

Factores que influyen en la composición nutricional de la leche

Factors that Influence Milk's Nutritional Composition

IVÁN CALVACHE GARCÍA

Zootecnista, Msc. Producción animal. Docente investigador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle
icalvache@unisalle.edu.co

ALEXANDER NAVAS PANADERO

DMVZ, MSc. Agroforestería Tropical. Docente investigador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle
anavas@unisalle.edu.co

RESUMEN

El valor nutricional de la leche es un aspecto importante en los sistemas de producción, y está determinado por múltiples factores como la alimentación, el clima, la fase de lactancia y la genética. La alimentación cambia la composición de la leche en corto tiempo, y dietas altas en fibra incrementan la concentración de grasa, pero pueden afectar el consumo voluntario; mientras que las dietas bajas en fibra y altas en carbohidratos fermentables reducen la concentración de grasa e incrementan el volumen y la proteína en leche, pero en exceso pueden producir acidosis ruminal y reducir la concentración de proteína. Variaciones leves en las concentraciones normales de proteína en la dieta no afectan la composición de la leche, pero niveles bajos de proteína degradable en el rumen disminuyen la concentración de grasa, debido a la reducción de los microorganismos que degradan la fibra. Los cambios de las condiciones climáticas a lo largo del año afectan el volumen y la composición nutricional de la leche; además, los cambios en la temperatura y la humedad ambiental afectan el consumo voluntario de los animales. También se presentan cambios en la composición nutricional de la leche durante la lactancia, y en la fase inicial hay menor concentración de grasa y proteína, debido a un mayor volumen. El mejoramiento genético tiene un efecto positivo en la concentración de sólidos en la leche; pero, en el largo plazo, las concentraciones de grasa y proteína están relacionadas con la raza.

Palabras clave: alimentación, ambiente, sólidos lácteos, praderas, genética.

ABSTRACT

The nutritional value of milk is an important aspect in production systems, and it is determined by different factors such as food, climate, lactation period and genetics. Food changes the composition of milk in a short time, and a diet with high content of fiber increases the concentration of fat, but may affect voluntary consumption; whereas a diet with low content of fiber and high content of fermentable carbohydrates reduce the concentration of fat and increase the volume

RECIBIDO: 14/06/2012 • APROBADO: 27/08/2012

and protein in the milk, but could produce ruminal acidosis and reduce the concentration of protein. Small variations in the normal concentrations of protein in the diet do not affect the composition of the milk; however, low levels of degradable protein in the rumen decrease the concentration of fat, due to the reduction of microorganisms that degrade the fiber. Changes in climate condition throughout the year affect the volume and nutritional composition of the milk; in addition, changes in temperature and environment humidity affect the animals' voluntary consumption. There are also changes in the milk's nutritional composition during the lactation period, and during initial stages there is less concentration of fat and protein, due to a greater volume. Genetic improvement has a positive effect in the concentration of solids in milk; however, in the long term, fat and protein concentrations are related to the breed.

Keywords: Food, environment, solid dairy products, prairies, genetics.

Introducción

La composición de la leche es un factor que determina su valor nutricional y calidad industrial que afecta directamente la rentabilidad y competitividad de los sistemas de producción de leche. La composición de este alimento es el reflejo de múltiples factores que pueden ser modificados en el sistema a través de diferentes prácticas de manejo. La leche con mayor concentración de sólidos, esencialmente proteína y grasa, aportan más nutrientes al consumidor y mejoran la capacidad de la leche para convertirla en producto lácteo (Cerón y Correa, 2005).

La nutrición, alimentación y el manejo de los hatos lecheros produce cambios observables a corto plazo en la composición de la leche (ídem), mientras que el mejoramiento genético del hato tiene un efecto positivo sobre la concentración de sólidos lácteos, pero su efecto se observa

en el largo plazo (Dillon, Berry, Evans, Buckley y Horan, 2006).

La grasa y la proteína de la leche pueden presentar variaciones en su concentración y responder a cambios en la nutrición de las vacas, la concentración de grasa en la leche puede variar en un rango de hasta tres unidades porcentuales por medio de la manipulación nutricional; en contraste, el contenido de proteína puede variar aproximadamente en 0,6 unidades porcentuales (Grant, 1980).

