

COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS DE MANEJO CON VACAS HOLSTEIN AMERICANO DE ALTA PRODUCCIÓN, X REGIÓN, CHILE

COMPARISON OF TWO PRODUCTION SYSTEMS WITH HIGH PRODUCING AMERICAN HOLSTEIN, REGION X, CHILE

PABLO DAVIS M.¹, JUAN CARLOS MAGOFKE S.², XIMENA GARCÍA F.²,
EDMUNDO GANA V. 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 y los efectos no genéticos de año y época de parto, edad y longitud del periodo seco con vacas en estabulación permanente (SEP) y pastoreo directo (SPD) en dos predios de la X Región de Chile. La información analizada correspondió a 501 y 1.173 lactancias para EP y PD, respectivamente, registradas entre 1999 y 2004.

El SEP presentó mayores valores para todas las variables productivas analizadas respecto al SPD, especialmente en producción grasa (23,9%), de leche corregida por materia grasa (22,4%) y por sólidos totales (21,4%). El mayor consumo de materia seca y el largo de las lactancias en el SEP parecieran explicar estas diferencias. Tanto en el SEP como en el SPD, las vacas que parieron temprano en la primavera produjeron más leche que aquellas que lo hicieron tardíamente, presentándose en este caso una interacción entre año y época. El monto y distribución de las precipitaciones estivales aparecen como las principales causas de las diferencias anuales. Los tenores graso y proteico mostraron una evolución inversa a la producción de leche y disminuyeron en el SEP cuando la sequía obligó a acortar las lactancias, debido a la mayor concentración de la leche al final de estas. La tercera y cuarta fueron las lactancias más productivas en el SEP. En el SPD no hubo diferencias significativas luego del tercer parto. Vacas más jóvenes presentaron lactancias más persistentes. En el SEP bastaron entre 46 y 60 días de periodo seco para maximizar la producción de la lactancia siguiente en vacas múltiparas, en el SPD solo se requirieron entre 30 y 45 días. Las vacas primíparas necesitaron PS más prolongados.

Palabras clave: Holstein Americano, efectos no genéticos, estabulación permanente, pastoreo directo.

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 (PC) and pasture-based (PB) systems in two farms of Region X of Chile. The analyzed data was based on 501 lactations under PC and on 1,173 lactations under PB, recorded from 1999-2004.

All productive variables were higher in PC than in PB, especially fat yield (23.9%), fat corrected milk yield (22.4%) and fat and protein corrected milk yield (21.4%). Greater dry matter intake and lactation lengths seem to explain these differences. Under both PC and PB systems, cows calving in early spring produced more milk than those calving later. A significant interaction between year and season of calving was found in both systems. Summer rainfall amount and distribution appear to explain annual differences. Under PC, higher productions were achieved with spring lactations (July-October); however, this advantage diminished as the production level

¹ Ingeniero Agrónomo Mg. Sc.

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

increased. Fat and protein concentrations showed an inverse evolution with respect to milk production and they both decreased under PC when drought shortened lactations because of the greater solid concentration in milk by the end of lactations. Third and fourth lactations were the most productive under PC. Under PB, there were no significant differences after the third lactation. Younger cows had more persistent lactations. Under PC, between 45-60 days of dry period were enough to maximize the production of the subsequent lactation in multiparous cows, whereas between 30-45 days sufficed under PB. Primiparous cows needed longer dry periods.

Key words: Holstein Friesian, non-genetic effects, permanent confinement, pasture based systems.

INTRODUCCIÓN

El proyecto FAO realizado en Polonia, que comparó las líneas más importantes de ganado Holstein a nivel mundial de la época en sistemas de producción extensivo y semiintensivo (Jasiorowski *et al.*, 1988); el proyecto Israelí, que evaluó bajo sistemas intensivos de producción las cinco líneas más destacadas del proyecto anterior (Bar-Anan *et al.*, 1987); y luego el programa de intercambio Canadá-Nueva Zelanda, en los que se comparó el comportamiento de ambos orígenes bajo los respectivos sistemas de producción (Graham *et al.*, 1991), produjo en los principales países productores de leche a nivel mundial, una marcada incorporación de germoplasma Holstein de origen estadounidense y canadiense.

Una de las conclusiones de estos proyectos fue que con sistemas producción inferiores a 6.000 kg de leche por lactancia, las líneas Holstein mejoradas para producir mayor volumen, producen más leche pero igual cantidad de grasa que aquellas seleccionadas para producir una mayor concentración de sólidos lácteos, debido al mayor tenor graso que posee la leche de estas últimas (Jasiorowski *et al.*, 1988; Graham *et al.*, 1991; Peterson, 1991; Barría *et al.*, 1995). En sistemas con producciones superiores a 6.000 kg, no obstante, las líneas mejoradas para producir mayor volumen producen más leche y grasa que aquellas mejoradas para producir un mayor tenor de sólidos lácteos, ya que el mayor porcentaje de grasa no logra equiparar las diferencias provocadas por el volumen de leche obtenido (20%) (Bar-Anan *et al.*, 1987).

La holsteinización en Chile ha producido un aumento significativo en la producción de

leche a nivel nacional, a través de la importación de semen de toros sobresalientes. Este incremento ha permitido triplicar la recepción de leche en las plantas en los últimos 20 años (ODEPA, 2005). Esto ha sido posible debido a un aumento en el número de rebaños bajo sistemas de estabulación permanente y un importante incremento en la utilización de concentrados. El alza de los costos de producción, como consecuencia de esta iniciativa, en muchos casos ha reducido el margen bruto, haciendo interesante evaluar a este tipo de animales en sistemas de pastoreo directo con inicio de lactancias a fines de invierno y principios de primavera (Kolver, 2003).

García *et al.* (1984, 1987, 1999, 2001) y Magofke *et al.* (1984), señalan, al analizar rebaños a pastoreo directo con producciones inferiores a 5.000 kg lactancia⁻¹, que la época más oportuna para iniciarlas en el valle central de la zona sur de Chile es entre mediados de julio a fines de agosto. Los animales maximizan su producción entre las lactancias cuarta y sexta, durante las cuales producen entre 15 y 20% más de leche respecto al promedio de las lactancias primera, segunda y tercera. Por este motivo, aumentar la longevidad de los animales podría implicar un importante aumento en la producción individual. Una adecuada evaluación de los efectos no genéticos hace posible entregar además, recomendaciones de manejo fundadas, que pueden contribuir a que los animales expresen el máximo potencial genético con una máxima eficiencia productiva.

En función de lo anterior, los objetivos de este trabajo fueron: comparar el comportamiento productivo de vacas Holstein de alta producción bajo dos sistemas de manejo, es-

tabulación permanente y pastoreo directo y evaluar los efectos no genéticos de año, época de inicio de las lactancias, edad y longitud del periodo seco en ambos sistemas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio consideró la información productiva existente en los predios Las Mercedes, en adelante *sistema de estabulación permanente (SEP)*, ubicado en la comuna de La Unión, X Región de Chile, que se encuentra a 40° 16' de latitud sur y 73° 06' de longitud oeste, y a una altitud de 113 msnm y Purriquí, en adelante *sistema de pastoreo directo (SPD)*, ubicado en la comuna de Río Bueno, X Región de Chile, a 40° 18' de latitud sur y 72° 57' de longitud oeste, a una altitud 95 msnm.

Se contó con 501 lactancias en el SEP y con 1.173 en el SPD. El periodo considerado en el análisis fue 1999-2004. Las vacas de ambos predios pertenecen al mismo propietario. Las de Purriquí se originaron a partir de las vacas existentes en Las Mercedes, motivo por el cual las diferencias entre predios no son atribuibles a un distinto potencial genético de los animales.

La X Región de Chile presenta un clima mediterráneo frío, caracterizado por precipitaciones promedio que fluctúan entre 1.300 y 2.000 mm anuales. El 71% de las precipitaciones se concentran entre los meses de abril y septiembre. En esta región existe una gran variedad de suelos, tales como andisoles de lomajes y cerros, andisoles planos, rojo arcillosos de lomajes, ñadis, metamórficos y de terrazas marinas (Honorato, 2000).

El SEP está ubicado en la Cordillera de la Costa de la X Región de Chile. Los suelos de esta zona son rojos arcillosos. Han evolucionado a partir de materiales volcánicos antiguos (Luzio, 1992). El sistema se encuentra ubicado en un microclima con veranos muy secos y por consiguiente, con gran escasez de pasto, e inviernos más benignos que en el resto de la zona, lo cual permite cosechar mayor cantidad de pradera en la época invernal. Debido a esta condición climática y a los requerimientos nutritivos de los anima-

les, el uso de forrajes conservados es una práctica necesaria a pesar de que, en los últimos años, al igual que en el sistema de pastoreo directo se ha privilegiado el uso de forrajes frescos. Debido al alto nivel productivo de los animales se realiza 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, se utilizan forrajes conservados (ensilaje y heno) y "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 2002, en el SEP se ordeñaba dos veces al día. A partir de 2003, sin embargo, el número de ordeños al día aumentó a tres. Los partos se realizan durante todo el año, aunque actualmente el manejo está orientado a producirlos preferentemente en invierno y primavera.

El SPD se ubica en el llano longitudinal de la X Región del país. Los suelos son derivados de cenizas volcánicas recientes (Luzio, 1992) y se conocen como andisoles o trumaos. Son moderadamente profundos y de elevada fertilidad. Este sistema posee mejores condiciones para el crecimiento del pasto, respecto al de estabulación permanente, pero a pesar de mantener las vacas a pastoreo directo durante todo el año, en la sala de ordeño se suplementa con concentrado a razón de 339 g kg de leche⁻¹ día⁻¹ en promedio. Las pasturas en este sistema están compuestas principalmente por mezclas de *Lolium spp*, *Trifolium repens* y *T. pratense*.

El SPD presenta partos desde fines de invierno a mediados de primavera, es decir, entre los meses de julio y octubre. A partir de 2001 y hasta 2003 se ordeñaba tres veces al día; luego se redujo el número de ordeños a dos con el fin de reducir los problemas podales.

Análisis Estadístico

Las variables dependientes estudiadas fueron producción de leche mensual y por lactancia, corregida a 4% de materia grasa, corregida

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 Tyrrell y Read (1965), citados por AFRC (1993):

$$PLGP = \frac{PL \cdot (0,0376 \cdot CG + 0,0209 \cdot CP)}{E}$$

donde: PLGP es la producción de leche corregida por sólidos totales (kg) y PL la producción (kg). CG y CP son los contenidos de grasa y proteína (g kg⁻¹) y E corresponde a la energía contenida en un kilogramo de PLGP (3,14 MJ kg⁻¹).

La comparación de ambos predios se hizo mediante Análisis de Varianza, con registros de lactancias iniciadas entre los meses de julio y octubre. Pese a que el sistema de estabulación permanente presenta partos durante todo el año, en el presente análisis solo se consideran las lactancias iniciadas a partir de julio a octubre con la finalidad de poder comparar los sistemas de manejo. Para hacerlo se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + Ep_j + Ed_k + PS_l + SM_m + (A \cdot Ep)_{ij} + e_{ijklm}$$

donde: μ = promedio general; A_i = efecto del i ésimo año en que se inician las lactancias (1999 a 2004); Ep_j = efecto de la j ésima época en que se inician las lactancias (julio-agosto y septiembre-octubre); Ed_k = efecto de la k ésima edad de las vacas al iniciar las lactancias (2, 3, 4, y 5 y más años); PS_l = efecto de la l ésima longitud del período seco (0-30, 30-45, 46-60, 61-110 y más de 110 días); SM_m = efecto del m ésimo sistema de manejo (estabulación permanente y pastoreo directo); $(A \cdot Ep)_{ij}$ = efecto de la interacción entre el año y la época en que se inician las lactancias; e_{ijklm} = error experimental.

