

FACTORES NUTRICIONALES Y NO NUTRICIONALES QUE DETERMINAN LA COMPOSICION DE LA LECHE

R. Ramos¹, M.L.Pabón² y J. Carulla¹

Resumen

La composición de la leche está determinada por varios factores entre los cuales se pueden destacar genéticos, animales (volumen de leche y estado de lactancia) y nutricionales. La selección de toros es una herramienta para mejorar los componentes de la leche a mediano plazo. El manejo nutricional puede ayudarnos a mejorar la composición de la leche en el corto plazo. La grasa en la leche esta estrechamente relacionada con la proporción de fibra en la ración y la actividad de rumia. A mayor fibra, mayor rumia y por lo tanto más grasa en leche. La proteína en leche está determinada por el consumo de energía de la ración (carbohidratos) que estimula la producción de proteína microbiana y por la calidad de la proteína sobrepasante (perfil de aminoácidos y digestibilidad).

Introducción

En la actualidad la calidad de la leche es un factor importante para establecer el precio del litro de leche al productor. Inicialmente, los esquemas por precio de litro de leche se basaban en aspectos como la calidad microbiológica (reductasa y frío), volumen y grasa. Actualmente a este esquema se le ha adicionado la proteína debido a que este factor determina en gran medida la eficiencia en la producción de quesos (g queso/L. leche). Este esquema de precios obliga al productor a conocer los diferentes factores que determinan la composición de la leche. En este documento se presentan algunos de los factores nutricionales y no nutricionales (genéticos, estado de lactancia) que determinan la composición de la leche. Se ha hecho énfasis en los aspectos nutricionales ya que ellos son los más rápidamente alterables a nivel de finca.

FACTORES NO NUTRICIONALES

Genética: Existen diferencias marcadas en la composición de la leche entre razas (tabla 1) y dentro de razas. Estas diferencias genéticas ofrecen una oportunidad para mejorar la composición de la leche a través del mejoramiento genético (Dremel y cols,1989, Keller y Allaire,1989). Los coeficientes de heredabilidad para esta característica se presentan en la tabla 2 (Gibson,1989). En el país, por mucho tiempo, se seleccionaron los toros bus-

Raza	Producción Kg/lac	Grasa %	Proteína %	Lactosa %
Holstein	7073	3.7	3.1	4.6
Pardo Suizo	5812	4.2	3.5	4.8
Ayrshire	5247	4.0	3.3	4.6
Guersey	4809	4.9	3.6	4.8
Jersey	4444	5.1	3.8	4.7

Adaptado de Gibson (1989).

Tabla 1. Composición de leche de diferentes razas lecheras.

1. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia

2. Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá

Característica	Volumen	Concentración
Producción	0.27	—
Proteína	0.27	0.48
Grasa	0.24	0.47
Lactosa	0.25	0.28

Adaptado de Gibson (1989).

Tabla 2. Heredabilidades de los componentes de la leche.

cando principalmente volumen de leche sin tener en cuenta la composición de esta. Esto ha generado que la calidad de la leche en zonas como la Sabana de Bogotá sea pobre y los promedios de grasa y proteína estén por debajo de la raza en el ámbito mundial.

Estado de lactancia: La concentración de los componentes de la leche varía de acuerdo al estado de lactancia ya que la concentración de grasa y proteína se ve afectada negativamente por el volumen de leche excretado por la vaca. Por lo tanto, la proteína y la grasa se encuentran en menor concentración durante el pico de lactancia y aumentan gradualmente hasta llegar a su máximo al final de la lactancia. La lactosa se mantiene más o menos constante. Por lo tanto, el promedio de días en lactancia del hato determinara hasta cierto punto la concentración de los componentes de la leche (Wilson y cols., 1988). Hatos con un promedio de días en lactancia bajos tendrán una mayor producción de leche pero una menor concentración de sólidos (grasa y proteína).

Ordeño de mañana - tarde: La concentración de grasa en la leche es menor en el ordeño de la mañana que en el de la tarde (tabla 3). Esto esta

Componente	Mañana	Tarde	Tanque (am-pm)
Grasa %	3.75	3.97	3.85
Proteína %	3.25	3.25	3.25
Lactosa %	5.04	5.08	5.05

Adaptado de Barnes et al (1989)

Tabla 3. Variación en los componentes de la leche por hora de ordeño

relacionado con el mayor volumen de leche producido en la mañana (Barnes y cols.,1989). Es importante aclarar que la grasa no se secreta

uniformemente durante el ordeño sino que se acumula en la parte superior de la ubre y por lo tanto la concentración de grasa en la leche es muy baja al comienzo del ordeño y aumenta a medida que el ordeño avanza. En este sentido es muy importante que quede poca o nada de leche residual en la ubre pues esta es la más rica en grasa (tabla 4).

Periodo del ordeño	vaca 1	vaca 2	vaca 3
Primero	0.9	1.6	1.6
Segundo	2.6	3.2	3.2
Tercero	5.3	4.1	5.0
Cuarto	9.8	8.1	8.3

Tomado de Hotgson y Reed (1952)

Tabla 4. Variaciones en el contenido de grasa (%) de la leche durante el ordeño.

