplazaron completamente, siendo el periodo 2002-2004 superior a las etapas 1997-1998 y 1999-2001 durante toda la lactancia (Figura 1). El efecto del manejo, sumado al mayor grado de

control de las variables productivas que es posible tener en este tipo de sistemas y el aumento en el número de ordeños, confunden las posibles diferencias que podrían haberse generado por el mejoramiento genético u otro efecto ambiental.

En la Figura 1 se observa que el "peak" de producción ocurre en el tercer mes de la lactancia en los periodos 1999-2001 y 2002-2004, con producciones de 8.452 y 10.396 kg de leche, respectivamente, en cambio en el periodo 1997-1998, con una producción sustancialmente inferior (6.424 kg) este ocurrió en el segundo mes. La diferencia en la producción de los primeros 305 días de lactancia en el periodo 2002-2004 respecto a 1999-2001 y 1997-1998 fue de 23,0 y 61,8%, respectivamente. En el mismo orden, al "peak", estas aumentaron a un 24,0 y 68,4%.

La producción de materia grasa siguió un patrón similar al de la producción de leche,

pero los aumentos fueron de menor magnitud. En el periodo estudiado la producción de materia grasa de la lactancia completa aumentó en un 11,4% en el periodo 2002-2004 con respecto a 1999-2001 y en un 36,6% al compararlo con la etapa 1997-1998. En el mismo orden, al "peak", el incremento alcanzó a 10,5 y 43,9%. Esto ocurrió porque el tenor graso disminuyó al incrementarse la producción de leche por efecto de la mayor inclusión de concentrados y el menor uso de forrajes conservados (Figura 1).

La producción de proteína aumentó un 68% en el periodo, en una mayor magnitud que la producción de leche y grasa. La diferencia en la producción de proteína en la lactancia completa en el periodo 2002-2004 con respecto a 1999-2001 y 1997-1998 fue de 26,2 y 67,9%, respectivamente. En el mismo orden, al "peak", las diferencias alcanzaron a 26,1 y 79,8%.

Cuadro 1

Efecto del año en que se inicia la lactancia sobre distintas variables medidas en un sistema de estabulación permanente

Variables	Año de inicio de las lactancias		
	1997-1998	1999-2000-2001	2002-2003-2004
Producción de leche a los 305 días (kg)	6.424 a ¹	8.452 b	10.396 c
Producción de leche a los 305 días corregida a 4% de materia grasa (kg)	6.680 a	8.446 b	9.866 c
Producción de leche a los 305 días corregida por sólidos totales (kg)	4.411 a	5.580 b	6.492 c
Largo de las lactancias (días)	321	325	322
Producción de grasa a los 305 días (kg)	257 a	315 b	351 c
Tenor graso (%)	4,02 c	3,80 b	3,46 a
Producción de proteína a los 305 días (kg)	212 a	282 b	356 c
Tenor proteico (%)	3,19 a	3,23 b	3,31 c
"Peak" de producción de leche (kg)	28,43 a	37,3 b ^b	45,29 c
Índice de persistencia (%)	76,04 b	74,99 a	76,15 b
Mínima Relación grasa: proteína	1,25 c	1,15 b	1,00 a

¹ Letras diferentes en sentido horizontal, dentro de característica, indican diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

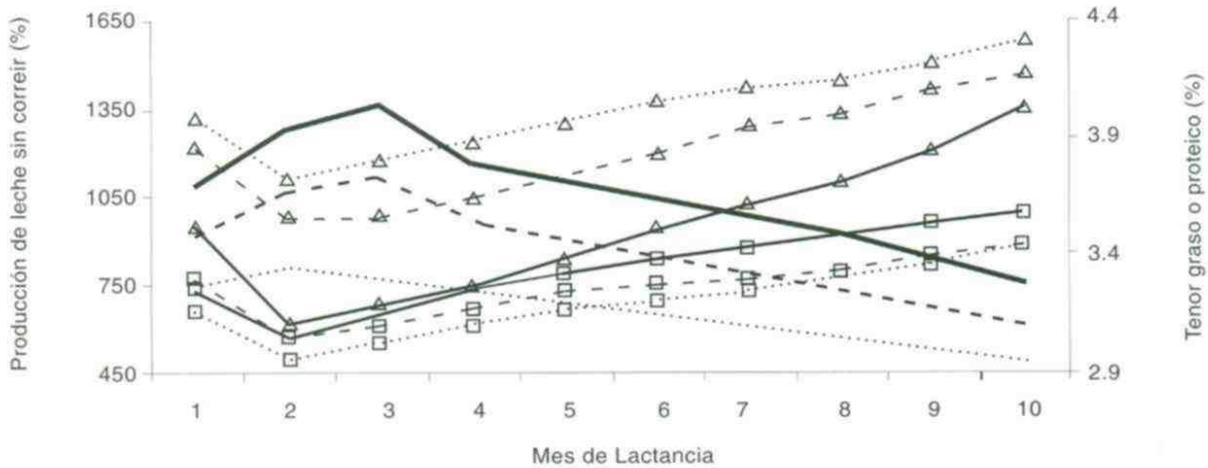


Figura 1. Producción mensual de leche sin corregir (—), tenor graso (▲) y tenor proteico (⊕) según año de inicio de las lactancias en el sistema de estabulación permanente. Líneas continuas para años 2002-2004 y punteadas para años 1999-2001 (---) o 1997-1998 (.....).

Tenores grasos y proteicos. El tenor grasos de la leche disminuyó en 0,56 puntos porcentuales (14%) entre 1997-1998 y 2002-2004. Esto explica el motivo por el cual la producción de materia grasa aumentó en menor magnitud que la producción de leche. Este fenómeno de dilución ha sido explicado desde el punto de vista nutricional por diversos autores. Al parecer esta depresión la generan dos tipos de raciones: las que tienen altas cantidades de carbohidratos rápidamente digeribles y un bajo contenido de componentes fibrosos y las que poseen aceites poliinsaturados (aceite vegetal, aceite de origen marino, entre otros) (Bauman y Griinari, 2003; Jenkins y McGuire, 2006).