Factores que afectan la concentración de grasa y proteína láctea

Son múltiples los factores (composición de la dieta, clima, etapa de lactancia, genética, etc.) que de forma individual o conjunta, determinan el volumen y la concentración de componentes lácteos como proteína y grasa (Sutton, 1989; Bernabucci, Lacetera, Ronchi y Nardone, 2002).

Tipo y contenido de fibra en la dieta

La fibra es la parte tosca del forraje y está constituida principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina (Wilson y Hatfield, 1997). El factor nutricional que más afecta la concentración de grasa en la leche es una baja cantidad de material fibroso en relación con la cantidad de carbohidratos fermentables (Cerón y Correa, 2005). Bajos contenidos de fibra efectiva en la dieta ocasionan una disminución en la concentración de grasa en la leche (Heinrichs, Jones y Bailey, 1997; Zebeli, Dijkstra, Tafaj, Steingass, Ametaj y Drochner 2008); la causa de esta disminución está dada por la inadecuada producción de ácido acético y butírico en el rumen para la síntesis de grasa (Jenkins y McGuire, 2006). Sin embargo, dietas con alto contenido de fibra reducen el consumo de materia seca y reducen la producción de leche (Yang y Beauchemin, 2007).

La reducción de la cantidad de forraje en la dieta de las vacas incrementa el volumen de leche, la concentración de proteína en la misma y, por ende, la cantidad de proteína producida (Jenkins y McGuire, 2006). La mayor producción en el rumen de ácido propiónico, producto del bajo suministro de fibra efectiva en la dieta y una alta concentración de carbohidratos no estructurales, conllevan a un incremento en la concentración de

proteína en leche, hasta de 3%. En general, se recomienda que el contenido de carbohidratos no estructurales en materia seca, para tener una adecuada producción de proteína y grasa debe estar entre 32 y 35% (Heinrichs et ál., 1997).

La tasa de degradación de los carbohidratos no estructurales es importante en la concentración de sólidos lácteos, debido a que si es muy rápida, se produce acidosis ruminal y el porcentaje de grasa disminuye; por el contrario, si es muy lenta se reduce la digestión microbiana y la síntesis de proteína (Cerón y Correa, 2005). La leche producida de vacas de pastoreo en praderas jóvenes, y con alta inclusión de concentrados en la dieta, resulta con una baja concentración de grasa y un pequeño aumento en la concentración de sólidos no grasos y proteína (Gaunt, 1973), debido a una baja producción de ácido acético en el rumen, el cual es precursor de la síntesis de grasa en la leche (Yang y Beauchemin 2008).

Grant (1980) evaluó los cambios en el contenido de proteína y grasa de la leche de vacas alimentadas con forraje y concentrado, y encontró que el contenido de grasa era 0,2% más alto cuando en la dieta se utilizó 60% de pradera que cuando se utilizó 40% de pradera, mientras que el contenido de proteína disminuyó 0,1 unidades porcentuales cuando se utilizó 60% de pradera. Por otro lado, Graf, Kreuzer y Dohme (2005) encon-

traron que al suministrar dietas con base en pastoreo, el nivel de proteína no varía, incluso, al agregar cierta proporción de heno o ensilaje de maíz (3,08% para todos los casos); sin embargo, se observan cambios en los contenidos de grasa cuando además de pastoreo se ofrece forrajes conservados (pastoreo, 3,79%; pastoreo-heno, 3,67%; pastoreo-ensilaje de maíz, 3,71%), no obstante, las diferencias no son significativas.

Yang y Beauchemin (2007), concluyeron que al incrementar la proporción de forraje en la dieta de 35% a 60%, disminuyó el riesgo de acidosis ruminal y la concentración de grasa en leche incrementó en 11% (de 3,2% a 3,7%); mientras que, la concentración de proteína disminuyó en 5,4% (de 3,29% a 3,12%), y el volumen de leche también se vio afectado negativamente. De igual forma, evaluaron el efecto del tamaño de partícula de las dietas de vacas lecheras basadas en alfalfa sobre la masticación, la fermentación ruminal y la producción de leche, demostraron que la composición de la leche no fue afectada por el tamaño de la partícula ni por el cambio de dieta de 50:50 a 25:75 de ensilaje de alfalfa con heno de alfalfa.