FACTORES NUTRICIONALES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE GRASA

La grasa en la leche es el factor que se puede modificar más fácilmente a través de la ración (Palmquist y cols. 1993) Las variaciones que se pueden lograr pueden llegar a ser de 2 o 3 unidades porcentuales (Bachman, 1992). La grasa de la leche esta constituida principalmente por triglicéridos (un glicerol + tres moléculas de ácidos grasos) que son sintetizados a partir de glicerol y ácidos grasos. Los ácidos grasos de cadena larga presentes en la grasa de la leche son absorbidos directamente del torrente sanguíneo y su origen puede ser dietario o de grasa corporal. Los ácidos grasos de cadena corta son sintetizados por la glándula mamaria a partir de Acetato y Betahidro-xibutirato . La principal fuente de estos precursores son el Acetato y el Butirato que se producen en el rumen por fermentación ruminal (acción microbiana sobre los nutrientes de la ración). Además de estos dos ácidos grasos volátiles, el rumen produce propionato que es el principal precursor de la lactosa de la leche.

La proporción de acetato, propionato y butirato en el rumen en gran medida determina el nivel de grasa en la leche. A una mayor proporción de acetato y butirato con relación a propionato, el porcentaje de grasa en leche aumentará. Hay un incremento lineal en el porcentaje de grasa en leche a medida que la relación molar entre acetato y propionato se incrementa hasta 2.2 por encima de la cual el

aumento de acetato, o, butirato no incrementa la grasa en la leche. La proporción de estos ácidos en el rumen esta influenciada por el pH del rumen (tabla 5). A mayor acidez, hay una mayor concentración de propionato y menor de acetato y por ende menos grasa en leche (Bachman, 1992). Desde este punto de vista todos aquellos factores que alteran esta proporción o el pH ruminal afectaran directamente el contenido de grasa en leche. Algunos de estos factores son:

traron que al reemplazar maiz molido por lactosa en el concentrado de vacas lecheras, se produjo un incremento en el porcentaje de grasa de 3.59 a 4.03, lo cual fue atribuido al incremento en la proporción molar de butirato en el rumen (Bowman y Huber,1967)

2) Fibra: La fibra es la parte tosca (leñosa) del forraje y esta constituida principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina. La fibra juega un papel

Forraje en la ración %	FDN %	Minutos de mascado	pH ruminal	Acet. mol	Prop. mol	Acet. / Prop
100	65	960	7.0	70	18	3.9
80	55	940	6.6	67	20	3.4
60	45	900	6.2	64	22	2.9
40	34	820	5.8	58	28	2.1
20	24	660	5.4	48	34	1.4
0	14	340	5.0	36	45	0.8

Adaptado de Bachman (1992).

Tabla 5. Efectos de las características de la dieta en la rumia, el pH y los A.G.V.

1) Carbohidratos no estructurales de la ración (CNE): Como carbohidratos se entienden azúcares y almidones (granos, harinas, concentrados). Yousef y cols (1970) en contraron que al suministrar una dieta alta en grano a vacas lecheras, el porcentaje de grasa en la leche disminuyó de 3.5 a 3.0 .En este sentido se puede decir que a medida que los CNE aumentan en la dieta el contenido graso de la leche disminuye debido a que reducen el pH ruminal. La melaza se considera un CNE, sin embargo no tiene los efectos negativos sobre el contenido graso de la leche que se podrían esperar de un CNE (Sutton, 1989) (tabla 6). Bowman y Huber (1967) encon-

importante en el mantenimiento del pH ruminal ya que estimula la rumia, la cual es imprescindible para la producción de saliva que es la sustancia que actúa como neutralizante a nivel de rumen evitando la reducción del pH debida a la producción de ácidos generados por los procesos de fermentación en el rumen. Los forrajes más toscos generan una mayor rumia y por lo tanto un mayor contenido de grasa en leche. Algunos autores sugieren un mínimo de 28% de fibra en detergente neutro (FDN), o, 18% de fibra en detergente ácido (FDA) para mantener un adecuado porcentaje de grasa en leche. Es importante aclarar que al aumentar el contenido de fibra en la ración puede afectar negativamente el consumo voluntario y por lo tanto reducir el nivel de producción de leche. Desde el punto de vista práctico se debe buscar una madurez del forraje adecuada para generar adecuada rumia sin sacrificar consumo voluntario (Bachman,1992).

	Melaza (% de la materia seca de la dieta)			
	0	16	32	48
Consumo Kg MS/día	14.20	16.70	18.90	19.50
Leche prod. Kg./día	21.80	24.30	25.00	22.50
Grasa (%)	4.14	4.00	4.21	4.48
Grasa, Kg /día	0.87	0.97	1.05	1.01
Proteína (%)	3.12	3.23	3.28	3.52
Proteína, Kg /día	0.65	0.79	0.82	0.79

Adaptado de Sutton (1989).