Bauman y Griinari (2003) señalan tres teorías para explicar la depresión del tenor grasos causada por las dietas anteriormente señaladas. La primera indica que estas raciones provocan una alteración en la fermentación ruminal, lo que genera una producción insuficiente de acetato y butirato para sustentar la síntesis de materia grasa. La segunda teoría lo atribuye al aumento de la producción de propionato en el rumen y la tasa hepática de gluconeogénesis lo que provocaría un aumento de la insulina circulante. Dicha hormona anabólica reduciría la movili-

zación de los precursores de la síntesis de materia grasa, por lo tanto este déficit afectaría el desarrollo del proceso. La tercera teoría ha ganado mayor aceptación en el último tiempo. En ella se postula que la síntesis de materia grasa se inhibe por un ácido grasos que es producido como resultado de alteraciones en la biohidrogenación del rumen.

Bauman y Griinari (2003) descartan las dos primeras teorías, señalando que en la primera, estudios de administración exógena de acetato y butirato obtuvieron respuestas modestas sobre el tenor grasos de la leche. La reducción de la síntesis de estos ácidos grasos, por lo tanto, no explica por sí sola el descenso en el tenor grasos. Respecto a la segunda teoría indican, que a pesar de que altos niveles circulantes de insulina reducen la movilización de precursores de la síntesis de materia grasa, estos niveles hormonales solo ocurren en vacas que están en balance energético positivo. En este periodo, la proporción de precursores de la síntesis de grasa láctea aportada por los tejidos de reserva, es mínima. Los autores postulan que al suministrar dietas que generen una depresión en el tenor grasos, la producción por parte de los organismos ruminales del ácido linoleico conjugado trans-10, cis-12 (CLA) aumenta. De acuerdo a esta teoría la aparición predominan-

te de este ácido graso es el factor que causaría la inhibición de la síntesis de materia grasa en la glándula mamaria. Este factor tendría un mecanismo conjunto con enzimas lipogénicas en la glándula.

En el rebaño que se analiza a medida que se intensificó el sistema productivo, la proporción de carbohidratos de rápida utilización en las raciones aumentó y la fibra disminuyó lo que habría generado la depresión en el tenor graso de la leche.

El tenor proteico, en cambio, se incrementó en el período en 0,12 unidades porcentuales. Según Jenkins y McGuire (2006), contrariamente a lo que sucede con la grasa de la leche, al reducir la proporción de forraje y aumentar la proporción de carbohidratos rápidamente fermentables de la dieta, aumentaría el contenido proteico, a lo que se suma la creciente utilización de proteína no degradable en el rumen o proteína "bypass" a través de los años (Figura 1).

Relación entre la producción de leche y los tenores graso y proteico. En la Figura 1 se observa una menor variación a lo largo de la lactancia en el tenor proteico respecto del tenor graso. En la medida que aumentó la producción de leche a través de los años el tenor graso disminuyó, asociado como ya se mencionó, a una

mayor movilización de tejido adiposo en respuesta a un balance energético más negativo (de Vries y Veerkamp, 2000). El tenor proteico, en cambio, mostró una tendencia completamente distinta, ya que a mayor producción de leche se produjo un mayor tenor de proteína láctea como consecuencia de una mayor utilización de concentrados y proteína no degradable con el correr de los años.

En los tres periodos analizados, los menores tenores graso y proteico ocurrieron en el segundo mes de la lactancia. En el periodo de menor producción (1997-1998) la grasa fluctuó entre 3,72 y 4,31% en el segundo y décimo mes, respectivamente. En el mismo orden, en los periodos 1999-2001 y 2002-2004 esta lo hizo entre 3,56-4,18 y 3,10-4,03%, siempre en el segundo y décimo mes. En el orden señalado para la grasa, la proteína fluctuó entre 2,94-3,44; 3,03-3,43 y 3,04-3,57.

Relación grasa: proteína (RGP). La RGP promedio de las lactancias disminuyó un 17% en el período estudiado, como resultado de la disminución del tenor graso, que fue superior al aumento del tenor proteico. De acuerdo a lo anteriormente indicado, el cambio en la RGP a través de la lactancia, se explica más por la variación en el tenor graso que por el aumento del tenor proteico (Figuras 1 y 2).

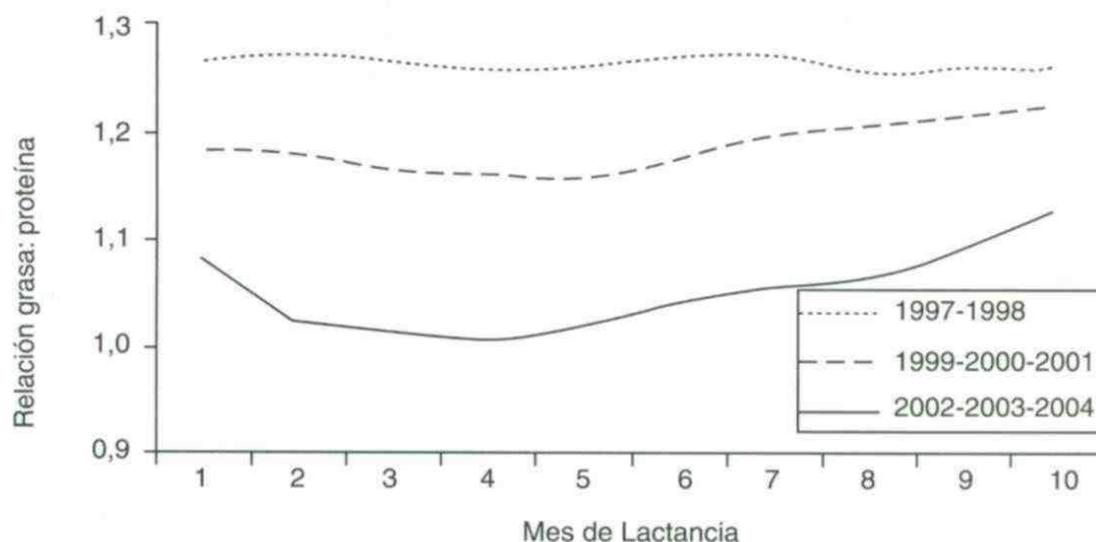


Figura 2. Relación grasa: proteína, según año de inicio de las lactancias en un sistema de estabulación permanente.

En la Figura 2, se observa el cambio en la RGP según el mes de la lactancia. En 1997-1998, con los valores más bajos de producción, la RGP permanece prácticamente constante a través de la lactancia. Al incrementarse la producción, las diferencias entre las menores RGP y las más altas que ocurren en el último mes de la lactancia, se incrementaron.