La persistencia se cuantificó de manera similar al método seguido por García *et al.* (1999):

$$IP = \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i / X_{m\acute{a}x} \right) \cdot 100}{n}$$

donde: IP = índice de persistencia expresado en porcentaje; X_i = producción de leche en el i ésimo control lechero; $X_{m\acute{a}x}$ = producción de leche en el control lechero de máxima producción; n = número de meses que duró la lactancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presentación de los resultados considera dos rebaños Holstein del mismo origen genético, sometidos a dos sistemas de manejo distintos, uno en estabulación permanente con ración balanceada, y el otro a pastoreo directo con aporte de concentrados de acuerdo al nivel productivo de las vacas. Debido a que la interacción año-época de inicio de las lactancias fue significativa ($P < 0,05$), el análisis de ambos factores no genéticos se hace en conjunto.

En el Cuadro 1 se entregan medidas de producción de ambos sistemas de manejo. El análisis detallado de las distintas variables se hace posteriormente, no obstante, es importante resaltar que los sistemas de manejo presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en todas las características analizadas. Las diferencias más importantes se observaron en producción de grasa a los 305 días y producción de leche corregida por sólidos totales y a 4% de materia grasa. Las diferencias entre sistemas de manejo para estas variables fueron de 23,9; 22,4 y 21,2%, respectivamente.

Producción de leche, grasa y proteína

En el Cuadro 1 se indican las producciones de leche en los primeros 305 días de la lactancia, a pesar de que la duración de estas fue de 321 y 297 días, en el SEP y SPD, respectivamente. El SEP mostró producciones promedio 13,5; 21,2 y 22,4% superiores a las del SPD, para producción de leche sin corre-

gir (PL), producción de leche corregida a 4% de materia grasa (PLG) y producción de leche corregida por sólidos totales (PLGP), respectivamente. Las mayores diferencias entre los sistemas en PLG y PLGP respecto a PL, se deben a la mayor concentración de grasa y proteína en el SEP. Al considerar PL, dos factores explican en gran medida las diferencias observadas: el largo de las lactancias (305 *vs.* 297 días) y el nivel de intensificación del sistema.

Como se observa en la Figura 1, las mayores diferencias en producción de leche entre ambos sistemas ocurrió al inicio y al final de las lactancias. En los primeros tres meses la estabulación permanente superó en promedio en un 4,7% mensual a la producción de leche del pastoreo directo. Las producciones solo fueron similares entre los meses cuarto y sexto. En este periodo la producción mensual de leche de la estabulación permanente fue solo un 1,1% mayor, sin embargo, a partir del sexto mes las diferencias se incremen-

taron progresivamente, alcanzando un 32% en el mes diez.

A los 305 días de la lactancia, las vacas en estabulación permanente tenían producciones promedio diarias de 23 kg, a pesar de faltar aún 16 días para su secado. Las vacas a pastoreo directo, en cambio, en ese momento muchas ya se habían secado y las que aún estaban lactando presentaban una producción promedio de 17 kg.

La fecha promedio de parto en el SEP y SPD fue el 19 de agosto y 2 de septiembre respectivamente, por lo que los "peak" mensuales de producción se presentaron el 19 de noviembre y el 2 de diciembre, en el mismo orden. En ambos sistemas la mayor producción se produjo en el tercer mes de la lactancia.

La disminución de la producción del SEP en el mes cuatro de la lactancia, se debió al cambio de "soiling" de ballica por forrajes conservados (ensilaje de ballica y henos). El estrés que provocó el cambio de ingredientes de la ración, junto con el menor valor nutriti-

Cuadro 1

Efecto del sistema de manejo sobre diferentes variables medidas durante los primeros 305 días de la lactancia

Variables	Sistema de manejo	
	Estabulación Permanente (n=501)	Pastoreo Directo (n=1.173)
Producción de leche sin corregir (kg)	9.755 ^{a1}	8.593 ^b
Prod. de leche corregida a 4% de materia grasa (kg)	9.323 ^a	7.690 ^b
Prod. de leche corregida por sólidos totales (kg)	6.143 ^a	5.020 ^b
Largo de las lactancias (d)	321 ^a	297 ^b
Producción de grasa (kg)	342 ^a	276 ^b
Tenor graso (%)	3,51 ^a	3,21 ^b
Producción de proteína (kg)	318 ^a	273 ^b
Tenor proteico (%)	3,26 ^a	3,18 ^b
"Peak" de producción de leche (kg)	43,9 ^a	40,6 ^b
Índice de persistencia (%)	72,6 ^a	75,5 ^b
Mínima relación grasa: proteína	1,01 ^a	0,93 ^b

¹ Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencias estadísticas significativas (P<0,05)

vo de los forrajes conservados con respecto al "soiling", explican este fenómeno. Como se observa en el Cuadro 2, el forraje fresco ofrecido obtenido por pastoreo directo o como "soiling", presenta mayores valores de proteí-

na cruda y energía metabolizable que los conservados, como heno y ensilaje. Adicionalmente, la fibra detergente neutra era, en general, inferior en los forrajes frescos, respecto al de los conservados.

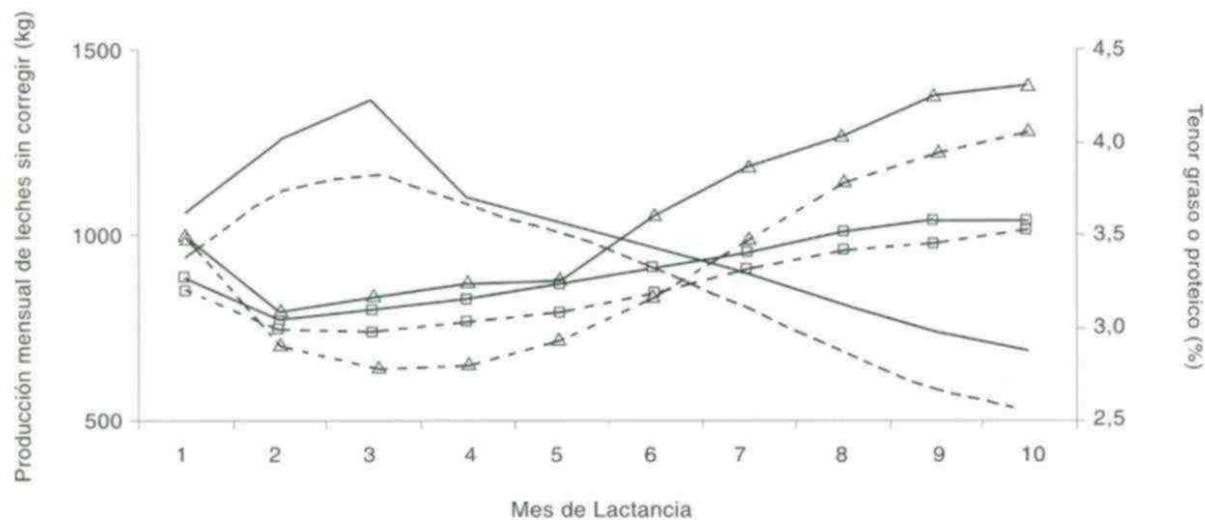


Figura 1. Producción mensual de leche sin corregir (—), tenor graso (▲) y tenor proteico (◻) según sistema de manejo. Líneas continuas individualizan el sistema de estabulación permanente y las punteadas al pastoreo directo.

Cuadro 2

Aporte nutricional de distintos forrajes utilizados en los predios evaluados

	MS ¹ (%TCO)	PC (%MS)	EM (MJ kg ⁻¹)	PD (%PC)	PND (%PC)	FDN (%MS)
Heno de ballica	85	13	10,89	70	30	55
Ensilaje de ballica	26	15	10,89	70	30	40
Heno de alfalfa	86	21	10,05	72	28	43
"Soiling" de alfalfa	16	27	11,39	70	30	32
"Soiling" de ballica	14	25	11,72	70	30	37
Pastura	12	25	11,30	70	30	36
Ensilaje de alfalfa	39	20	s/i ²	s/i	s/i	42
Ensilaje de maíz	27	6	11,30	46	54	43

¹ MS: Materia seca; TCO: Tal como ofrecido; PC: Proteína cruda; EM: Energía metabolizable; PD: Proteína degradable en el rumen; PND: Proteína no degradable en el rumen; FDN: Fibra detergente neutra.

² s/i: sin información.

Debido a la caída productiva del cuarto mes en las vacas estabuladas, la persistencia de ambos sistemas de manejo se analizó en distintas fases: parto-"peak" de producción, "peak"-cuarto mes de lactancia y desde el quinto mes al fin de esta. Entre el parto y el "peak" de producción, a pesar de que el sistema de estabulación permanente tuvo una producción de leche sin corregir 14,0% superior a la del pastoreo directo, la persistencia de este último fue 3,7 puntos porcentuales mayor. La diferencia más importante en la persistencia se observó entre el tercero y cuarto mes. En este caso el sistema de pastoreo directo presentó una persistencia de 92,6%, en cambio el de la estabulación permanente solo fue de un 80,4%. A partir del cuarto mes la tendencia se invierte. La estabulación permanente muestra una persistencia de 78,5% y el pastoreo directo un 69,9%. En los primeros diez meses de la lactancia el índice de persistencia del pastoreo directo (75,5%) fue mayor que el de la estabulación permanente (72,6%).

Kolver (2003) examina las restricciones que imponen los sistemas pastoriles con producciones de leche elevadas. Al comparar las vacas a pastoreo con las que recibían una ración balanceada (TMR) en estabulación, el principal factor limitante fue el consumo de materia seca (MS), ya que este fue un 19% menor en pastoreo con una producción de leche 33% inferior. Las principales razones que explican el menor consumo fueron el tiempo de pastoreo y el tamaño del bocado. El autor determinó que un 61,4 y 24,2% de la diferencia productiva se debió a un menor consumo de energía y a un mayor costo biológico de cosecha en el pastoreo directo, respectivamente. Cuando el modelo asignó una suplementación energética a las vacas en pastoreo hasta igualar el consumo de las estabuladas, considerando una tasa de sustitución de 0,53 kg de pastura por kg de concentrado, la inferioridad de las vacas a pastoreo disminuyó a un 9,3%. Este valor es similar al observado en el presente estudio, puesto que la diferencia en PL alcanzó a un 13,5% (Cuadro 1).

En la Figura 2 se ilustra el consumo de ambos sistemas a partir de la información obtenida en un estudio realizado en los predios que se analizan durante 2005. Las vacas en estabulación permanente presentaron un mayor consumo durante otoño, invierno y primavera, respecto a las que se encontraban a pastoreo directo. Durante el verano, sin embargo, el consumo fue levemente mayor en el SPD. Lo anterior pudo deberse a la escasez de forraje fresco en la época estival en el SEP, lo que influyó el consumo de MS, al ofrecerse forraje conservado en su reemplazo (Van Soest, 1967). El menor consumo de MS de las vacas a pastoreo directo, respecto a las de estabulación permanente, puede explicar en gran medida las diferencias productivas observadas entre los sistemas de manejo, lo que concuerda con los resultados de Kolver (2003). Es importante señalar, que las vacas de ambos sistemas tenían pesos vivos similares.

La diferencia a favor del SEP en producción de grasa (23,9%) fue mayor que para PL. En ambos sistemas de manejo la producción de este sólido fue superior a la informada en otros estudios basados en sistemas pastoriles, pero con niveles de producción y de suplementación sustancialmente inferiores (García *et al.*, 1984, 1999; Magofke *et al.*, 1984). Esto ocurrió porque, a pesar que en los estudios citados el tenor de grasa fue superior, la producción de leche en este estudio fue sustancialmente mayor (Bar-Anan *et al.*, 1987; Jenkins y McGuire, 2006).