Cantidad y tipo de proteína en la dieta

La variación de la cantidad de proteína cruda (PC) en la dieta en rangos normales (17

a 17,5%), o las fuentes de proteína utilizadas, no afectan el porcentaje de grasa ni proteína en la leche (Jenkins y McGuire, 2006); sin embargo, una cantidad insuficiente de proteína degradable en el rumen produce una disminución en la concentración de grasa láctea a causa de la reducción del amonio ruminal, el cual estimula el crecimiento de los microorganismos que digieren la fibra y producen los sustratos para la síntesis de grasa y proteína láctea (Cerón y Correa, 2005).

La reducción en la proporción de forraje en la dieta de una vaca aumenta el contenido de proteína láctea, que puede fluctuar en 0,4 unidades porcentuales o más, si la cantidad de forraje en la dieta se reduce en 10% (Jenkins y McGuire, 2006); por esta razón, se debe tener en cuenta el suministro de una adecuada cantidad de fibra para mantener un óptimo pH ruminal.

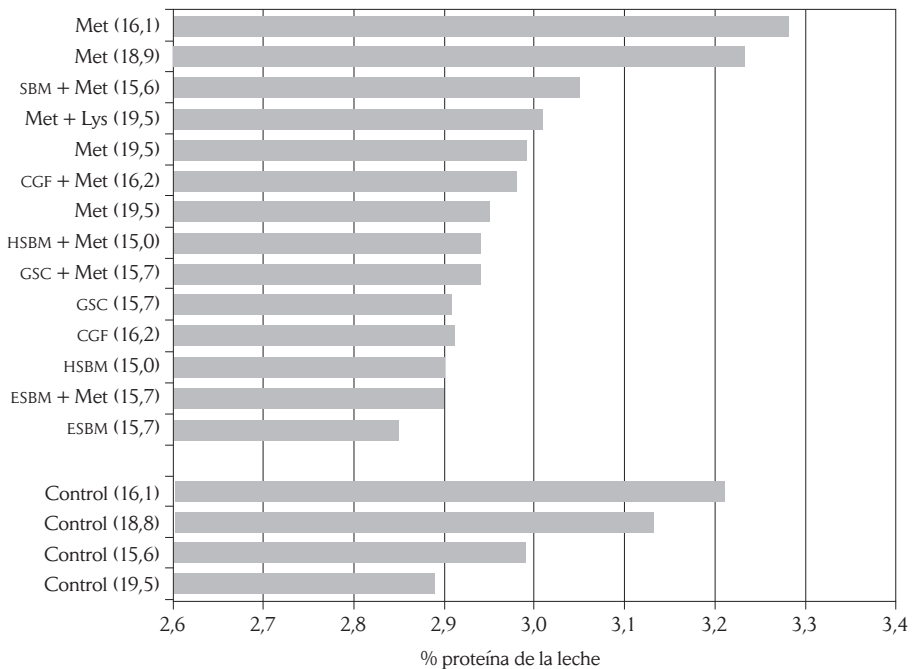
Jenkins y McGuire (2006) afirmaron que el contenido de proteína en leche de vacas sometidas a diferentes tratamientos de suplementación (dietas ricas en contenido de PC y suplementación con diferentes tipos de aminoácidos) presenta cambios mínimos en la fracción proteica de la leche, la cantidad y fuente de proteína no tienen efectos importantes en esta fracción. Es importante resaltar, que no obstante lo anterior, cuando la concentración de proteína en leche de vacas subalimentadas se encuentra por

debajo de los rangos normales para la raza, la suplementación con dietas ricas en energía y con aminoácidos protegidos de la fermentación ruminal tienen efectos importantes (figura 1).

Olmos y Broderick (2006) estudiaron el efecto que tiene la concentración de PC en la dieta sobre la producción y composición de la leche. Evaluaron cinco dietas con diferentes niveles de PC (13,5%, 15%, 16,5%, 17,9% y 19,4%) y encontraron que aunque el rango entre los contenidos de proteína en las dietas es muy amplio, no tuvo efectos signifi-

cativos sobre la concentración de proteína láctea, pero encontraron diferencias en la concentración de grasa cuando la dieta tuvo 17,9% de PC, siendo la mejor (3,47%). Leonardi, Stevenson, y Armentano (2003) no observaron ningún efecto de la concentración de PC de la dieta sobre la producción y composición de la leche, cuando la dieta se incrementó de 16,1 a 18,9% de PC; de igual forma, reportan que el rendimiento en litros no fue afectado (1,35 y 1,34 kg/día de proteína) ni tampoco el contenido de proteína en la leche (3,2 y 3,18%, respectivamente).