Efecto de la época de inicio de las lactancias

Debido al fuerte incremento en la producción a través de los años, el efecto de la época de inicio de la lactancia se analizó dentro de grupos de años, según el nivel de producción. Las épocas analizadas fueron: 1) noviembre-febrero, 2) marzo-junio y 3) julio-octubre. En el Cuadro 2 se entrega la magnitud de las variables analizadas según época de parto dentro de cada grupo de año.

Producción de leche, grasa y proteína. En años de producción baja y media (periodos 1997-1998 y 1999-2000-2001, respectivamente), las vacas que iniciaron sus lactancias entre los meses de julio y octubre produjeron significativamente más ($P \leq 0,05$) que aquellas que lo hicieron entre marzo y junio y entre noviembre y febrero. En el periodo de mayor producción, que ocurrió entre los años 2002 y 2004, se produjo un importante aumento en la producción de leche de las vacas que parieron entre marzo y junio, desapareciendo la diferencia que se observaba en los dos periodos anteriores con respecto a aquellas que iniciaban su lactancia entre julio y octubre. Este incremento productivo se debió, al menos en parte, a un mayor uso de "soiling" de avena durante el periodo invernal y a un menor uso de forrajes conservados, respecto a las temporadas anteriores.

A pesar de lo anteriormente señalado, siempre el mayor "peak" ocurre en las lactancias que se inician entre julio y octubre. Entre 2002 y 2004 este hecho no logró compensar la menor persistencia, ya que esta disminuyó significativamente ($P < 0,05$) en relación a las otras dos épocas. Entre 1999 y

2001 también la persistencia disminuyó con respecto a la observada en 1997 y 1998, pero en este caso el efecto del mayor "peak" de las vacas que iniciaban sus lactancias entre julio y octubre fue más importante.

Lo anteriormente expuesto demuestra un importante mejoramiento en el manejo nutricional de las vacas que parieron entre 2002 y 2004, respecto a los años anteriores. La principal mejora fue un menor uso de forrajes conservados, favoreciendo el uso del "soiling" de ballica que, como lo menciona Davis *et al.* (2006), posee un mejor valor nutritivo que los forrajes conservados para producir leche.

En la medida que se intensificó el sistema de producción en estabulación permanente, elevándose los niveles productivos, las diferencias de producción de leche entre vacas que iniciaban sus lactancias en distintas épocas del año disminuyó, e incluso se hizo nula al considerar la producción de leche corregida por grasa o por sólidos totales. Este logro biológico no es extrapolable a un mayor beneficio económico.

La producción de grasa no muestra diferencias importantes ($P > 0,05$) entre las distintas épocas de inicio de las lactancias. Solo en los años 1997-1998 la producción de grasa fue menor con partos entre los meses de marzo y junio. Puede observarse, por lo tanto, que en general el mayor volumen de leche producido, compensó los menores tenores grasos. La producción de proteína mostró una tendencia muy similar al de la producción de leche sin corregir (Cuadro 2).

Tenores grasa y proteico. El tenor graso en el primer mes fue similar en las tres épocas de parición (Figura 3). A partir del segundo, sin embargo, siempre las vacas que iniciaban las lactancias entre julio y octubre mostraron un menor tenor graso con respecto a las que lo hicieron entre marzo y junio. Es importante destacar, sin embargo, que el periodo de tiempo en que el tenor graso de las lactancias iniciadas entre julio y octubre, fue inferior con respecto a los otros dos periodos, disminuyó en la medida que la producción de leche se incrementó.

Como se observa en la Figura 3, durante 1997 y 1998, transcurrieron seis meses para que el tenor graso de las lactancias iniciadas en julio-octubre superaran levemente a las que lo hacían entre marzo y junio. En el periodo 1999-2001 este fenómeno ocurrió a los cinco meses, y en este caso, las lactancias iniciadas entre julio y octubre superaron a las que lo hicieron entre marzo y junio y entre noviembre y febrero en una magnitud mayor respecto a los años de menor producción

(1997-1998). Finalmente entre 2002 y 2004, que fue la etapa de mayor producción láctea, el tenor graso de julio-octubre iguala al de marzo-junio a los tres meses, y al cuarto, superó a los otros dos periodos, con una diferencia importante sobre todo en relación a la etapa marzo-junio. Este es el motivo por el cual en 2002-2004 el tenor graso de las lactancias que se iniciaron entre julio y octubre fue significativamente mayor ($P \leq 0,05$) a aquellas que lo hicieron entre marzo y junio.

Cuadro 2

Efecto de la época en que se inician las lactancias en los primeros 305 días de estas sobre distintas variables analizadas en un sistema de estabulación permanente

Variables	1997-1998			1999-2000-2001			2002-2003-2004		
	nov-feb	mar-jun	jul-oct	nov-feb	mar-jun	jul-oct	nov-feb	mar-jun	jul-oct
Producción de leche (kg)	6.304 a ¹	6.118 a	6.848 b	8.434 b	8.104 a	8.817 c	10.111 a	10.628 b	10.449 b
Producción de leche corregida a 4% de M.G. (kg)	6.643 a	6.350 a	7.046 b	8.471 b	8.198 a	8.663 b	9.771 a	9.905 a	9.921 a
Producción de leche corregida por sólidos totales (kg)	4.417 b	4.206 a	4.610 b	5.591 b	5.424 a	5.724 b	6.410 a	6.534 a	6.533 a
Largo de las lactancias (días)	315	319	329	325	327	323	323	320	325
Producción de grasa (kg)	260 b	245 a	267 b	315 a	311 a	319 a	352 a	350 a	352 a
Tenor graso (%)	4,12 b	4,01 a	3,93 a	3,79 b	3,90 c	3,70 a	3,53 c	3,38 a	3,46 b
Producción de proteína (kg)	208 a	201 a	226 b	287 b	270 a	288 b	351 a	360 b	357 ab
Tenor proteico (%)	3,21 a	3,19 a	3,18 a	3,28 c	3,24 b	3,18 a	3,33 b	3,29 a	3,31 ab
"peak" de producción de leche (kg)	27,88 a	26,95 a	30,4 b	36,42 a	35,96 a	39,72 b	44,27 a	45,13 b	46,47 c
Índice de persistencia (%)	76,51 a	76,03 a	75,58 a	76,81 c	75,58 b	72,59 a	76,60 b	77,73 c	74,13 a
Relación grasa: proteína	1,26 c	1,23 b	1,22 a	1,10 a	1,19 b	1,09 a	1,01 b	0,94 a	0,94 a