La diferencia en producción de proteína entre ambos sistemas fue menor que la de producción de grasa, puesto que solo fue un 16,4% superior en el SEP. Esto se debió a que en el SEP el tenor proteico fue solo 2,6% mayor al del pastoreo directo, en cambio similar comparación realizada con el tenor de grasa arrojó una diferencia de 9,4%.

La eficiencia de la utilización del nitrógeno en ambos sistemas también es analizada por Kolver (2003). En este estudio, contrariamente a lo ocurrido con el consumo de materia seca, el de proteína cruda fue un 4,3% mayor en pastoreo que en estabu-

lación. El mayor consumo de proteína, junto con una mayor degradabilidad de esta en el rumen y los bajos niveles de carbohidratos no estructurales en pasturas de alta calidad, son propuestos por el autor como las principales causas de la menor eficiencia en la utilización del nitrógeno en las vacas lecheras a pastoreo. Esto ocurre debido a una captura ineficiente de nitrógeno en el rumen como proteína microbiana y al costo metabólico de sintetizar y excretar urea adicional. Cuando el consumo de materia seca es similar en vacas a pastoreo y estabuladas, el flujo de nitrógeno bacterial al duodeno es superior en las primeras. Esto sugiere que la síntesis de proteína microbiana en pasturas de alta calidad puede ser tan eficiente como en confinamiento. Lo anterior explica en parte la inconsistencia en los resultados sobre la utilización de la proteína no degradable en la ración de vacas a pastoreo. El hecho de que el consumo de energía metabolizable y no el suministro o perfil de aminoácidos, sea el primer factor limitante para la producción de leche y proteína, sugiere que una elevada proporción de los aminoácidos se desvían a síntesis de compuestos energéticos en vacas lecheras a pastoreo, cuando la suplementación energética es insuficiente o nula.

Efecto de la interacción año-época de inicio de las lactancias. El efecto año considera múltiples factores que no fue posible incluir en el modelo estadístico. Estudios realizados en el país señalan como posibles factores: diferencias en la disponibilidad de forraje en los períodos críticos asociadas a cambios en la pluviometría y temperatura; modificación en la distribución de los partos y en la edad al primer parto, entre otros (García *et al.*, 1984, 1999; Magofke *et al.*, 1984). A estos se suman los cambios que pueden ocurrir como consecuencia de la estrategia de producción. En este estudio un factor importante fue el número de ordeños diarios que se practicaron a través de los años, al cual se agregan las condiciones de mercado o ambientales, como por ejemplo un secado anticipado de las vacas en momentos de escasez de forraje o de bajo precio de la leche.

El efecto del número de ordeños no pudo estimarse, ya que se habría requerido disponer de vacas con dos y tres ordeños en un mismo año en ambos sistemas de producción. Los efectos año y número de ordeños se encontraban, por consiguiente, confundidos. En el Cuadro 3 se entrega el efecto año y época de inicio de las lactancias sobre las distintas variables analizadas, sin corregir por el número de ordeños.

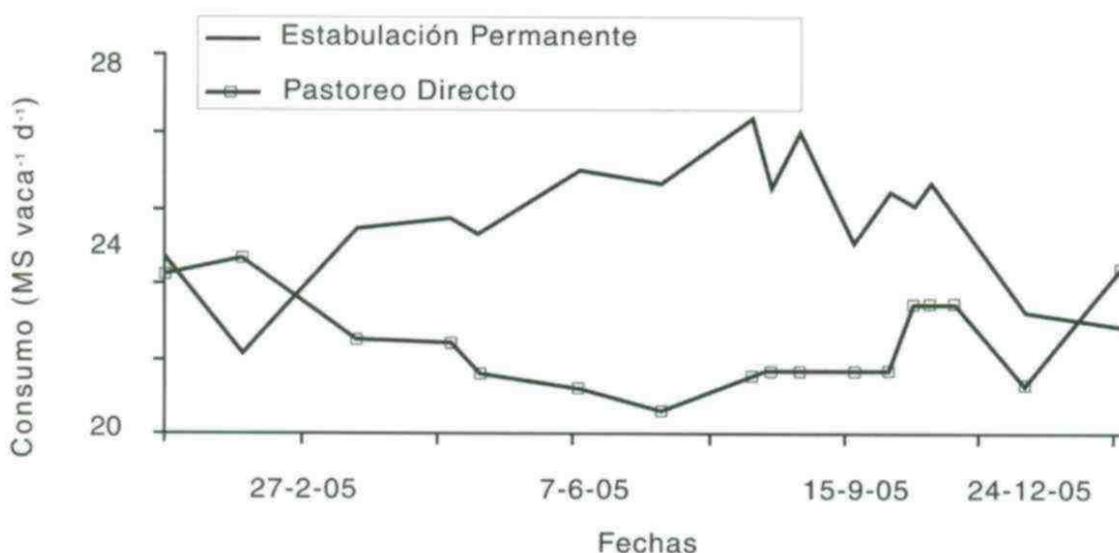


Figura 2. Patrón de consumo de materia seca (MS) en ambos sistemas de manejo.

Cuadro 3
Efecto de año y época de inicio de las lactancias sobre las distintas variables analizadas en los primeros 305 días

Variables ²	Estabulación Permanente							
	1999-2000	1999-2000	2001-2002	2001-2002	2003	2003	2004	2004
	jul-ago	sep-oct	jul-ago	sep-oct	jul-ago	sep-oct	jul-ago	sep-oct
PL (kg)	8.455 ^{aA1}	9.144 ^{bA}	9.388 ^{bB}	8.867 ^{aA}	11.559 ^{bD}	10.806 ^{aB}	10.587 ^{bC}	8.198 ^{aA}
PLG (kg)	8.360 ^{aA}	8.744 ^{aB}	8.782 ^{aB}	8.683 ^{aB}	10.726 ^{aD}	10.350 ^{aC}	9.654 ^{bC}	6.987 ^{aA}
PLGP (kg)	5.512 ^{aA}	5.860 ^{bB}	5.758 ^{aB}	5.653 ^{aB}	7.120 ^{bD}	6.804 ^{aC}	6.395 ^{bC}	4.968 ^{aA}
Largo lactancia (d)	312 ^{aB}	367 ^{bC}	340 ^{bC}	326 ^{aB}	342 ^{aC}	364 ^{bC}	284 ^{bA}	250 ^{aA}
Tenor graso (%)	3,80 ^{bB}	3,52 ^{aAB}	3,46 ^{aA}	3,67 ^{bB}	3,35 ^{aA}	3,47 ^{aA}	3,33 ^{aA}	3,20 ^{aA}
Prod. grasa (kg)	324 ^{aA}	334 ^{aB}	327 ^{aA}	334 ^{aB}	399 ^{aC}	393 ^{aC}	353 ^{bB}	252 ^{aA}
Tenor proteico (%)	3,21 ^{aAB}	3,17 ^{aA}	3,16 ^{aA}	3,19 ^{aA}	3,27 ^{aBC}	3,22 ^{aA}	3,33 ^{aC}	3,44 ^{aB}
Prod. proteína (kg)	276 ^{aA}	303 ^{bA}	302 ^{aB}	293 ^{aA}	391 ^{bD}	364 ^{aB}	355 ^{bC}	277 ^{aA}
"Peak" leche (kg)	38,96 ^{aA}	39,86 ^{aA}	41,06 ^{aB}	40,27 ^{aA}	49,37 ^{bC}	47,19 ^{aB}	49,27 ^{bC}	39,69 ^{aA}
Ind. Persistencia (%)	71,86 ^{aA}	73,70 ^{aB}	74,31 ^{aB}	72,90 ^{aB}	76,20 ^{aB}	74,86 ^{aB}	70,99 ^{aA}	68,00 ^{aA}
mRGP	1,18 ^{bC}	1,10 ^{aB}	1,09 ^{aB}	1,15 ^{bC}	1,02 ^{aA}	1,08 ^{bB}	1,00 ^{aA}	0,92 ^{aA}

Variables	Pastoreo Directo							
	1999-2000	1999-2000	2001-2002	2001-2002	2003	2003	2004	2004
	jul-ago	sep-oct	jul-ago	sep-oct	jul-ago	sep-oct	jul-ago	sep-oct
PL 305 días (kg)	7.987 ^{bA}	7.460 ^{aA}	9.114 ^{bB}	8.671 ^{aB}	9.488 ^{aC}	9.780 ^{aC}	8.864 ^{bB}	7.771 ^{aA}
PLG 305 días (kg)	7.358 ^{bA}	6.922 ^{aA}	7.850 ^{aB}	7.844 ^{aB}	8.412 ^{aC}	8.461 ^{aC}	7.640 ^{bAB}	6.769 ^{aA}
PLGP 305 días (kg)	4.770 ^{bA}	4.478 ^{aA}	5.159 ^{aB}	5.089 ^{aB}	5.421 ^{aC}	5.469 ^{aC}	5.168 ^{bB}	4.480 ^{aA}
Largo lactancia (d)	320 ^{bC}	295 ^{aB}	310 ^{bB}	292 ^{aB}	301 ^{aB}	301 ^{aB}	279 ^{bA}	236 ^{aA}
Tenor graso (%)	3,38 ^{aC}	3,46 ^{aC}	3,04 ^{aA}	3,29 ^{bB}	3,14 ^{aB}	3,05 ^{aA}	3,17 ^{aB}	3,21 ^{aB}
Prod. grasa (kg)	272 ^{bA}	254 ^{aA}	278 ^{aA}	283 ^{aB}	305 ^{aB}	301 ^{aC}	278 ^{bA}	242 ^{aA}
Tenor proteico (%)	3,15 ^{bA}	3,22 ^{aBC}	3,21 ^{aB}	3,26 ^{aC}	3,18 ^{aAB}	3,14 ^{aA}	3,16 ^{aAB}	3,18 ^{aAB}
Prod. proteína (kg)	258 ^{bA}	239 ^{aA}	296 ^{bC}	283 ^{aB}	308 ^{aD}	311 ^{aC}	278 ^{bB}	241 ^{aA}
"peak" leche (kg)	35,63 ^{aA}	34,93 ^{aA}	40,00 ^{aB}	40,12 ^{aB}	42,82 ^{aC}	46,05 ^{bD}	41,47 ^{aC}	41,54 ^{aC}
Ind. Persistencia (%)	73,98 ^{bB}	70,38 ^{aB}	75,32 ^{bB}	71,00 ^{aB}	74,33 ^{bB}	70,37 ^{aB}	70,85 ^{bA}	61,31 ^{aA}
mRGP	1,07 ^{aC}	1,07 ^{aC}	0,94 ^{aA}	1,01 ^{bB}	0,99 ^{aB}	0,97 ^{aA}	1,00 ^{aB}	1,01 ^{aB}

¹ Letras minúsculas y mayúsculas diferentes en sentido horizontal indican diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) entre épocas y años de parto, respectivamente.

² PL: producción de leche sin corregir; PLG: producción de leche corregida a 4% de materia grasa; PLGP: producción de leche corregida por sólidos totales; "peak": control con más alta producción; mRGP: mínima relación grasa: proteína durante las lactancias.

La literatura señala que al pasar de dos a tres ordeños diarios, la producción de leche aumenta en un 15% (Amos *et al.*, 1985; De-Peters *et al.*, 1985; Allen *et al.*, 1986; Gisi *et al.*, 1986; Barnes *et al.*, 1990; Smith *et al.*, 2002). Debido a lo anteriormente señalado, se procedió a ajustar la información de acuerdo al número de ordeños diarios realizados, aumentando aquellas temporadas con dos ordeños en un 15%. La Figura 3 muestra la PL por año y época de inicio de las lactancias, en cada sistema de manejo, ajustadas a tres ordeños diarios.