Figura 1. Porcentaje de proteína de la leche según la cantidad y el tipo de proteína en la dieta de las vacas



Nota: En el paréntesis se muestra el % de proteína en la dieta y la fuente que incluye los aminoácidos metionina y lisina, harina de soya (SBM), gluten de maíz (CGF), harina de soya calentada (HSBM), maíz entero molido (GSC), harina de frijol soya (ESBM).

Fuente: Jenkins y McGuire (2006).

Coulon, Pradel y Verdier (1995) señalaron que un incremento de nitrógeno no proteico (NNP) en la dieta, induce simultáneamente a aumentos en el rendimiento de leche y secreción de la proteína. Además, el contenido de proteína también depende de la suplementación con aminoácidos esenciales, principalmente lisina y metionina, y del tipo de suplemento proteico. De igual manera, Beever y Mould (2000) demostraron que cuando existe buena suplementación de nutrientes a través de la alimentación, se logra incrementar levemente la producción de leche con aumento en la concentración de proteína láctea. Esto contradice lo encontrado por Leonardi et ál. (2003); Jenkins y McGuire (2006); Olmos y Broderick (2006).

En estudios realizados por Ibarra y Latriille (2006), evaluaron el incremento de la proteína no degradable en el rumen (PNDR) sobre la producción y composición de la leche. Estos autores utilizaron cuatro dietas (tabla 1), las dos primeras A1 y B1 que contenían 45% de ensilaje de Ray Grass perenne y un 20% de henolaje de alfalfa, mientras que A2 y B2 que contenían 38% de ensilaje de Ray Grass perenne y 27% de henolaje de alfalfa. Las dietas A fueron formuladas considerando las recomendaciones únicamente de PC, aceptando un déficit de hasta 20% en PNDR, mientras que las dietas B cumplían con los requerimientos de PC y PNDR.

Los autores encontraron diferencias en el porcentaje de proteína en la leche entre

Tabla 1. **Efecto del incremento de proteína no degradable (PNDR) mediante harina de pescado sobre producción y composición de leche de vacas con dietas basadas en ensilaje**

Variable	Nivel de PNDR				SE	A1 vs B1	A2 vs B2	A vs B	Inter
	Bajo	Alto	Bajo	Alto					
	A1	B1	A2	B2					
Producción de leche (lts/día)	24,2	25,7	25,5	25,7	0,24	**	NS	**	NS
LCG 4% (lts/día)	24,4	25,4	25,7	24,9	0,28	NS	NS	NS	NS
Proteína (%)	3,07	3,10	3,03	3,14	0,016	NS	**	**	*
Producción de proteína (kg/día)	0,74	0,80	0,77	0,81	0,008	**	**	**	NS
Grasa (%)	4,08	3,91	4,04	3,79	0,041	*	*	**	NS
Producción de grasa (kg/día)	0,98	1,01	1,03	0,97	0,013	NS	NS	NS	NS
N ureico en leche (mg/dl)	17,50	17,14	18,22	18,33	0,200	NS	NS	NS	NS

LCG4%: Leche corregida al 4% de grasa. Inter: Interacción. SE: error estándar

** $P < 0,01$; * $P < 0,05$; NS: $P > 0,05$.

A1: Dieta con 45% de ensilaje de Ray Grass perenne y un 20% de henolaje de alfalfa

B1: Dieta con 45% de ensilaje de Ray Grass perenne y un 20% de henolaje de alfalfa

A2: Dieta con 38% de ensilaje de Ray Grass perenne y 27% de henolaje de alfalfa

B2: Dieta con 38% de ensilaje de Ray Grass perenne y 27% de henolaje de alfalfa

Fuente: Ibarra y Latriille (2006).

las dietas B con respecto a las dietas A, y concluyeron que pueden estar dadas por un mayor consumo de PNDR, resultado de un mejor flujo de aminoácidos esenciales hacia el intestino (Santos et ál., 1998).