¹ Letras diferentes dentro de grupo de año en sentido horizontal indican diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

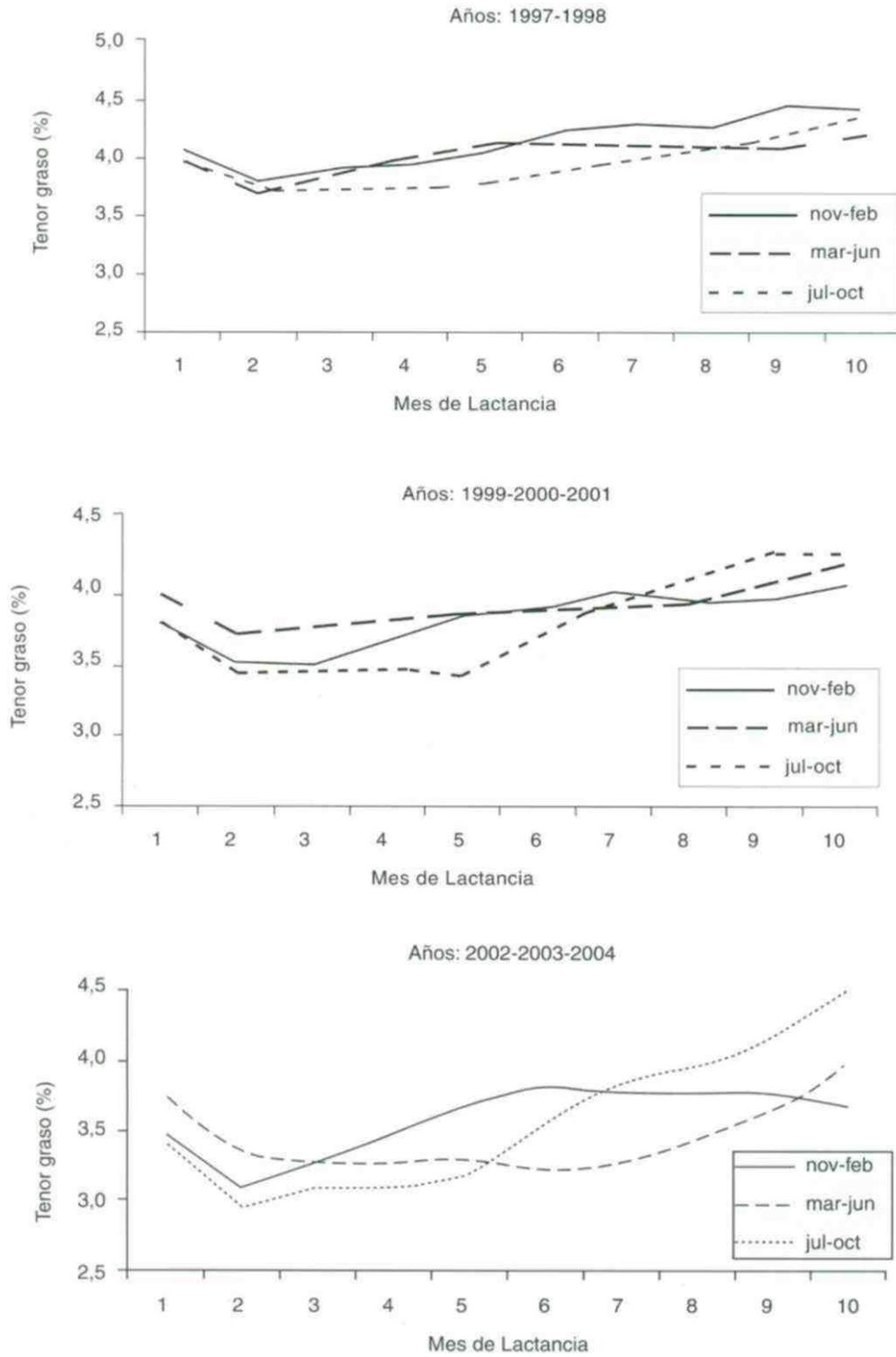


Figura 3. Evolución del tenor graso según la época de inicio de las lactancias, al incrementarse la producción en un sistema de estabulación permanente.

El aumento en el tenor graso de las lactancias que se iniciaron entre julio y octubre, y la leve disminución de las que lo hicieron entre marzo y junio, puede explicarse en parte por el mes del año en que transcurrió el quinto mes de la lactancia en una y otra época de parición. Las vacas que parieron entre marzo y junio tuvieron el quinto mes de lactancia entre agosto y noviembre, es decir, en la época primaveral. El forraje ofrecido en dicha época corresponde en su mayoría a "soiling" de ballica de alta calidad, con un alto contenido de proteína y poca fibra, lo que hizo que el tenor graso disminuyera o por lo menos no aumentara. Las vacas que iniciaron sus lactancias entre julio y octubre, en cambio, el quinto mes de la lactancia transcurrió entre diciembre y febrero, época del año en que el forraje se ofreció fundamentalmente conservado, con contenidos alto de fibra y bajo en proteína, por lo tanto el porcentaje de grasa de la leche aumentó.

Relación grasa: proteína. La mínima relación grasa: proteína de la lactancia decreció en la medida que se incrementó el nivel de producción. Esto ocurrió porque el tenor graso disminuyó sostenidamente, en cambio el tenor proteico aumentó (Figura 4). La evolución de esta relación es muy distinta según el nivel de producción y la época de parto. En general se observa, en términos relativos, la menor variación cuando la producción es baja (1997-1998) y la mayor, con niveles de producción más altos (2002-2004), especialmente en las épocas marzo-junio y julio-octubre.

En los años de alta producción, la evolución de esta relación a lo largo de la lactancia es diferente en las distintas épocas de parición. Gran parte de la explicación obedece a que las lactancias se desarrollaron en meses muy distintos. Aquellas que iniciaron sus lactancias entre noviembre y febrero, el sexto mes transcurrió en promedio en junio, en cambio en las que lo hicieron entre marzo y junio y entre julio y octubre, este mes se desarrolló en promedio en octubre y febrero,

respectivamente. La máxima relación grasa: proteína obtenida en el periodo noviembre-febrero, la menor relación lograda en las pariciones de marzo-junio y el incremento importante observado en las de julio-octubre, se explican por las causas anteriormente señaladas.