Magofke *et al.* (1984) y García *et al.* (1987, 1999), en un estudio realizado en el valle central de la zona sur de Chile, señalan que las vacas a pastoreo que inician sus lactancias en forma temprana en los meses de julio y agosto, producen más leche que las que lo hacen tardíamente (septiembre y octubre). En el pastoreo directo esta situación se cumplió en todos los años, excepto en las lactancias iniciadas en 2003 (Figura 3, Cuadro 3). A pesar de que la tendencia es similar en este estudio, las menores diferencias observadas en relación a los resultados de los autores citados, posiblemente se deban a que en aquellos trabajos la alimentación se basó exclusivamente en la producción de la pra-

dera y ante un déficit de esta, el único suplemento usado fue el ensilaje obtenido de la pastura. En este estudio, en cambio, las vacas recibieron un importante suministro de concentrado durante toda la lactancia.

Como se observa en la Figura 3 en ambos sistemas la producción de leche a los 305 días alcanzó un máximo en 2003. En este año, en el SPD la producción de las lactancias originadas a partir de las pariciones tardías, fue levemente superior al de las tempranas, aun cuando esta diferencia no alcanzó significación estadística ($P>0,05$). Debido a esto y a la gran diferencia productiva observada entre pariciones tempranas y tardías en el año siguiente, se produjo la interacción año-época de inicio de las lactancias en este sistema.

La mayor producción de las vacas a pastoreo directo que parieron tarde en las lactancias iniciadas en 2003 con respecto a la temporada anterior, se explica principalmente por la distribución de las precipitaciones, ya que en ambas temporadas se hicieron tres ordeños diarios. Como se observa en la Figura 4, las precipitaciones acumuladas entre noviembre y febrero fueron superiores en el año 2003 respecto a las temporadas iniciadas en 2001 y 2002. En 2003 el monto acumula-

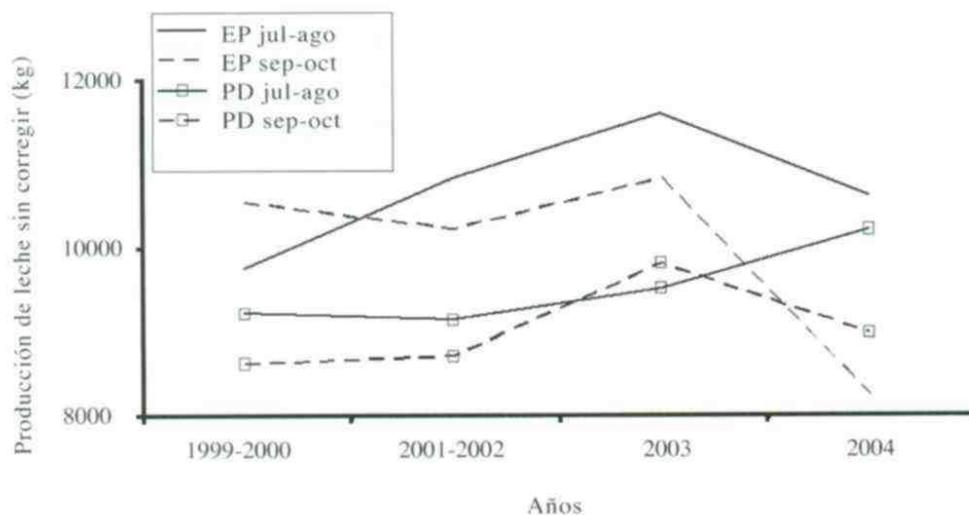


Figura 3. Producción de leche sin corregir a los 305 días en los distintos años, según la época de inicio de las lactancias y el sistema de manejo, corregida a tres ordeños diarios (EP= Estabulación Permanente; PD=Pastoreo Directo).

do de las precipitaciones fueron 50,3; 45,0 y 35,8 mm superiores respecto a las temporadas 2001 y 2002, durante los meses de diciembre, enero y febrero, respectivamente. Por ser este un periodo de alta demanda de alimentación de las vacas que paren en forma tardía, la mayor cantidad de agua precipitada en 2003 permitió un mayor crecimiento de la pastura y, consecuentemente, una mayor producción de leche. Un fenómeno similar ocurrió en la temporada 1999-2000 en el SEP (Figura 3, Cuadro 3).

En 2004 ambos sistemas bajaron la producción al analizar la información sin ajustar por el número de ordeños (Cuadro 3). Al considerarlas ajustadas (Figura 3), la caída de producción solo fue importante en el SEP ($P < 0,05$). En el SPD la producción promedio de las lactancias iniciadas temprano y tardíamente fue similar respecto a la temporada anterior ($P > 0,05$), pero la diferencia entre las épocas de parición temprana y tardía fue la de mayor magnitud en todo el período analizado.

La caída productiva en el SEP en PL, PLG, PLGP y en la producción de grasa y proteína (Cuadro 3), se produjo debido a la sequía que se presentó en la zona de La Unión en la temporada que se inició en

2004. Como se muestra en la Figura 5, las precipitaciones acumuladas entre agosto y abril en dicha temporada, fueron siempre inferiores al promedio y a la temporada iniciada en 2003. Respecto al promedio, en la temporada iniciada en 2004, las precipitaciones acumuladas fueron entre 57,2 (enero) y 104,7 mm (octubre) inferiores. La sequía de la temporada iniciada en 2004 en el SEP, además de generar una grave escasez de forraje, impidió aplicar fertilizantes debido a la baja humedad del suelo. En los meses de enero y febrero de 2005 la mayor precipitación diaria fue de siete mm.

Por pertenecer ambos predios al mismo propietario, al existir escasez de forraje en uno de ellos, también afectó la del otro. En 2004 la exportación de forraje desde el predio a pastoreo directo hacia el de estabulación permanente fue importante lo cual también afectó el largo de las lactancias y la persistencia del SPD. La baja producción de forraje en el predio con estabulación permanente, también obligó a abrir los silos y a suministrar heno anticipadamente, con la consecuente caída productiva por las causas discutidas anteriormente (forraje fresco *vs.* conservado), afectando en mayor medida a las vacas que parieron tardíamente.

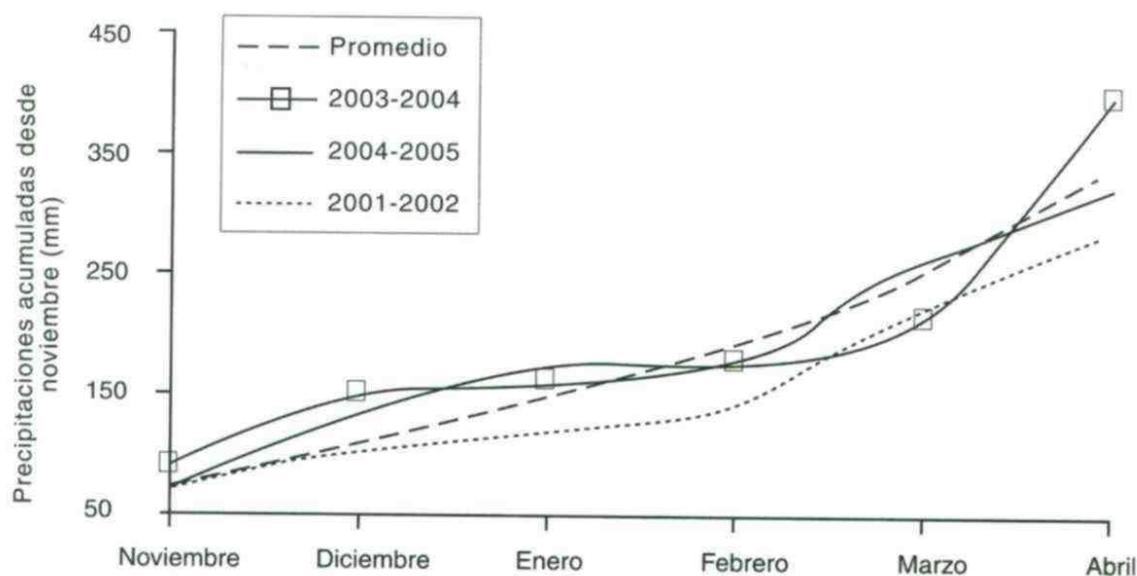


Figura 4. Precipitaciones acumuladas desde el mes de noviembre en el predio a pastoreo directo.

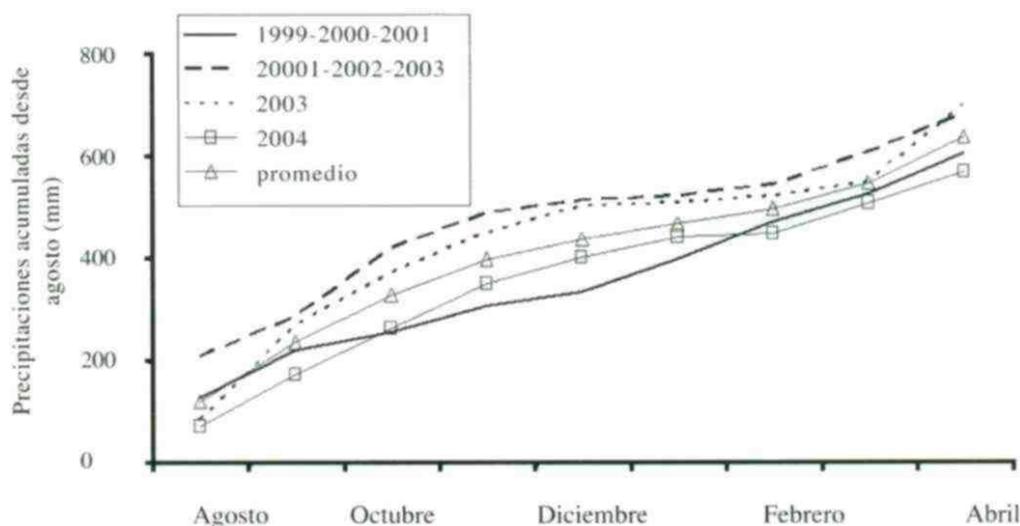


Figura 5. Precipitaciones acumuladas desde el mes de agosto en el predio de estabulación permanente.

Efecto del número de la lactancia. El incremento de la producción de leche sin corregir, por efecto del número de la lactancia, en el SEP, fue de 14,5; 10,7; -5,0 y -0,4% entre primero y segundo; segundo y tercero; tercero y cuarto y quinto o más partos, respectivamente (Figura 6). En este sistema, las máximas producciones se obtuvieron en las tercera y cuarta lactancias. En el mismo orden, los cambios en el SPD fueron de 11,1; 6,1; 2,8 y -2,2% (Figura 7). En este sistema, las lactancias originadas en el tercer y cuarto parto no fueron significativamente distintas ($P>0,05$) con respecto a las del quinto y más partos (Cuadro 4). Los valores entregados anteriormente muestran que las diferencias en las primeras dos lactancias, con respecto a la siguiente, son algo inferiores en el SPD con respecto al SEP. También es importante señalar que en el presente estudio las máximas producciones se obtuvieron antes y con menores diferencias con respecto a las lactancias iniciadas en los primeros partos, respecto a sistemas menos productivos (Rice *et al.*, 1957; García *et al.*, 1984 y 1999).

En el SEP la producción promedio al inicio de las lactancias de las vacas de tercera y cuarta lactancia fueron un 39,7 y 9,2% superiores con respecto a las vacas de primer y segundo parto, respectivamente (Figura 6).