En general, el nivel de PC de la dieta afecta más a la producción de leche (volumen) que la concentración de proteína en la misma, excepto con niveles muy limitantes (bajos) de proteína en dieta que terminan deprimiendo la concentración de la proteína en leche a causa de una reducción en la digestibilidad y el consumo total de alimentos (Yamandú, 2004). Por otra parte, según estudios del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), en Uruguay, se ha demostrado la influencia que tiene la alimentación sobre el contenido de sólidos. En forma genérica, entre un 35% y un 90% de la energía que usa un rumiante proviene de la digestión de fuentes fibrosas, para lo cual se requieren poblaciones bacterianas numerosas y activas en el rumen (Restrepo y Suárez, 2005).

Estacionalidad y ambiente

Los factores climáticos tienen una influencia directa sobre los sistemas de producción de la leche, ya que afectan la producción y calidad de forraje, presentándose diferencias en los aportes nutricionales de la pradera a lo largo del año; por otro lado, también las condi-

ciones ambientales afectan el consumo voluntario de los animales, lo que se ve reflejado en la composición de la leche. Por esta razón, es importante conocer el comportamiento del clima, tanto en países tropicales como en países con estaciones, con el fin de establecer prácticas de manejo que reduzcan los efectos sobre la producción de leche.

Auldist, Walsh y Thomson (1998) han estudiado los sistemas de producción de leche en Nueva Zelandia que tienen como base alimenticia la pradera y con partos estacionales, el suministro de leche es irregular a lo largo del año, tanto en términos de volumen como en concentraciones de grasa y proteína, esto concuerda con lo encontrado por Heinrichs et ál. (1997) quienes reportaron que en sistemas de producción que basan su alimentación en el uso de la pradera, las estaciones del año afectan las concentraciones de grasa y proteína en la leche, de tal forma que en los meses de invierno y verano las concentraciones de grasa y proteína disminuyen con respecto a los meses de otoño y primavera; por el contrario, Waldner, Stokes, Jordan y Looper (2005) encontraron que el consumo de praderas jóvenes en la primavera deprime la concentración de grasa láctea. La variación estacional en el volumen y la composición de la leche se debe en gran medida a factores nutricionales asociados con el crecimiento, disponibilidad y calidad de la pradera (Lucey, 1996).

Factores ambientales como la humedad y la temperatura, también afectan la estacionalidad de la producción de leche, influyendo directamente sobre el desempeño y la producción de la pradera (Lucey, 1996). Esencialmente, hay una correlación inversamente proporcional entre la temperatura ambiental y la cantidad de leche, grasa y proteína producidas (Ozrenk y Selcuk, 2008).

Auldist et ál. (1998) también evaluaron la influencia de la estación y el estado de lactancia sobre la composición de leche bovina y encontraron diferencias entre el estado de lactancia y la época del año, siendo mayores las concentraciones de grasa y proteína al final de la lactancia que en el principio de la lactancia, y de igual forma, las concentraciones de grasa y proteína fueron mayores en invierno, lo que concuerda con lo encontrado por Ozrenk y Selcuk (2008), quienes evaluaron el efecto de la estación sobre la composición de la leche, e igualmente, reportan porcentajes de grasa y proteína altos durante el invierno (3,1% para grasa y 2,9% para proteína), y bajos durante el verano (2,3% materia grasa y 2,7% fracción proteica). Las fracciones de la leche como la grasa, proteína, caseína, y las fracciones nitrogenadas son influenciadas por la variación estacional (Lacroix, Verret y Paquin, 1996).

Bernabucci et ál. (2002), por su parte, evaluaron el efecto del verano sobre

el contenido de proteína de la leche y encontraron que la producción de leche fue 10% menor durante el verano que durante la primavera (26,7 a 29,5 L/día, respectivamente), y el porcentaje de proteína fue 9,9% más bajo en verano que en primavera (3,01 a 3,31%, respectivamente).

En verano, donde los días son más largos que en invierno, existe una reducción en el porcentaje de grasa y proteína láctea, probablemente, como consecuencia de una mayor secreción de prolactina, cuya concentración en el plasma es superior en el verano que en invierno (Sevi, Annicchiarico, Albenzio, Taibi, Muscio y Dell'Àquila, 2001; Tucker, 1989).