La menor variación en la relación grasa: proteína se observó en las vacas que parieron entre noviembre y febrero. Esto pudo deberse a que dichas lactancias presentaron un menor "peak" de producción que aquellas iniciadas en otras épocas del año (Cuadro 2), especialmente en los de alta producción, lo que disminuyó la magnitud del balance energético negativo, y por lo tanto la movilización de tejido adiposo.

Efecto del número del parto

Producción de leche, grasa y proteína. Como se observa en el Cuadro 3 la mayor producción de leche se obtuvo en la cuarta lactancia tanto para la PL, como para la PLG y PLGP. En los dos primeros casos las producciones de la tercera y cuarta lactancia fueron similares ($P > 0,05$), sin embargo, al considerar la PLGP, esta diferencia se hizo importante ($P < 0,05$). La producción de leche declinó en la quinta y posteriores lactancias, no obstante, la diferencia con respecto a la tercera solo fue importante ($P < 0,05$) al considerar la PL. La diferencia entre la mayor producción obtenida en la cuarta lactancia, respecto a la primera y segunda fue en PL de 24,9 y 8,9%, respectivamente. En el mismo orden, estas diferencias con la PLG y PLGP fueron de 25,1 y 23,6 y de 10,3 y 10,7%, para las primeras y segundas lactancias, respectivamente.

Con una edad promedio al primer parto de 861 días (2,36 años), un largo de lactancia de 325 días y periodos secos de 77 días, la edad promedio al inicio de la cuarta lactancia fue de 5,66 años. Rice *et al.* (1957) informan máximas producciones en vacas Holstein entre los seis y ocho años cinco meses. Según lo expuesto en el presente estudio las hembras lograron la máxima producción a una edad algo inferior.

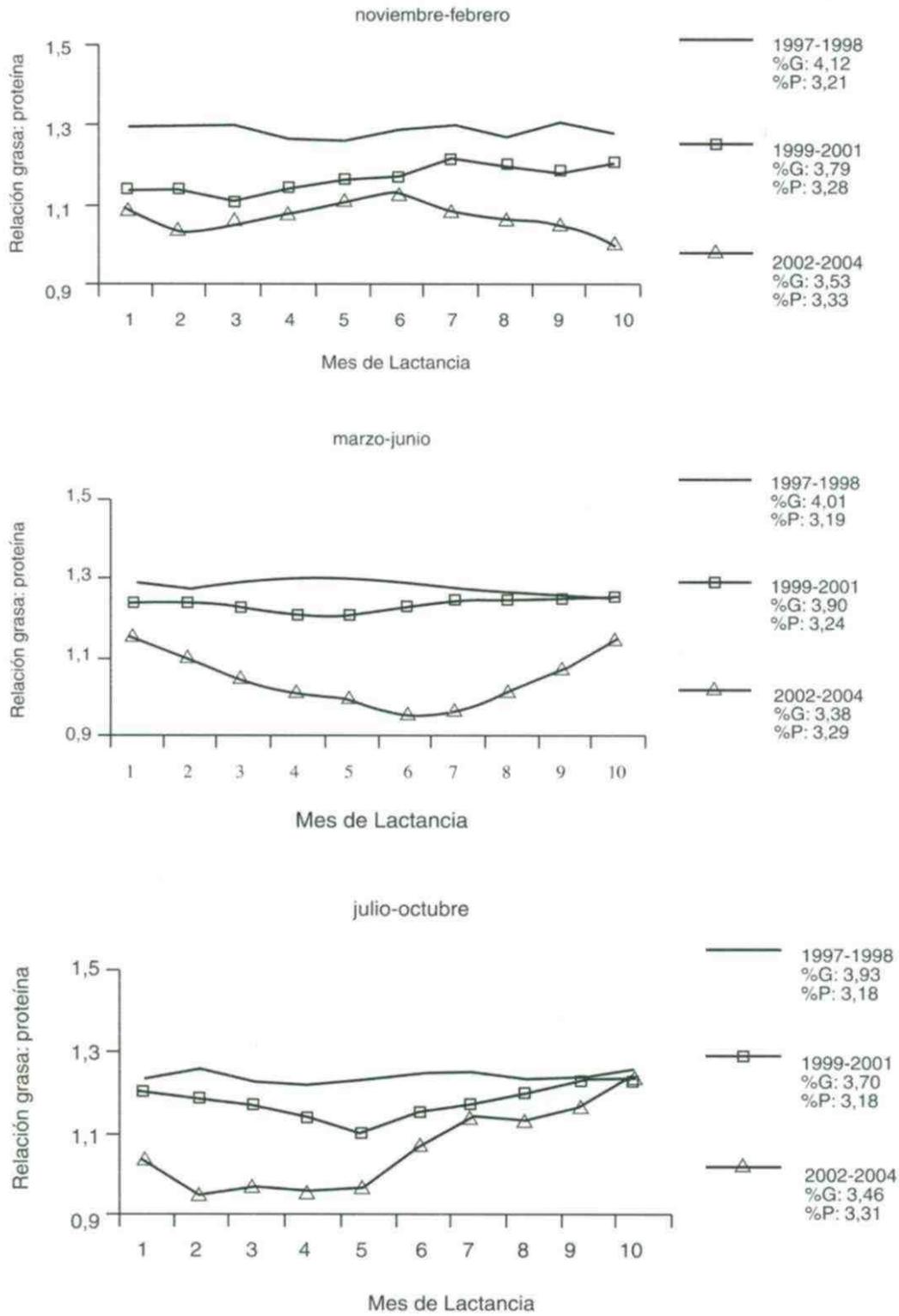


Figura 4. Relación grasa: proteína según época de inicio de las lactancias, para el sistema de estabulación permanente. Se indican los valores promedio del tenor graso (%G) y proteico (%P).