En el SPD estas diferencias fueron de menor magnitud, ya que fueron de 31,8 y 8,0%, en el mismo orden. En el SEP las producciones al "peak" fueron similares en las lactancias 3, 4 y 5 y posteriores (46,8 kg). Las vacas adultas, por consiguiente, superaron a las de primero y segundo parto en 36,0 y 10,6 % en ese momento, en el mismo orden (Cuadro 4). En el SPD estas diferencias fueron de menor magnitud. Al "peak", también, las producciones fueron similares en las vacas adultas (42,9 kg) superando a las primeras y segundas lactancias en solo 26,5 y 9,0%, respectivamente.

Al considerar la PLG y PLGP en el SEP, el incremento de la producción, en las segundas y terceras lactancias, respecto a la primera, es algo inferior a lo observado en PL. Esto ocurrió porque el tenor graso disminuyó progresivamente hasta ese momento, aun cuando el tenor proteico se mantuvo en un nivel similar (Cuadro 4). En el SPD la tendencia fue similar aun cuando la diferencia entre segundas y terceras lactancias, respecto a la primera, fue de menor magnitud a la observada en el SEP, tanto en PL, PLG como en PLGP. También en este caso el menor tenor graso se obtuvo en la tercera lactancia, sin embargo, a diferencia de lo ocurrido en el SEP, el tenor proteico cayó en esta lactan-

cia significativamente ($P < 0,05$) respecto a la primera.

Aun cuando se observan diferencias significativas ($P < 0,05$) en el largo de las lactancias según la edad de las vacas, en el SEP, la máxima diferencia alcanzó solo a 16 días. El

largo de lactancia mayor se obtuvo con las vacas de tercer parto y el menor con las del primero. El índice de persistencia muestra una estrecha relación con la edad de los animales. Las vacas más jóvenes tuvieron lactancias más persistentes.

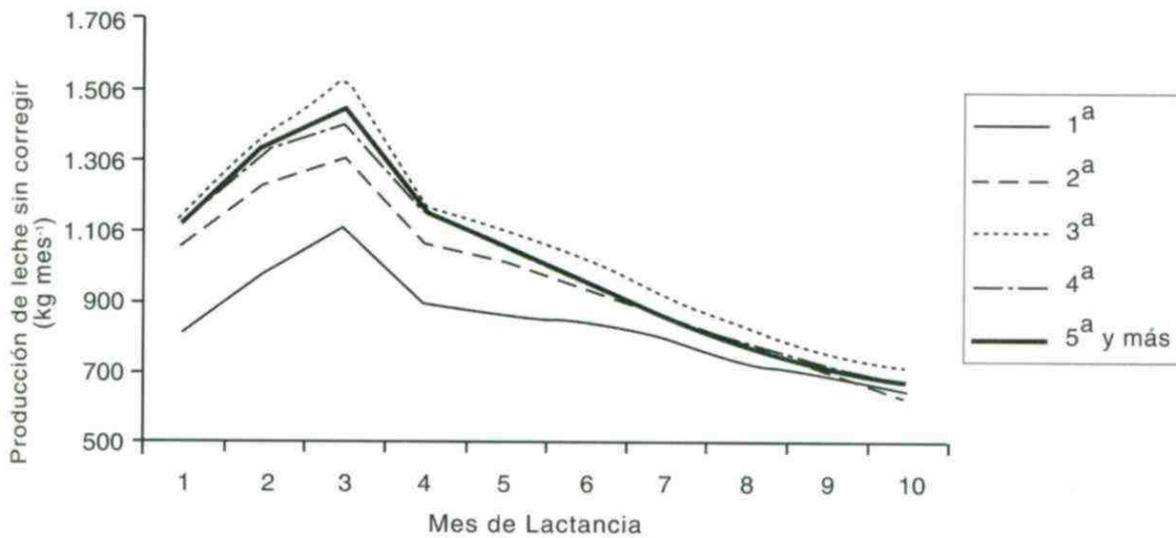


Figura 6. Producción mensual de leche sin corregir según el número de la lactancia en el sistema de estabulación permanente.

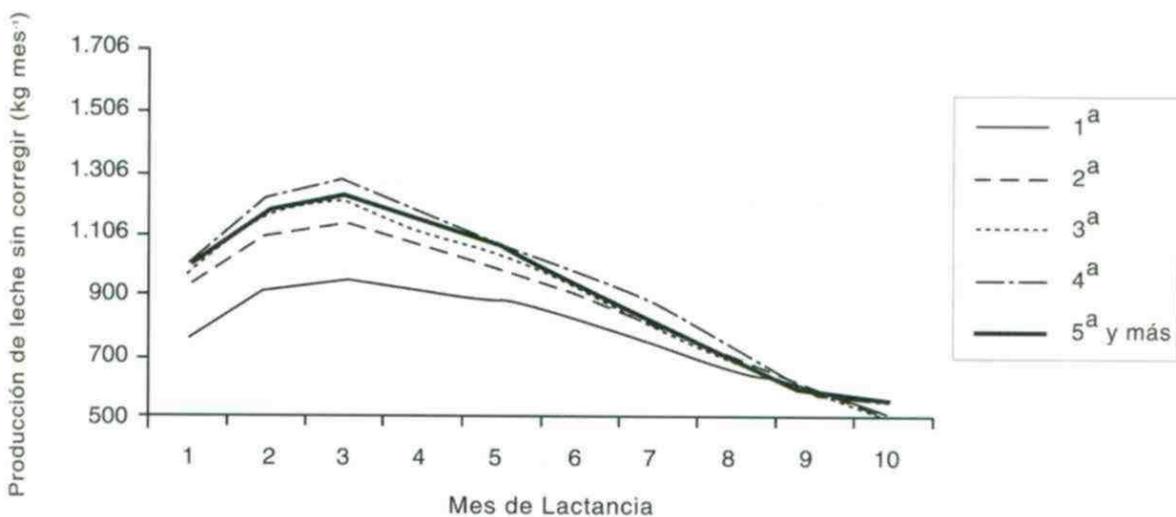


Figura 7. Producción mensual de leche sin corregir según el número de la lactancia en el sistema de pastoreo directo.

Cuadro 4

Efecto del número de la lactancia sobre distintas variables relacionadas con la producción de leche en los primeros 305 días de la lactancia

Variables	Número de la lactancia									
	Estabulación permanente					Pastoreo directo				
	1	2	3	4	5 y +	1	2	3	4	5 y +
P. de leche (kg)	8.145 ^{a1}	9.328 ^b	10.330 ^d	9.812 ^{cd}	9.770 ^c	7.544 ^a	8.379 ^b	8.887 ^c	9.133 ^c	8.929 ^c
PLG ² (kg)	7.989 ^a	8.958 ^b	9.807 ^c	9.421 ^c	9.336 ^c	6.868 ^a	7.493 ^b	7.858 ^c	8.071 ^c	8.042 ^c
PLGP ³ (kg)	5.270 ^a	5.912 ^b	6.444 ^c	6.222 ^c	6.150 ^c	4.507 ^a	4.901 ^b	5.129 ^c	5.277 ^c	5.186 ^c
"Peak" leche (kg)	34,4 ^a	42,4 ^b	47,1 ^c	46,7 ^c	46,8 ^c	33,9 ^a	39,4 ^b	41,9 ^c	44,1 ^d	42,6 ^{cd}
Persistencia (%)	77,8 ^c	72,4 ^b	71,3 ^b	68,4 ^a	68,1 ^a	74,2 ^b	71,3 ^a	71,0 ^a	69,4 ^a	69,9 ^a
Largo lactancia (d)	318 ^a	325 ^{ab}	334 ^b	318 ^{ab}	325 ^{ab}	298	297	293	293	293
Prod. grasa (kg)	306 ^a	338 ^b	366 ^c	358 ^c	353 ^c	251 ^a	271 ^b	282 ^c	290 ^c	293 ^c
Tenor graso (%)	3,63 ^b	3,55 ^{ab}	3,45 ^a	3,59 ^{ab}	3,53 ^{ab}	3,29 ^{ab}	3,19 ^{ab}	3,14 ^a	3,17 ^{ab}	3,27 ^{ab}
Prod. proteína (kg)	275 ^a	314 ^b	348 ^c	319 ^b	317 ^b	249 ^a	276 ^b	288 ^c	291 ^c	279 ^{bc}
Tenor proteico (%)	3,25 ^b	3,25 ^b	3,24 ^b	3,17 ^{ab}	3,16 ^a	3,23 ^c	3,23 ^c	3,18 ^b	3,14 ^b	3,08 ^a
mRGP ⁴	1,01 ^a	1,01 ^a	0,99 ^a	1,09 ^b	1,06 ^b	0,93 ^b	0,89 ^a	0,90 ^{ab}	0,93 ^b	0,98 ^c

¹ Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$).

² PLG = Producción de leche corregida a 4% de materia grasa.

³ PLGP = Producción de leche corregida por sólidos totales.

⁴ mRGP = mínima relación grasa proteína.

En el SPD no se observaron diferencias en la longitud de las lactancias según la edad de las vacas. El índice de persistencia del SPD manifiesta una tendencia similar a la del SEP. En este caso, sin embargo, solo las lactancias de primer parto tuvieron un valor significativamente mayor al de las otras ($P \leq 0,05$). El comportamiento de la producción de grasa y proteína fue similar al de la producción de leche en los dos sistemas de manejo.

La producción de grasa en el SEP mostró una evolución similar al de la PLG y PLGP, maximizándose a partir de la tercera lactancia. La mayor producción de proteína se obtuvo en la tercera lactancia, disminuyendo posteriormente. Esto ocurrió porque en esa lactancia el tenor proteico era elevado y similar al de las primeras y segundas lográndose en esta etapa, además, el mayor volumen

de leche. En el SPD la producción de grasa fue inferior a la del SEP, pero la tendencia fue similar. La producción de proteína en este sistema, mostró una tendencia similar a la de la grasa.

Efecto de la longitud del periodo seco. Se observó una importante diferencia al contrastar el efecto de la longitud del periodo seco sobre la producción de la lactancia siguiente en vacas primíparas, respecto a las múltiparas. En la Figura 8 se observa que las vacas primíparas en el SEP produjeron más PL en la lactancia siguiente a medida que la longitud del periodo seco aumentó. Las vacas múltiparas, en cambio presentaron una longitud óptima de periodo seco entre 46 y 60 días. En el SPD la tendencia fue similar, aun cuando en las vacas múltiparas se requirió un lapso aun inferior (30-45 días). Como se obser-

va en la Figura 9, las vacas primíparas necesitaron un periodo seco más prolongado (60-110 días) que las vacas multíparas para lograr la máxima producción relativa en la lactancia siguiente.

Annen *et al.* (2004), en un estudio con diferentes longitudes de periodo seco y niveles de utilización de somatotrofina, señalan que un periodo seco de 60 días generó una producción de leche mayor que uno de 30 o menos días, en vacas de segundo parto. Al considerar, sin embargo, la producción del

mes de lactancia adicional en las vacas con un periodo seco de 30 días con respecto a 60 días, las diferencias se anularon. Para vacas de tercer parto en adelante, diferentes longitudes de periodo seco no generaron diferencias significativas en producción de leche ($P>0,05$). En otros estudios (Lotan y Alder, 1976; Bachman, 2002; Gulay *et al.*, 2003; Rastani *et al.*, 2005), periodos secos de 30 días no afectaron la producción de leche en la siguiente lactancia, con respecto a los periodos secos tradicionales de 60 días.