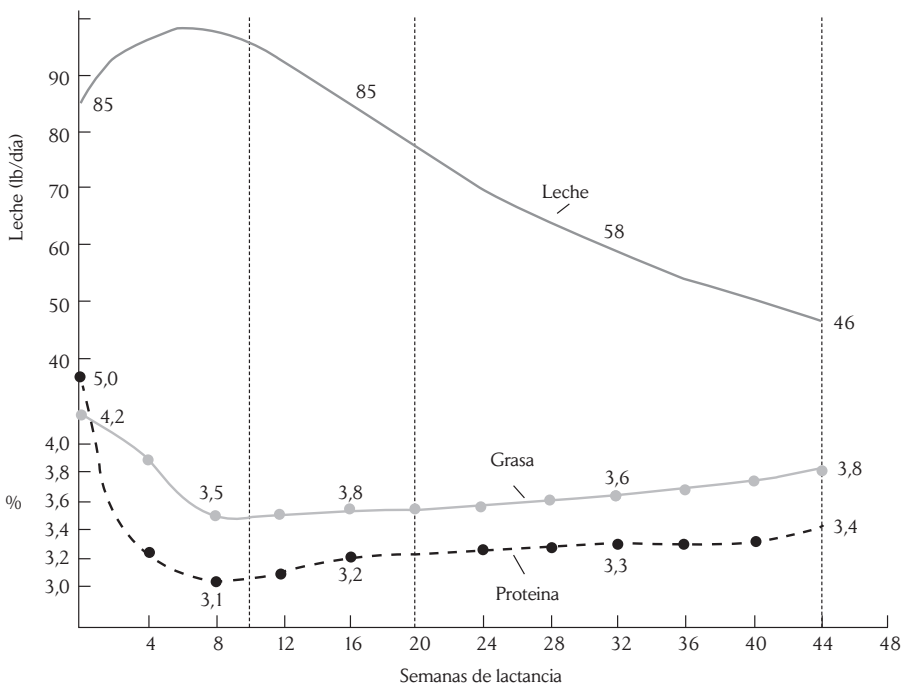
Algunos estudios confirman que las condiciones ambientales pueden generar estrés calórico en los animales; Waldner et ál. (2005) encontraron que los ambientes cálidos y la humedad relativa alta ocasionan descensos en el consumo de materia seca por parte de los animales. Beede y Collier (1986) identificaron tres prácticas de manejo estratégico para minimizar el efecto del estrés calórico durante el verano en vacas en confinamiento. Estas son: 1) modificaciones físicas en el ambiente (aspersores de humedad), 2) desarrollo de razas genéticas tolerantes al calor y 3) mejorar las prácticas alimenticias durante esta época. Existen además varias formas de manejo nutricional que pueden ser consideradas durante el ve-

rano, las cuales incluyen reformulación de las dietas para incrementar el consumo de materia seca y evitar el exceso de nutrientes en la misma (West, 2003). En ecosistemas tropicales la utilización de sistemas silvopastoriles generan microclimas que permite a los animales en pastoreo encontrar temperaturas dentro de su rango de termoneutralidad, lo que contribuye a reducir el estrés calórico, incrementar el consumo voluntario y mejorar los tiempos de pastoreo (Navas, 2010).

Estado de lactancia

La producción de leche aumenta rápidamente desde el primer día postparto hasta el día 70, llegando al pico de producción entre la sexta y octava semana después del parto. Waldner et ál. (2005); Linn, Hutjens, Shaver, Otterby, Howard y Kilmer (2008), advierten que la concentración de grasa y proteína inicia con un nivel alto en leche, y a medida que aumenta la producción de leche en cuanto a volumen, la concentración de

Figura 2. Cambios en la producción de leche, porcentaje de grasa y proteína láctea en el ciclo de lactancia



Fuente: Linn et ál. (2008).

proteína y grasa disminuyen en relación inversamente proporcional al volumen de leche (figura 2).