Cuadro 3

Efecto del número del parto sobre distintas variables analizadas en los primeros 305 días de estas en un sistema de estabulación permanente

Variable	Número de la lactancia				
	1	2	3	4	5 y más
Producción de leche (kg)	7.232a	8.300b	8.880d	9.036d	8.671c
Producción de leche corregida a 4 % de M.G. (kg)	7.137a	8.093b	8.753cd	8.928d	8.596c
Producción de leche corregida por sólidos totales (kg)	4.776a	5.334b	5.767c	5.904d	5.691c
Largo de lactancia (días)	329c	321ab	323b	322ab	318a
Producción de grasa (kg)	268a	294b	322c	332d	322c
Tenor graso (%)	3,77b	3,68a	3,76b	3,78b	3,80b
Producción de proteína (kg)	246a	281b	301d	301d	287c
Tenor proteico	3,25b	3,26b	3,27b	3,22a	3,22a
"Peak" de producción de leche (kg)	29,4a	35,5b	39,5c	40,7d	40,1cd
Índice de persistencia (%)	80,7d	77,5c	74,6b	73,7b	72,2a
Relación grasa: proteína	1,16b	1,13a	1,15b	1,17c	1,18c

Letras diferentes en sentido horizontal señalan diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$).

Los factores propuestos por Rice *et al.* (1957) para convertir las producciones de la primera y segunda lactancia iniciadas a los 2,36 y 3,47 años a equivalente adulto son de 1,27 y 1,12, respectivamente. En el presente estudio similares factores fueron 1,25 y 1,09, en el mismo orden. La diferencia observada entre estas dos estimaciones son mucho menores respecto a las evaluadas por García *et al.* (1984; 1999) con vacas Holstein en pastoreo directo con niveles de producción de las vacas adultas de 3.212 y 4.170 kg, respectivamente. En el estudio de García *et al.* (1984), para primeras y segundas lactancias iniciadas a los dos y tres años, similares índices fueron de 1,39 y 1,20, respectivamente. En el mismo orden, García *et al.* (1999) obtuvieron índices de 1,19 y 1,09 para primeras y segundas lactancias iniciadas a los tres y cuatro años. Los resultados analizados indicarían que, el tiempo requerido para alcanzar la madurez para lograr las máximas producciones, se vería afectado

por el manejo nutricional de las hembras en el transcurso de su vida.

La producción de grasa se incrementó significativamente ($P < 0,05$) entre las lactancias 1-2 (11,0%) y la 2-3 (10,9%). El aumento similar observado se debió a que el tenor graso de la lactancia 2 fue significativamente más bajo respecto del resto de las lactancias (Cuadro 3). Esto hizo que el menor aumento en la producción de leche entre segunda y tercera respecto al observado entre la primera y segunda lactancia se viera compensado por este fenómeno. La producción de grasa en las lactancias posteriores fue mayor que la de las dos primeras, obteniéndose el máximo valor en la cuarta lactancia.

La producción de proteína también se incrementó significativamente. Los valores prácticamente iguales observados en las tercera y cuarta lactancias obedece a que la mayor producción de leche de esta última se compensó con la disminución del tenor proteico a partir de la cuarta lactancia en adelante

(Cuadro 3). Las diferencias según la edad en las cuatro primeras lactancias fueron algo mayores a las señaladas para producción de grasa. A partir de la cuarta, se produjo una declinación en el tenor proteico lo que hizo que la producción de este sólido fuese en las lactancias posteriores menor ($P < 0,05$) respecto a la tercera y cuarta.

Como se observa en el Cuadro 3 el mayor largo de lactancia y persistencia se presentó en la primera. A partir de la segunda, los largos fueron similares, sin embargo, la persistencia disminuyó en la medida que avanzó el número de la lactancia. El incremento de la producción con la edad se explica, por consiguiente, por las mayores producciones diarias. Los "peak" se incrementaron con la edad ($P < 0,05$). A partir de la lactancia cuatro fueron mayores ($P < 0,05$) que en la lactancia tres a pesar de que la PL es mayor, en esta lactancia, respecto a las que se originaron a partir de la quinta. La PLG y PLGP fueron, sin embargo, similares.

Tenor graso, proteico y relación grasa: proteína. En el Cuadro 3 se presentan los valores promedio en las diferentes lactancias tanto para el tenor graso como proteico y la relación grasa: proteína. El valor más bajo del tenor graso ($P < 0,05$) se observó en la lactancia dos. En el resto los valores de esta variable fueron similares. Los mayores tenores proteicos se observaron, en cambio, en las lactancias 1; 2 y 3, las que superaron significativamente al de las posteriores.

La menor relación grasa: proteína se obtuvo en la lactancia dos, debido al menor tenor graso y a un elevado tenor proteico en ese momento. A partir de la cuarta, la relación sube dado que en esta etapa se observaron valores grasos ligeramente más altos y tenores proteicos más bajos.

Efecto de la longitud del periodo seco

El análisis de la totalidad de las lactancias iniciadas en distintas épocas del año entre 1996 y 2004, indica que la longitud óptima del periodo seco para lograr máximas PL, PLG y PLGP en vacas multíparas se

logró con longitudes que se encuentran en el intervalo de 46 a 60 días (Cuadro 4). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Davis *et al.* (2006) al considerar en el SEP solo las lactancias iniciadas entre julio y octubre. En las vacas primíparas, en cambio, la PL tiende a aumentar en la medida que la longitud del periodo seco se incrementa.

Bachman y Schairer (2003) y Grummer y Rastani (2004) en dos completas revisiones de literatura, concuerdan en que un periodo seco entre dos lactancias sucesivas permite al tejido epitelial de la glándula mamaria regresionar, proliferar y diferenciarse, y lograr que la producción de leche en la lactancia siguiente sea máxima. Ambos autores concuerdan, sin embargo, en que la longitud de esta etapa no se encuentra bien definida aún, para vacas con los niveles de producción de la actualidad.

Históricamente se ha indicado que el periodo seco óptimo fluctúa entre los 51 y los 60 días (Bachman y Schairer, 2003; Annen *et al.*, 2004; Grummer y Rastani, 2004; Andersen *et al.*, 2005; Rastani *et al.*, 2005). Este óptimo ha sido estimado para vacas de baja producción (menos de 6.000 kg de leche por lactancia), donde la persistencia disminuye notoriamente hacia el final de la lactancia. Por este motivo, el secado de estas hembras es casi espontáneo. En vacas de alta producción, como ocurre en el rebaño que se analiza, muchas deben secarse con producciones superiores a 30 kg de leche día⁻¹, para lograr un periodo seco cercano a los 60 días.

Existen estudios realizados en vacas de alta producción que determinan un periodo seco óptimo cercano a los 60 días. La mayoría de ellos son, sin embargo, producto de análisis de datos retrospectivos. En estos análisis no se consideran periodos secos planificadamente inferiores a 60 días, puesto que suelen incluir vacas con mellizos, abortos tardíos, con fecha de inseminación/parto erróneas, o que solo recibieron raciones de secado y no de parto (Bachman y Schairer, 2003; Grummer y Rastani, 2004; Rastani *et al.*, 2005).