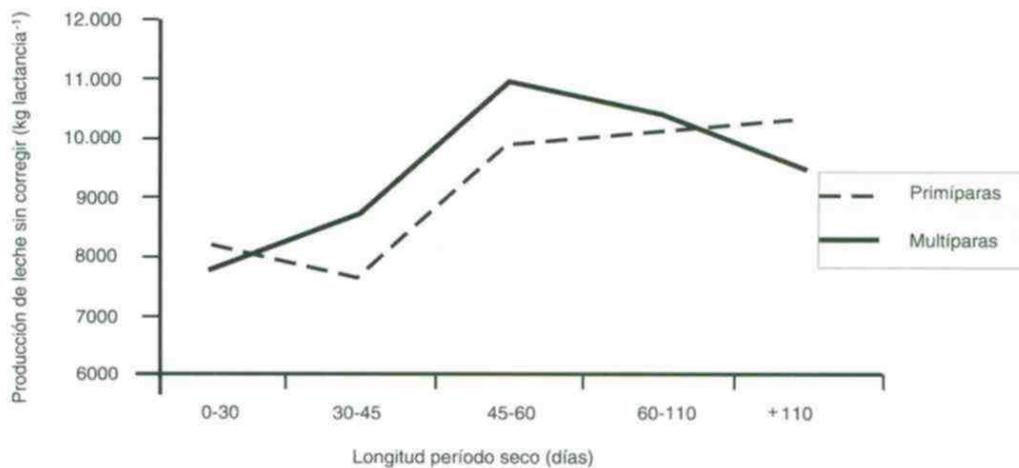


Figura 8. Producción de leche sin corregir a los 305 días según la longitud del periodo seco, en la lactancia siguiente de vacas primíparas y multíparas, en el sistema de estabulación permanente.

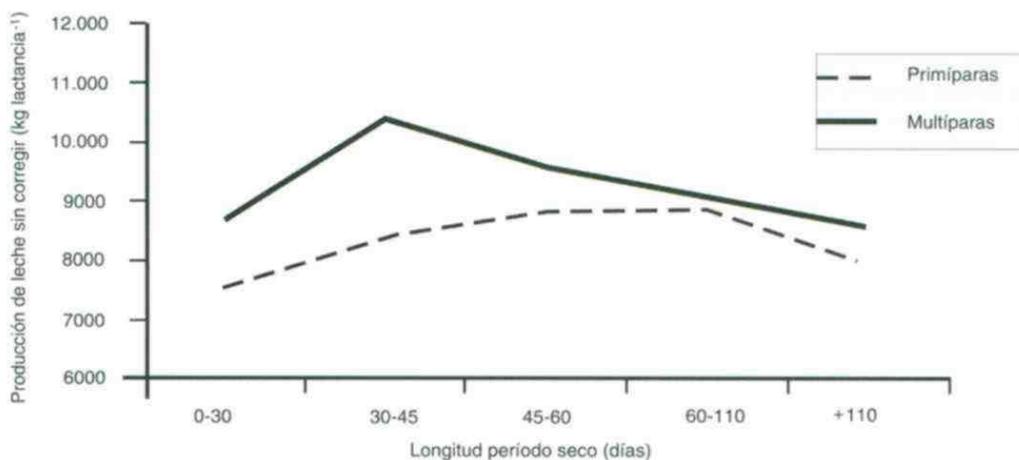


Figura 9. Producción de leche sin corregir a los 305 días según la longitud del periodo seco, en la lactancia siguiente de vacas primíparas y multíparas, en el sistema de pastoreo directo.

En el presente estudio, a pesar de que se trata de un análisis retrospectivo de información y que los periodos secos inferiores a 30 días o superiores a 110 días no fueron planificados, aquellos entre 30 y 110 días sí lo fueron. Esta decisión voluntaria se basó principalmente en la producción diaria al momento del secado, y también consideró otros factores, tales como disponibilidad de forraje y condición corporal.

En sistemas de estabulación permanente de alta producción, con características de manejo similares al sistema en estudio, a las vacas primíparas debería permitírseles un período seco más prolongado. A las vacas de segundo parto en adelante, sin embargo, con periodos secos de 45 días sería posible maximizar la producción vital, ya que este lapso no comprometería la producción de las lactancias siguientes. En sistemas de pastoreo directo estacionales de alta producción, se sugiere el mismo manejo para vacas primíparas. Para vacas adultas (dos o más partos), un periodo seco de 30 días, generaría producciones en las lactancias que le siguen similares a periodos secos más prolongados.

En el SEP el efecto de la longitud del periodo seco no fue importante ni para el largo de las lactancias ni para la persistencia. En el SPD, a pesar de que el largo de las lactancias no fue influido por el periodo seco anterior, las que tuvieron un periodo seco entre 30 a 60 días tendieron a ser más persistentes. La producción de grasa siguió una tendencia similar a la producción de leche corregida por materia grasa, en cambio la producción de proteína fue similar al de la leche sin corregir y corregida por sólidos totales.

Relación entre la producción de leche y los tenores graso y proteico

En la Figura 1 se indica la evolución de la producción de leche sin corregir y la de los tenores graso y proteico a través de la lactancia, en los sistemas de estabulación permanente y pastoreo directo. El primer aspecto interesante de destacar es que el tenor pro-

teico varía menos en el transcurso de la lactancia con respecto al tenor graso. En el SEP el tenor graso fluctuó entre 3,08 y 4,31%, en cambio el tenor proteico lo hizo entre 3,04 y 3,58%. Análogamente, en el SPD los tenores graso y proteico lo hicieron entre 2,78 y 4,06 y 2,98 y 3,52%, respectivamente.

A pesar de que el tenor graso durante el primer mes de la lactancia es igual en ambos sistemas, posteriormente las diferencias a favor de la estabulación permanente fueron siempre significativas ($P < 0,05$). El menor tenor graso en el SEP se produjo en el segundo mes de la lactancia, un mes antes del "peak" de producción de leche. En el SPD, en cambio, el menor tenor graso coincide con el "peak" de producción, momento en el cual se produjo la mayor diferencia entre ambos sistemas. El repunte anticipado del tenor graso en el SEP indicaría que el mayor control nutricional permitió reducir la movilización de tejido adiposo necesaria para mantener los niveles de producción alcanzados en forma anticipada respecto al sistema de pastoreo directo.

A partir del quinto mes se inicia un incremento acelerado del contenido graso de la leche en ambos sistemas, manteniéndose las diferencias entre ellos. El último mes de la lactancia culmina con los máximos tenores grasos que alcanzaron a 4,31 y 4,06% para el sistema en confinamiento y a pastoreo, respectivamente.

El tenor proteico también fue menor en el SPD respecto al SEP, desde el inicio de la lactancia. En ambos sistemas de producción los menores niveles ocurren en el segundo mes de la lactancia, lográndose la mayor diferencia a favor de la estabulación permanente en el quinto mes (3,23 vs. 3,08%).

En el SEP el tenor graso siempre fue superior al proteico, con una diferencia mínima en el quinto mes de la lactancia (3,25 versus 3,23%) y máxima al final de esta (4,31 vs. 3,58%). En el SPD, en cambio, el tenor proteico de la leche superó al tenor graso entre el segundo y el sexto mes, lo cual explica la escasa diferencia en la lactancia completa, la que fue de solo 0,03 puntos porcentuales mayor para la grasa.

En el SPD la suplementación con concentrado en la sala de ordeño está en estricta relación con el nivel productivo y la etapa de la lactancia, por lo tanto, su nivel de inclusión disminuye a lo largo de esta. Lo anteriormente señalado, además del efecto de sustitución que genera el uso de concentrado sobre el consumo de forraje, determinó que la relación forraje: concentrado haya sido mínima al "peak", y aumente hacia el final de la lactancia cuando la producción disminuye.

A medida que se incrementa la proporción de concentrado en la ración, el tenor graso disminuye, pero el tenor proteico aumenta (DePeters y Cant, 1992; Bauman y Griinari, 2003; Jenkins y McGuire, 2006). Esto explicaría la diferente tendencia en sendos sólidos lácteos en los dos sistemas de producción. Esto ocurre porque la caída en la relación fibra efectiva: concentrado es mucho más drástica en el SPD con respecto al SEP, en que los animales reciben una ración balanceada y completamente mezclada, aun cuando el nivel de concentrado haya sido elevado en ambos sistemas.

Tenor graso y proteico

Al analizar los sólidos de la leche interesan fundamentalmente los tenores graso y proteico, ya que sus concentraciones fluctúan en el transcurso de la lactancia y dependen, en gran medida, de la alimentación que reciben los animales. La lactosa, en cambio, presenta una concentración constante incluso cuando se comparan orígenes genéticos distintos (Wattiaux, 1995).

El tenor graso del SEP fue 0,3 unidades porcentuales mayor que el del sistema pastoril. A diferencia de la producción de grasa, es inferior a los obtenidos en otros estudios en el país, con producciones de leche inferiores y menor utilización de concentrados (García *et al.*, 1984 y 1999; Magofke *et al.*, 1984). Esto concuerda con el postulado clásico, el cual indica que al aumentar la inclusión de carbohidratos rápidamente fermentables en la dieta de los animales, el tenor graso sufre una depre-

sión (Bauman y Griinari, 2003; Jenkins y McGuire, 2006).

Stockdale *et al.* (1987) y Grummer (1991), indican que una mayor frecuencia de alimentación con concentrados, también provoca un tenor graso más elevado. En pastoreo directo las vacas tienen similar ingesta de concentrado que en la estabulación permanente, pero la manera como este suplemento es consumido es diferente. La ingesta discreta de este por las vacas a pastoreo directo, causa un efecto de sustitución del concentrado sobre el consumo de pastura, lo cual disminuye la ingesta de fibra. Si a esto se suma que el contenido de fibra efectiva (FDN < 40%) de las pasturas es inferior al de los forrajes conservados (FDN > 40%) que se usan en la estabulación permanente (Cuadro 2), son explicables las diferencias observadas entre los sistemas por esta causa (DePeters y Cant, 1992; Bauman y Griinari, 2003; Jenkins y McGuire, 2006).

Como se observa en la Figura 1, la mayor diferencia entre los sistemas se presentó en torno al "peak" de producción de leche, momento en que el balance energético es negativo, las que se acentuaron en los años de alta producción del SPD (2001-2002 y 2003). En esos años la producción aumentó debido a la ordeña adicional, a un mayor uso de concentrados y a una mayor selección de MS proveniente de hojas en desmedro de los tallos. Los factores mencionados contribuyeron también a disminuir la relación forraje: concentrado y por lo tanto, el tenor graso de la leche (Cuadro 3).

El tenor proteico en el SEP (3,26%) también fue superior al del SPD (3,18%). A través de los años, este aumentó en la estabulación permanente desde 3,19% en el periodo 1999-2000 a 3,38% en 2004. En el pastoreo directo, en cambio, el tenor proteico de la leche se mantuvo relativamente constante (3,18 ± 0,01). No se observaron diferencias entre épocas de parición en los distintos años ni tampoco se produjeron interacciones significativas entre sistema y época, ni entre año y época de inicio de las lactancias (P>0,05).

Aunque la respuesta del tenor proteico debido a cambios nutricionales son pobres y en ningún caso comparables en magnitud con las del tenor graso (Bequette *et al.*, 1998), la diferencia observada entre sistemas de producción (Cuadro 1) también podría explicarse en parte por la diferente forma en que se ofrecieron los concentrados en ambos sistemas de producción. DePeters y Cant (1992) y Jenkins y MacGuire (2006), indican que al ofrecer carbohidratos rápidamente fermentables a los animales, se produce más propionato y proteína microbiana, lo que genera señales para producir más leche con un tenor proteico más elevado. Por otro lado, la diferencia en el tenor proteico entre los sistemas de manejo podría ser reflejo de los efectos descritos por Kolver (2003) cuando se trabaja con pasturas de alto contenido de proteína soluble, explicado en detalle anteriormente.