La producción de grasa y proteína expresada en kg, está relacionada ($r^2 = 0,99$) con el volumen de producción de leche. Sin embargo, al incrementar el volumen de producción la concentración de grasa y proteína expresada en g/100 g disminuye (Waldner et ál., 2005). Dicha disminución puede deberse a un efecto dilutivo de las fracciones grasa y proteína en el volumen de leche, debido a que la concentración de proteína y en parte de grasa están ya establecidas genéticamente (Svennersten-Sjaunja y Olsson, 2005).

De igual forma, Heinrichs et ál. (1997), afirmaron que la mayor cantidad de grasa y proteína en leche, son encontradas justo después de extraído el calostro, en los primeros días de lactancia, y de igual forma, en las primeras semanas de lactancia se encuentran los niveles más bajos en la fracción grasa y proteica debido al efecto dilutivo por el incremento en la producción.

La genética

De acuerdo con los autores Heinrichs et ál. (1997) las concentraciones de grasa y proteína en leche están relacionadas con la raza de las vacas (ver tabla 2), los niveles medios de los componentes varían entre las diferentes razas. Sin embargo,

aunque existen diferencias en los valores medios de composición entre las razas, el mejoramiento genético a partir de la selección ha generado modificaciones en estos valores (Cerón y Correa, 2005).

Tabla 2. **Contenido promedio de grasa y proteína de diferentes razas**

Raza	% Grasa	% Proteína	MG : Proteína ¹
Ayrshire	3,86	3,18	1,21
Pardo Suizo	4,04	3,38	1,20
Guernsey	4,51	3,37	1,34
Holstein	3,65	3,06	1,19
Jersey	4,60	3,59	1,28

MG: Materia grasa

¹Relación materia grasa y proteína.

Fuente: USDA-AIPL, 2004.

Los cambios en la concentración de grasa y proteína de la leche son posibles por la selección genética, debido a que la heredabilidad estimada para producción de leche está en 0,25 y para porcentajes de grasa y proteína están entre 0,5 a 0,6 (Heinrichs et ál., 1997; Waldner et ál., 2005). La heredabilidad para porcentaje de proteína puede ser un poco menor que para la grasa, debido a las pequeñas variaciones que presenta la fracción proteica (Gaunt, 1973).

Por otra parte, Dillon et ál. (2006), investigaron las consecuencias de la selección genética para incrementar la producción de leche en países europeos que tienen como base alimenticia la pradera,

y encontraron que, la selección genética para incrementar la producción de leche, generalmente, está acompañada con incrementos en la proporción de genes de Holstein Friesian Americano, los cuales están asociados a un incremento en el volumen de producción por vaca, mayor respuesta a la suplementación con concentrados pero, baja condición corporal, reducción de la fertilidad y baja sobrevivencia.

Referencias

- Auld, M., Walsh, B. y Thomson, N. (1998). Seasonal and lactational influences on bovine milk composition in New Zealand. *Journal of Dairy Research*, 65, 401-411.
- Beede, D. y Collier, R. (1986). Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *Journal Animal Science*, 62, 543-554.
- Beever D. y Mould, F. (2000). Forage evaluation for efficient ruminant livestock production. *Forage Evaluation In Ruminant Nutrition* (cap 2, pp. 5-42). Bangor, Reino Unido: D I Givens.
- Bernabucci, U., Lacetera, N., Ronchi, B. y Nardone, A. (2002). Effects of the hot season on milk protein fractions in Holstein cows. *Animal Research*, 51, 25-33.
- Cerón, J. M. y Correa, J. H. (2005). *Bioquímica, nutrición y alimentación de la vaca*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Coulon, J. y Verdier, I. (1995). Effect of forage type on milk yield, chemical composition and clotting properties of milk. *Lait*, 75, 513-521.
- Dillon, P., Berry, D. P., Evans, R. D., Buckley, F. y Horan, B. (2006). Consequences of genetic selection for increased milk production in European seasonal pasture based systems of milk production. *Livestock Science*, 99, 141-158.
- Gaunt, S. (1973). Genetic and environmental changes possible in milk composition. *Journal of Dairy Science*, 56(2), 270-278.
- Graf, C., Kreuzer, M. y Dohme, F. (2005). Effects of supplemental hay and corn silage versus full-time grazing on ruminal pH and chewing activity of dairy cows. *Journal Dairy Science*, 88, 711-725.
- Grant, D. (1980). Changes of protein composition of milk by ratio of roughage to concentrate. *Journal Dairy Science*, 63, 765-761.
- Heinrichs, J., Jones, C. y Bailey, K. (1997). Milk components: Understanding the causes and importance of milk fat and protein variation in your dairy herd. *Dairy & Animal Science Fact Sheet*, 1e-8e.
- Ibarra, D. y Latrille, L. (2006). Incremento en la proteína no degradable en rumen de vacas lecheras: 1. Efecto sobre la producción y composición de la leche y utilización de nutrientes. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 38(2), 115-121.
- Jenkins, T. y McGuire, M. (2006). Major advances in nutrition: Impact on milk composition. *Journal Dairy Science*, 89, 1302-1310.
- Lacroix, C., Verret, P. y Paquin, P. (1996). Regional and seasonal variations of ni-