Cuadro 4

Efecto de la longitud del periodo seco en vacas primíparas y múltiparas sobre diferentes variables de la producción láctea en los primeros 305 días de la lactancia

Variables	Vacas primíparas				
	Longitud del periodo seco (días)				
	0 - 30	31-45	46 - 60	61 - 110	Más de 110
Producción de leche sin corregir (kg)	7.957 b	8.774 ab	9.363 ab	9.434 a	10.084 a
Prod. de leche c. a 4% de MG (kg)	7.742 b	8.266 ab	9.067 ab	8.958 ab	9.784 a
Prod. de leche c. por sólido totales (kg)	5.193 a	5.482 a	5.951 a	5.905 a	6.328 a
Largo de la lactancia (días)	320,3 a	318,9 a	322,3 a	325,3 a	339,8 a
“Peak” de producción de leche (kg)	33,9 b	37,4 ab	41,7 a	40,4 a	41,6 a
Índice de persistencia (%)	79,0 a	76,3 ab	74,5 b	76,6 a	79,3 a
Producción de grasa (kg)	295,6 b	306,5 b	343,2 ab	334,5 ab	370,9 a
Tenor graso (%)	3,61 a	3,52 a	3,61 a	3,52 a	3,56 a
Producción de proteína (kg)	290,6 a	306,2 a	323,9 a	315,8 a	331,5 a
Tenor proteico (%)	3,52 a	3,38 ab	3,32 b	3,24 c	3,14 c
Mínima relación grasa - proteína	1,02 a	1,03 a	1,08 a	1,09 a	1,12 a
	Vacas múltiparas				
Producción de leche sin corregir (kg)	6.829 c	8.261 b	9.359 a	9.256 a	8.700 b
Prod. de leche c. a 4% de MG (kg)	7.003 c	8.090 b	9.106 a	9.104 a	8.640 b
Prod. de leche c. por sólidos totales (kg)	4.737 c	5.405 b	5.989 a	5.976 a	5.681 b
Largo de la lactancia (días)	313,6 a	307,6 a	316,9 a	329,4 a	328,6 a
“peak” de producción de leche (kg)	30,5 c	39,5 b	42,1 a	41,6 a	39,8 b
Índice de persistencia (%)	74,0 a	70,6 b	74,0 a	73,9 a	72,6 b
Producción de grasa (kg)	277,3 d	311,3 c	347,4 ab	351,1 a	334,1 b
Tenor graso (%)	3,98 a	3,72 b	3,66 b	3,72 b	3,74 b
Producción de proteína (kg)	248,6 c	287,2 b	315,6 a	308,8 a	290,9 b
Tenor proteico (%)	3,52 a	3,37 b	3,26 c	3,22 d	3,23 cd
Mínima relación grasa-proteína	1,13 ab	1,11 b	1,12 b	1,16 a	1,16 a

Letras diferentes en sentido horizontal señalan diferencias estadísticas significativas (P<0,05)

Comportamiento reproductivo y producción de leche en vacas fértiles de alta producción en estabulación permanente

El lapso parto preñez no es el principal estimador de la fertilidad intrínseca de los animales, como serían por ejemplo, la tasa de concepción o el lapso parto primer estro. Un lapso parto preñez más prolongado puede deberse a cualquiera de las variables indi-

casadas o a ambas, pero describe el resultado final del comportamiento reproductivo de un rebaño.

En la Figura 4 se señala la relación que existe entre la longitud del lapso parto-preñez, según el nivel de producción de leche en vacas fértiles. Las vacas pertenecientes al nivel más alto de producción (>10.167 kg vaca⁻¹ lactancia⁻¹) presentan un lapso parto preñez muy superior (59,9%) respecto a las

del grupo inferior (<8.079 kg vaca⁻¹ lactancia⁻¹) y a las del grupo medio (20,6%).

Ibarra y Latrille (1999), Lucy (2000, 2001) y Butler (2000, 2003) describen el efecto del balance energético negativo sobre la fertilidad de vacas lechera de alta producción. Luego del parto, independiente del balance energético negativo, se inicia el desarrollo folicular en respuesta a la alta concentración de la hormona folículo estimulante (FSH). Este proceso puede inducir: a la ovulación del folículo dominante 16 a 20 días posparto; a ausencia de ovulación seguida por una nueva ola folicular o a la formación de un folículo persistente. Los dos últimos eventos según Butler (2003) pueden alargar el lapso parto-primera ovulación entre 40 a 50 días.

La ovulación temprana del folículo dominante depende del restablecimiento de las secreciones pulsátiles de la hormona luteinizante (LH) lo cual, según Butler (2003), favorece el crecimiento folicular preovulatorio y la producción de estradiol. Esto último es importante, porque para que se produzca la ovulación, el estradiol debe alcanzar un nivel sanguíneo mínimo. Debido a la baja disponibilidad de energía durante el balance energético negativo, se reduce tanto la secreción de LH, como la respuesta del ovario frente a la estimulación de la hormona (Butler, 2000, 2003). Según Ibarra y Latrille (1999) y Lucy (2001) esta es una de las principales causas que retarda el reinicio de la actividad ovárica posparto en vacas en balance energético negativo, ya que el folículo dominante requiere más tiempo y mayor tamaño para sintetizar un nivel de estradiol sanguíneo que permita gatillar la ovulación.

Según Lucy (2000) y Butler (2000) el efecto del balance energético negativo sobre el desarrollo folicular, también puede verse afectado por una disminución acentuada del factor insulínico de crecimiento I (IGF-I). Dado que ambas actúan sinérgicamente para promover el desarrollo folicular (LH y IGF-I), una reducción combinada, podría comprometer el crecimiento folicular de vacas de alta producción en la primera etapa de las lactancias. Las concentraciones sanguí-

neas de la hormona de crecimiento (GH) y la de IGF-I, cambian dinámicamente en el periparto. Antes del parto, la concentración sanguínea de GH es baja y la de IGF-I alta, en relación a vacas lactantes. Al parto el nivel de GH aumenta y el de IGF-I disminuye. A medida que la lactancia avanza, GH disminuye gradualmente e IGF-I lo hace en sentido contrario.