Aunque los resultados son variables, como lo señalan DePeters y Cant (1992) y Santos *et al.* (1998), en dos revisiones de literatura, la utilización de proteína no degradable en el rumen ha sido una práctica ampliamente utilizada en los últimos años, con la finalidad de aumentar la producción de leche y de proteína láctea incrementado, o al menos manteniendo constante, el tenor proteico.

A nivel nacional, González *et al.* (2000) indican que el tratamiento de afrecho de soya con formaldehído reduce su degradabilidad ruminal en 16,3 puntos porcentuales. Cerda *et al.* (2003), en un estudio similar, pero tratando en este caso triticale con formaldehído, logran una reducción similar de la degradabilidad ruminal (16,8%). Ambos estudios señalan que la inclusión de dichos alimentos en la dieta de vacas lecheras hasta un 8 y 36%, respectivamente, induce una mayor producción de leche, grasa y proteína, manteniéndose constantes los tenores graso y proteico.

McCormick *et al.* (1999) encontraron que las vacas alimentadas con dietas altas en proteína no degradable produjeron un 17,1 y 11,9% más de leche sin corregir y corregida por grasa, respectivamente. El

tenor graso fue un 8,1% menor, pero el tenor proteico se mantuvo constante. En concordancia con lo indicado por los autores anteriores, Santos *et al.* (1999) indican que dietas altas en proteína no degradable y altas en almidón degradable, proveniente de granos procesados al vapor, mejoran el comportamiento productivo de vacas lecheras de alta producción. Este incremento beneficia la leche sin corregir, corregida por materia grasa y el tenor proteico, a pesar de que el tenor graso disminuye, con respecto a dietas con menores valores para dichos nutrientes. Hongerholt y Muller (1998), sin embargo, al estudiar la inclusión de altos niveles de proteína no degradable en suplemento de vacas lecheras en pastoreo, no encontraron diferencias productivas entre dietas con niveles altos o bajos de proteína no degradable en mezcla con granos.

La principal razón propuesta por DePeters y Cant (1992) y Santos *et al.* (1998) para explicar la inconsistencia de los resultados al incluir proteína no degradable en la dieta sobre el tenor proteico de la leche, se relaciona con un suministro inadecuado de aminoácidos esenciales a nivel postruminal y/o a una absorción intestinal insuficiente de estas sustancias, ya que los alimentos con baja degradabilidad ruminal de su fracción proteica deben poseer, además, un adecuado perfil aminoacídico. Ambas revisiones consideran la metionina y la lisina como los dos aminoácidos más limitantes para la producción de leche y tenor proteico en la mayoría de las dietas de vacas lecheras. Sugieren, además, que la relación ideal lisina: metionina en los alimentos, para que la proteína microbiana tenga un buen balance, es de 15: 5. En las raciones utilizadas en el presente estudio, las mejores respuestas, tanto en tenor proteico como en producción de leche, se obtuvieron al incluir metionina y lisina como fuente de proteína no degradable, a través del producto Mepron®.

Efecto de la interacción año-época de inicio de las lactancias. Para corregir el tenor graso a un

número de ordeños constante, se utilizó una regresión estimada a partir de la revisión de literatura de Magofke *et al.* (2001). En la Figura 10, se entrega la evolución del tenor graso a través de los años en las pariciones tempranas y tardías, ajustadas a tres ordeños diarios.

La hipótesis asume mayores tenores grasos en las épocas con menores producciones de leche. En el sistema de pastoreo directo, los años causantes de la interacción son los mismos que produjeron la interacción año-época para producción de leche, por lo tanto, en este caso, la hipótesis planteada se cumple.

En la estabulación permanente el supuesto se cumplió en cinco de los seis años analizados. Las lactancias iniciadas durante 2004 fueron la excepción. Como se señaló para producción de leche, este fue un periodo anormal provocado por la escasez de forraje, lo cual hizo que las lactancias fuesen anormalmente cortas (Cuadro 3). Esto pudo haber provocado un efecto importante en esta variable, ya que se encuentra extensamente documentado el incremento del tenor graso en los últimos meses de la lactancia. Por tal motivo las lactancias tardías tuvieron menor producción de leche, pero similar tenor graso ($P>0,05$).

Efecto del número de la lactancia. En la Figura 11 se muestra la evolución del tenor graso a través de los meses de acuerdo al número de la lactancia. En ambos sistemas de producción se construyó una curva para la primera lactancia, otra para la tercera, debido a que diferían significativamente ($P<0,05$) y una única curva para segunda, cuarta y más lactancias. En ambos sistemas de producción el menor tenor graso promedio se observó en las terceras lactancias, (SEP: 3,45%; SPD: 3,14%), las cuales solo difirieron significativamente con respecto a la primera ($P<0,05$).

La mayor depresión del tenor graso se produjo en torno al "peak" de producción de leche y fue más pronunciada en el SPD que en el SEP (Figura 11). En el primer mes de la lactancia, los tenores fueron similares en torno al 3,5%. En ambos sistemas de producción el tenor graso del segundo mes fue bajo (SEP: 3,1%; SPD: 2,9%); entre el tercero y el quinto mes en el SEP subieron en relación al segundo mes, con valores muy parecidos entre sí. En el SPD, en cambio, se obtuvieron los menores valores (2,8%). Esto hizo que las mayores diferencias entre el SEP y el SPD se produjeran en esta etapa. Posteriormente, en ambos sistemas el tenor graso se incrementó a 4,3% en SEP y a 4,1% en el SPD.

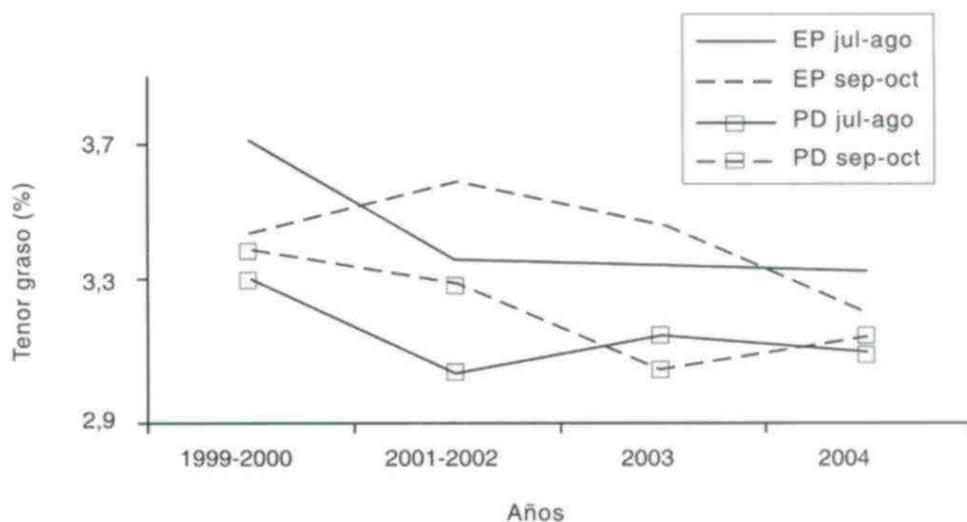


Figura 10. Tenor graso a través de los años, según la época de inicio de las lactancias y sistema de manejo, corregido a tres ordeños diarios (EP=Estabulación Permanente; PD=Pastoreo Directo).

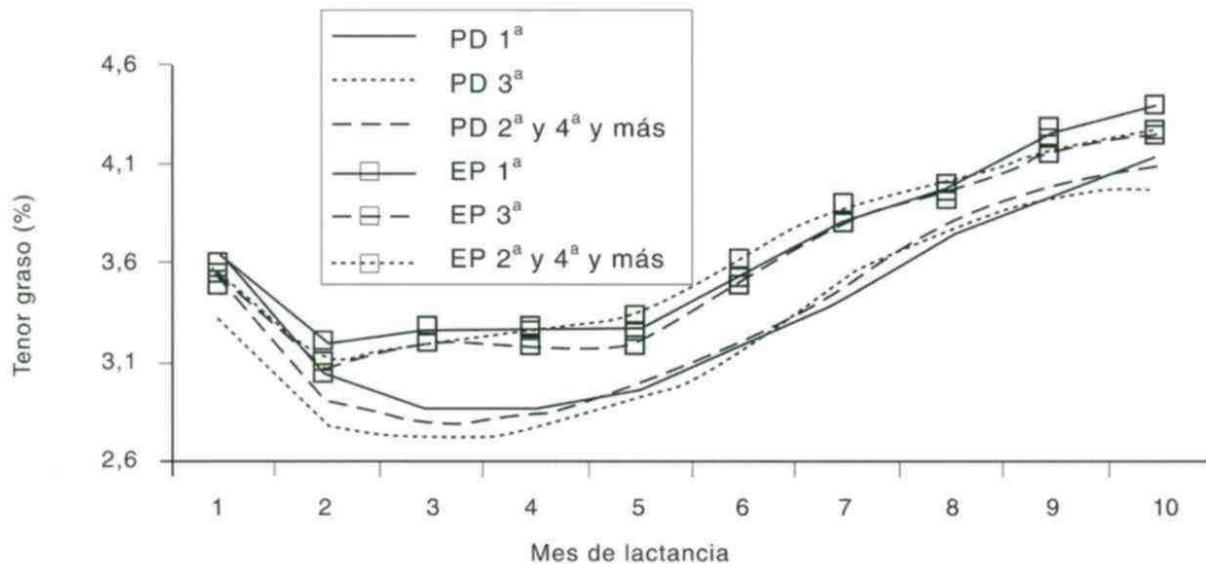


Figura 11. Tenor graso según el número de la lactancia en ambos sistemas de producción (EP: Estabulación Permanente; PD: Pastoreo Directo).

En el SPD el forraje se ofreció exclusivamente fresco, mientras que en estabulación permanente el aporte de forrajes conservados fue mayor. El bajo contenido de fibra efectiva de la pastura, y por lo tanto, la baja relación fibra efectiva: concentrado, generaron la mencionada depresión en el tenor graso. A lo anterior vale la pena agregar que en torno al "peak" de producción de leche, a las vacas se les ofrecía las mejores pasturas con una baja presión de pastoreo. Adicionalmente, el suministro de concentrados por litro de leche se incrementó en esta etapa, con la finalidad de maximizar la producción de leche. Esto hizo que la relación fibra efectiva: concentrado llegara a valores mínimos.

En el SEP, el tenor proteico fue mayor en las vacas de primera, segunda y tercera lactancias (3,25%), para luego decaer en los partos posteriores (3,18%) (Figura 12). Un comportamiento similar informan DePeters y Cant (1992). En el SPD el porcentaje de proteína decrece a partir de la tercera lactancia siendo posible dividir la información en tres grupos: primera y segunda (3,23%); tercera y cuarta (3,16%); y

quinta y más lactancias (3,11%) (Figura 12, Cuadro 4).

Efecto de la Longitud del Periodo Seco. El efecto del periodo seco sobre el tenor graso en el SEP tuvo una tendencia inversa con respecto a la producción de leche en las vacas multíparas. El tenor graso de las lactancias con periodos secos entre 46 y 60 días (3,66%) solo difirió significativamente ($P < 0,05$) respecto a aquellas iniciadas luego de periodos secos inferiores a 30 días. Los resultados coinciden con otros estudios (Annen *et al.*, 2004; Grummer y Rastani, 2004; Andersen *et al.*, 2005; Rastani *et al.*, 2005). Los autores citados sugieren que periodos secos más cortos disminuyen la movilización de tejidos corporales y por lo tanto la magnitud del balance energético negativo. El tenor proteico de las lactancias antecedidas de periodos secos inferiores a 30 días fue, en cambio el más bajo (3,06%). En las primíparas las diferencias no fueron importantes. En pastoreo directo los tenores graso y proteico no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre diferentes longitudes de periodo seco.