- trogen fractions in commingled milk. *International Dairy Journal*, 6, 947-961.
- Leonardi, C., Stevenson, M. y Armentano, L. (2003). Effect of two levels of crude protein and methionine supplementation on performance of dairy cows. *Journal Dairy Science*, 86, 4033-4042.
- Linn, J., Hutjens, M., Shaver, R., Otterby, D., Howard, W. y Kilmer, L. (2008). *Feeding the Dairy Herd*. University of Minnesota Extension. Recuperado el 1° de mayo de 2009 de <http://www.extension.umn.edu/distribution/livestocksystems/components/DI0469-05.html>
- Lucey, L. (1996). Cheesemaking from grass based seasonal milk and problems associated with late-lactation milk. *Journal of the Society of Dairy Technology*, 49, 59-64.
- Navas, A. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista de Medicina Veterinaria*, 19, 113-122.
- Olmos, J. y Broderick, G. (2006). Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal Dairy Science*, 89, 1704-1712.
- Ozrenk, E. y Selcuk, S. (2008). The effect of seasonal variation on the composition of cow milk in Van Province. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7 (1), 161-164.
- Restrepo, J. y Suárez, M. (2005). Principales factores que afectan la actividad celulolítica bacteriana en rumiantes. En M. Pabón y J. Ossa (eds.), *Bioquímica, nutrición y alimentación de la vaca* (cap. 1, pp. 15-43). Medellín: editorial biogénesis.
- Santos, F., Huber, J., Theurer, C., Swingle, R., Simas, J., Chen, K. y Yu, P. (1998). Milk yield and composition of lactating cows fed steam-flaked sorghum and graded concentrations of ruminally degradable protein. *Journal Dairy Science*, 81, 215-220.
- Sevi, A., Annicchiarico, G., Albenzio, M., Taibi, L., Muscio, A. y Dell'Àquila, S. (2001). Effect of solar radiation and feeding time on behavior, immune responses and production of lactating ewes under high ambient temperature. *Journal Dairy Science*, 84, 629-640.
- Sutton, J. (1989). Altering milk composition by feeding. *Journal Dairy Science*, 72, 2801-2814.
- Svennersten-Sjaunja, K. y Olsson, K. (2005). Endocrinology of milk production. *Domestic Animal Endocrinology*, 29, 241-258.
- Tucker, H. A. (1989). Photoperiod affects intake, growth, and milk production of cattle. *Feedstuffs*, 61, 15-16. (Abstract).
- Waldner, D., Stokes, S., Jordan, E. y Looper, M. (2005). *Managing milk composition: normal sources of variation*. Recuperado de <http://www.osuextra.com> el 14 de febrero de 2012.
- West, J. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal Dairy Science*, 81, 2131-2144.
- Wilson J. y Hatfield, R. (1997). Structural and chemical changes of cell wall types during stem development: Consequences for fibre degradation by rumen microflora. *Australian Journal of Agricultural Research*, 48, 165-180.

- Yamandú, M. (2004). *Alimentación y sólidos en leche*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Uruguay. Recuperado de <http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/pol/2002/informe-1.pdf> el 12 de marzo de 2012.
- Yang, W. y Beauchemin, K. (2007). Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: Digestion and milk production. *Journal Dairy Science*, 90, 3410-3421.
- Zebeli, Q., Dijkstra, J., Tafaj, M., Steingass, H., Ametaj, B. y Drochner, W. (2008). Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *Journal Dairy Science*, 91, 2046-2066.