Lucy (2000, 2001) explica las causas que provocan la disminución en el nivel sanguíneo de IGF-I después del parto. La concentración sanguínea de IGF-I se encuentra determinada principalmente por la producción hepática. En el hígado, la GH provoca la síntesis de IGF-I por medio de su receptor GHR-1A, el cual manifiesta una alta sensibilidad a señales externas como: balance energético negativo, subnutrición, parto, enfermedades o envejecimiento. En vacas de alta producción se produce una brusca caída de GHR-1A, lo cual también puede influir sobre la ovulación.

Dado el polimorfismo del gen PiT-1, Vargas *et al.* (2004), estudiaron su asociación con la producción de leche y parámetros reproductivos, puesto que Zwierzchowski *et al.* (2002) lo describen como el factor transcripcional crítico responsable de la expresión de los genes de la prolactina y de la GH. Vargas *et al.* (2004) informan que el genotipo formado por genes PiT-1 es el que más leche produce por permitir que GH alcance un mayor nivel, presentando balances energéticos negativos más pronunciados y prolongados y como consecuencia de ello mayores lapsos parto-preñez.

Los antecedentes analizados sustentan la relación entre el balance energético negativo con el retraso en la primera ovulación. A lo anterior Butler (2003) informa sobre una asociación positiva entre el comienzo temprano de los ciclos ovulatorios con una mejor tasa de concepción al usar IA.

CONCLUSIONES

- En las lactancias iniciadas entre los meses de julio y octubre los efectos de año y

mes de parto son mayores, respecto a aquellas que lo hacen en otras épocas.

- En estabulación permanente las lactancias iniciadas en primavera (julio-octubre) son más productivas que las que lo hacen en otras épocas del año. Esta ventaja se puede atenuar con el manejo nutricional.
- Los tenores graso y proteico muestran una evolución inversa a la producción de leche durante la lactancia con una fluctuación mayor del primero.
- El incremento en la producción de leche a través de los años, con los cambios de manejo implementados, provoca una disminución en el tenor graso, sin embargo el tenor proteico aumenta.
- El lapso parto-preñez de las vacas fértiles se incrementa en la medida que aumenta la producción de leche.

LITERATURA CITADA

- AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. CAB International, Wallingford, UK. 159 pp.
- ANDERSEN, J. B., T.G. MADSEN, T. LARSE, K. L. INGVARTSEN and M.O. NIELSEN. 2005. The effects of dry period versus continuous lactation on metabolic status and performance in periparturient cows. *J. Dairy. Sci.* 88: 3530-3541.
- 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.
- BACHMAN, K. C. and M. L. SCHAIRER. 2003. Invited review: bovine studies on optimal lengths of dry periods. *J. Dairy. Sci.* 86: 3027-3037.
- BAUMAN, D. E. and J. M. GRINARI. 2003. Nutritional regulations of milk fat synthesis. *An. Rev. Nutr.* 23: 203-227.
- 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. 2006. Comparación de dos sistemas de manejo con vacas Holstein Americano de alta producción X Región, Chile. *Avances en Producción Animal* 31:65-88.
- 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: 68-78.
- 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, período de servicio y período seco. *Avances en Producción Animal* 9: 99-108.
- GARCÍA, X., H. GONZÁLEZ, J. C. MAGOFKE, C. CORTÉS y C. CÁRDENAS. 1999. Efecto del año y mes de parto sobre la producción de leche y grasa, en un rebaño de vacas de la X Región sometido a cambios de manejo. *Avances en Producción Animal* 24: 121-131.
- GRUMMER, R. R. and R. R. RASTANI. 2004. Why reevaluate dry period length? *J. Dairy. Sci.* 87: (E.Suppl.): E77-E85.
- HEUER, C., W. M. VAN STRAALLEN, Y. H. SCHUKKEN, A. DIRKZWAGER and J. P. T. M. NORDHUIZEN. 2000. Prediction of energy balance in high yielding dairy herd in earling lactation: model development and precision. *Livest. Prod. Sci.* 65: 91-105.
- IBARRA, D. y L. LATRILLE. 1999. Relación entre balance energético postparto y fertilidad en vacas lecheras de alta producción. *Avances en Producción Animal* 24(1-2): 21-30.
- JENKINS, T. C. and M. A. MCGUIRE. 2006. Mayor avances in nutrition: impact on milk composition. *J. Dairy. Sci.* 89: 1302-1310.
- LUZIO, W. 1992. Los suelos de Chile. *In: Universidad de Chile Facultad de Cs. Agronómicas y Forestales. Publ. Misc. N° 38, 345 pp.*

- 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.
- ODEPA. 2005. Boletín de la leche año 2004. ODEPA. 2005. Boletín de la leche año 2004. [en línea] <<http://www.odepa.cl>> [consulta: 8 agosto 2005].
- 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.
- RICE, V. A., F. N. ANDREWS, E. J. WARWICK and J. E. LEGATES. 1957. Breeding and improvement of farm animals. Fifth Edition. MacGraw-Hill Book Company, Inc. 537 pp.
- SAKAGUCHI, M., Y. SASAMOTO, T. SUZUKI, Y. TAKAHASHI and Y. TAMADA. 2004. Postpartum ovarian follicular dynamics and estrous activity in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87: 2114-2121.
- SAKAGUCHI, M., Y. SASAMOTO, T. SUZUKI, Y. TAKAHASHI and Y. TAMADA. 2004. Postpartum ovarian follicular dynamics and estrous activity in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87: 2114-2121.
- SAS USER'S GUIDE. 1996. Versión 6.12 Edition. Sas Institute Inc. Cary NC.
- SHOOK, G. E. 2006. Major advances in determining appropriate selection goals. *J. Dairy Sci.* 89: 1349-1361.
- VARGAS, L. D., E. GANA y F. ESCUDERO. 2004. Polimorfismo del gen *PiT-1* en vacas lecheras de Chile central. *Arch. Zootec.* 53: 217-220.
- ZWIERZCHOWSKI, L., J. KRZYZEWSKI, N. STRZALKOWSKA, E. SIADKOWSKA and Z. RYNIEWICZ. 2002. Effects of polymorphism of growth hormone (GH), *PiT-1*, and leptin (LEP) genes, cow's age, lactation stage and somatic cell count on milk yield and composition of Polish Black-and-White cows. *Animal Science Papers and Reports.* 20: 213-227.