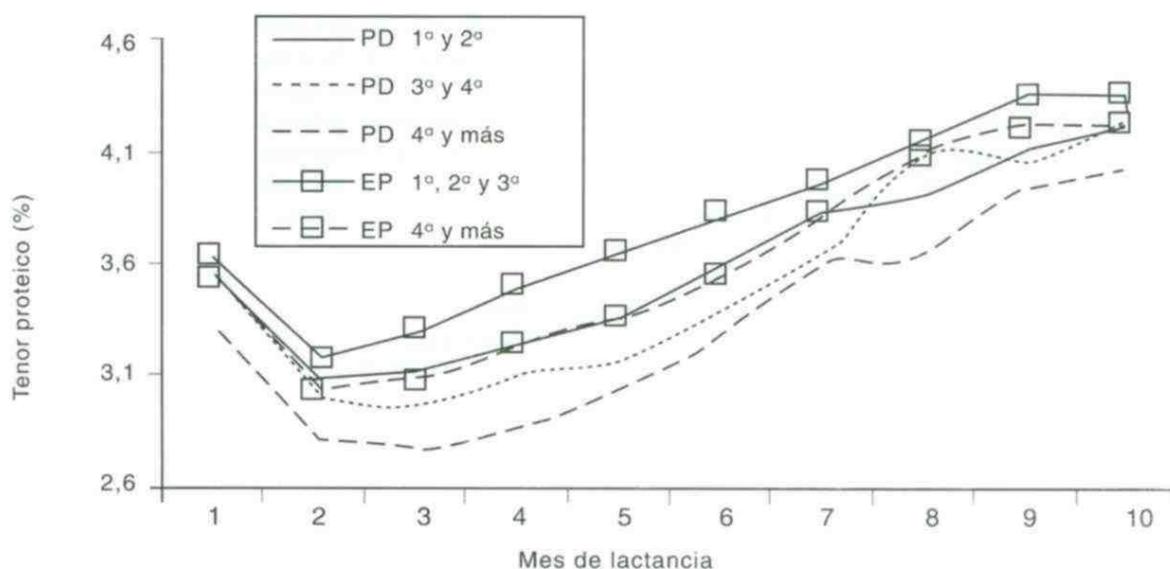


Figura 12. Tenor proteico según el número de la lactancia en ambos sistemas de producción (EP: Estabulación permanente; PD: pastoreo directo).

CONCLUSIONES

- El sistema de estabulación permanente presenta mayores valores para todas las variables productivas analizadas respecto al pastoreo directo.
- Las diferencias más importantes entre los sistemas se observan en la producción de grasa, leche corregida por materia grasa y por sólidos totales. Esto ocurre porque en el SEP se obtiene un mayor volumen de leche y mayores tenores grasos y proteicos.
- Tanto en estabulación permanente como en el pastoreo directo, las vacas que paren a fines de invierno (julio y agosto) producen más leche que aquellas que lo hacen tardíamente (septiembre y octubre).
- En el SEP el tenor grasos es mayor que el proteico, en cambio en el SPD son similares.
- En estabulación permanente, la mayor producción de leche se produce en la tercera y cuarta lactancia. En pastoreo directo esta se maximiza a partir del tercer parto.
- La mayor concentración proteica de la leche en el SEP ocurre en las tres primeras lactancias. En el SPD, en cambio, en las dos primeras, declinando posteriormente. En ambos sistemas de producción, la mayor concentración grasos se obtiene en la primera lactancia y la más baja en la tercera.
- Las vacas primíparas, a pesar de producir menos leche, presentan lactancias más persistentes.
- El tenor proteico varía menos durante la lactancia que el contenido grasos.
- En vacas múltiparas, bastan 45 días para maximizar la producción en la lactancia siguiente en estabulación permanente. En pastoreo directo 30 días son suficientes. En vacas primíparas, no obstante, periodos secos más prolongados permiten mayores producciones en la siguiente lactancia en ambos sistemas de producción.

BIBLIOGRAFIA

- AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. CAB International, Wallingford, UK. 159 pp.
- ALLEN, D. B., E. J. DEPETERS and R. C. LABEN. 1986. Three times a day milking: Effects on milk production, reproductive

- efficiency, and udder health. *J. Dairy. Sci.* 69: 1441-1446.
- AMOS, H. E., T. KISER and M. LOEWENSTEIN. 1985. Influence of milking frequency on productive and reproductive efficiencies of dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 68: 732-739.
- ANDERSEN, J. B., T. G. MADSEN, T. LARSE, K. L. INGVARSEN 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. 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.
- BAR-ANAN, R., M. HERMAN, M. RON and J. I. WELLER. 1987. Comparison of proven sires from five Holstein-Friesian strains in high-yield Israeli dairy herds. *Livest. Prod. Sci.* 17: 305-322.
- BARNES, M. A., R. E. PEARSON and A. J. LUKES-WILSON. 1990. Effects of milking frequency and selection for milk yield on productive efficiency of Holstein cows. *J. Dairy. Sci.* 73: 1603-1611.
- BARRÍA N., J. AUMANN, H. GRASER Y G. STOLZENBACH. 1995. Evaluación genética de toros lecheros de diferentes orígenes y tendencia genética de la producción láctea en la X Región (Chile). *Avances en Producción Animal* 20: 67-73.
- BAUMAN, D. E. and J. M. GRIINARI. 2003. Nutritional regulations of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.* 23: 203-227.
- BEQUETTE, B. J., F. R. C. BACKWELL and L. A. CROMPTON. 1998. Current concepts of amino acid and protein metabolism in the mammary gland of the lactating ruminant. *J. Dairy. Sci.* 81: 2540-2559.
- CERDA D., H. MANTEROLA, H. GONZÁLEZ, M. VIVANCO y J. WACYK. 2003. Efecto del tratamiento del grano de triticale con formaldehído, sobre la degradabilidad de la proteína y almidón y sobre parámetros ruminales y productivos en vacas lecheras. *Avances en Producción Animal.* 28: 27-39.
- DEPETERS, E. J., N. E. SMITH and A. RICO. 1985. Three or two times daily milking of older cows and first lactation cows for entire lactations. *J. Dairy. Sci.* 68: 123-132.
- DEPETERS E. J. and J. P. CANT. 1992. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: a review. *J. Dairy. Sci.* 75: 2043-2070.
- GARCÍA, X., H. GONZÁLEZ, J. C. MAGOFKE Y A. CUEVAS. 2001. Evaluación de mestizas Frisón Británico y Neozelandés, en la Estación Experimental Oromo de la Universidad de Chile, X Región. *Avances en Producción Animal* 26: 63-78.
- 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.
- 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., J. C. MAGOFKE, H. GONZÁLEZ y C. CORTÉS. 1987. Registros parciales de producción de leche como criterio de selección en vacas Holando Europeo. I. Efecto de la edad, año y mes de parición sobre la producción total y parcial de leche. *Avances en Producción Animal* 12: 111-124.
- GISI, D. D., E. J. DEPETERS and C. L. PELISSIER. 1986. Three times daily milking of cows in California dairy herds. *J. Dairy. Sci.* 69: 863-868.

- GONZÁLEZ, H., H. MANTEROLA, D. CERDA, J. MIRA y L. RAMÍREZ. 2000. Inclusión de soya protegida con formaldehído en dietas de vacas lecheras y su efecto sobre parámetros ruminales, producción y composición de leche. *Avances en Producción Animal*. 25: 113-120.
- GRAHAMM, N. J., E. B. BURNSIDE, J. P. GIBSON, A. E. RAPITTA and B. W. MCBRIDE. 1991. Comparison of daughters of Canadian and New Zealand Holstein sires for first lactation efficiency of production in relation to body size and condition. *Can. J. of Anim. Sci.* 71: 293-300.
- GRUMMER, R. R. 1991. Effect of feed on the composition of milk fat. *J. Dairy Sci.* 74:3244-3257.
- 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.
- HONGERHOLT, D. D. and L. D. MULLER. 1998. Supplementation of rumen-undegradable protein to the diets of early lactation Holstein cows on grass pasture. *J. Dairy Sci.* 81: 2204-2214.
- HONORATO, P. R. 2000. *Manual de Edafología*. 4ª Edición. Alfaomega. Ediciones Universidad Católica de Chile. 267 pp.
- JASIOROWSKI, H., M. STOLZMAN and Z. REKLEWSKI. 1988. The international Friesian strains comparison trial, a world perspective. FAO, Roma, Italia. 451 pp.
- JENKINS, T. C. and M. A. MCGUIRE. 2006. Major advances in nutrition: impact on milk composition. *J. Dairy Sci.* 89: 1302-1310.
- KOLVER, E. S. 2003. Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *Proceedings of the Nutrition Society*. 62: 291-300.
- 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.
- LUZIO, W. 1992. Los suelos de Chile. *In: Universidad de Chile Fac. de Cs. Agr. y For. Publ. Misc. N° 38*. 345 pp.
- MAGOFKE, J. C., X. GARCÍA, E. RIVEROS y K. 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. I. Efecto del año y mes de parto. *Avances en Producción Animal* 9: 83-97.
- MAGOFKE, J. C., X. GARCÍA, H. GONZÁLEZ y A. GAGIULLO. 2001. Parámetros genéticos en bovinos de leche. I. Antecedentes bibliográficos. *Avances en Producción Animal* 26: 31-48.
- MCCORMICK, M. E., D. D. FRENCH, T. F. BROWN, G. J. CUOMO, A. M. CHAPA, J. M. FERNANDEZ, J. F. BEATTY and D. C. BLOUIN. 1999. Crude protein and rumen undegradable protein effects on reproduction and lactation performance on Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 82: 2697-2708.
- ODEPA. 2005. Boletín de la leche año 2004. [en línea] <<http://www.odepa.cl>> [consulta: 8 agosto 2005].
- PETERSON, R. 1991. Initial analysis of the Canadian - New Zealand trial for production traits based on data from both countries. Mimeografiado 8 pp.
- 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. *Journal of Dairy Science*. 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.
- SANTOS, J. E. P., J. T. HUBER, C. B. THEURER, L. G. NUSSIO, M. TARAZON and F. A. P. SANTOS. 1999. Response of lactating dairy cows to steam-flaked sorghum, steam-

- flaked corn, or steam-rolled corn and protein sources of differing degradability. *J. Dairy. Sci.* 82: 728-737.
- SANTOS, F. A. P., J. E. P. SANTOS, C. B. THEURER and J. T. HUBER. 1998. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: a 12-year literatura review. *J. Dairy. Sci.* 81: 3182-3213.
- SAS USER'S GUIDE. 1996. Versión 6. 12 Edition. Sas Institute Inc. Cary NC.
- SMITH, J. W., L. O. ELY, W. M. GRAVES and W. D. GILSON. 2002. Effect of milking frequency on DHI performance measures. *J. Dairy Sci.* 85: 3526-3533.
- STOCKDALE C. R., A. CALLAGHAN and T. E. TRIGG. 1987. Feeding high energy supplements to pasture-fed dairy cows. Effect of stage of lactation and level of supplement. *Aust. J. Agr. Res.* 38: 927-940.
- VAN SOEST, P. J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. *J. Anim. Sci.* 26: 119-128.
- WATTIAUX, M. A. 1995. Lactation and Milking. *Dairy Essentials*. The Babcock Institute Publications, University of Wisconsin-Madison. 182 pp.