Tabla 6. Efecto de la sustitución de ensilaje de pasto por melaza en la ración de vacas lecheras.

3) Proteína: No tiene un efecto claro sobre la grasa en leche a menos que sea deficitaria (>7%) e impida una adecuada fermentación ruminal (Bachman, 1992)

4) **Grasa en la ración:** la adición de grasa en la ración (hasta 6%) se usa para incrementar el consumo de energía y con ello producir mayores volúmenes de leche (Bachman, 1992). Los efectos de la grasa en el contenido de grasa en leche son variables pero en general son negativos (Sutton, 1989, Palmsquit y cols, 1993) (Tabla 7). Las grasas insaturadas (aceites vegetales) reducen el nivel graso en la leche, mientras que las saturadas (aceite de palma, aceite de coco y grasas animales) lo pueden aumentar marginalmente. El efecto negativo de las grasas se debe al efecto negativo que tienen sobre la fermentación en el rumen como son: a) El recubrimiento físico que hacen las grasas sobre las partículas de fibra en el rumen impidiendo su degradación y b) la producción de algunos compuestos tóxicos para las bacterias en el proceso de hidrogenación que sufren las grasas insaturadas en el rumen (Bachman, 1992).

5) **Aditivos:** Se pueden usar en algunos productos para modificar el pH ruminal. Estos productos pueden ser alcalinizantes o neutralizantes. El propósito de estos aditivos es el de mantener un pH del rumen adecuado (6.0-7.0) que facilite la digestión de la fibra y una adecuada producción de ácidos grasos volátiles. Los principales aditivos usados en raciones lecheras son el bicarbonato de sodio y el óxido de magnesio (Bachman, 1992). El primero se usa hasta un 1.5 % de la MS de la ración (100-200 g/vaca al día) y el segundo hasta 0.6% de la MS de la ración (40-80 g/ vaca al día). Su uso debe limitarse a circunstancias donde se den altos niveles de silo, o, altos niveles de grano. En dietas con niveles adecuados de fibra la respuesta a estos aditivos en la grasa láctea será menor o nula.

FACTORES NUTRICIONALES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA EN LA LECHE

La proteína en leche puede ser afectada por cambios en la ración. Sin embargo, comparado con el impacto que puede tener la manipulación nutricional en el contenido graso este es mucho más bajo (0.6%) debido a que la variación natural en niveles de proteína en leche es menor (Bachman, 1992). Los factores nutricionales que afectan la proteína no han sido ampliamente estudiados porque hasta hace muy poco la concentración de proteína en leche no era un factor que determinara el precio de la leche y por lo tanto los resultados de experimentación eran reportados como sólidos totales y grasa (Sutton, 1989).

La proteína en leche se sintetiza a partir de amino ácidos. El perfil de amino ácidos de la proteína de la leche es constante. Esto implica que para poder sintetizar la proteína de la leche los diferentes amino ácidos que la conforman tienen que estar disponibles en el momento adecuado en la glándula mamaria. La ausencia de uno de ellos limitará la síntesis de proteína. De la misma manera la presencia limitada de uno de ellos (aa limitante) determina cuanta proteína se puede sintetizar. Por lo tanto, si la glándula mamaria no es abastecida con las cantidades de amino ácidos requeridos para la síntesis de proteína la habilidad genética de ésta para producir proteína será subutilizada (Bachman, 1992).

Existen 20 amino ácidos que conforman la proteína de la leche; de estos amino ácidos, la vaca puede producir 9 y los 11 restantes se consideran esenciales, es decir que deben ser absorbidos directamente del intestino. Los amino ácidos

Tipo de grasa	Suplemento M.S.	Leche Kg/día	Grasa en %	Proteína en %	Lactosa en %
Cebo hidrogenado	2.7	+2.3	-0.37	-0.16	-0.01
Aceite de Soya	2.7	+2.2	-0.86	-0.34	+0.06
Acidos grasos libres	3.4	+1.5	+0.10	-0.09	+0.04
Triglicérido	3.4	+1.8	-0.27	-0.24	+0.02
Triglicérido protegidos	4.7	+1.7	-0.40	-0.24	0.04

Adaptado de Sutton (1989).

Tabla 7. Respuesta de la suplementación de grasas en producción y calidad de la leche

esenciales provienen de dos fuentes en la vaca lechera: *a)* proteína microbiana que se produce en el rumen y *b)* proteína de la ración que no se fermenta en el rumen (proteína pasante). La presencia de estas fuentes de proteína en la cantidad y calidad adecuadas en el intestino garantizarán un adecuado flujo de amino ácidos para la síntesis de proteína en la leche (Orskov, 1982).

Proteína microbiana: La proteína de origen microbiana se origina del crecimiento de estos organismos en el rumen. Las bacterias del rumen sintetizan amino ácidos durante su crecimiento. La proteína microbiana provee la mayor proporción de amino ácidos usados por la vaca para crecimiento y lactancia. Por lo tanto, los factores nutricionales que influyen la adecuada fermentación en el rumen y el crecimiento microbiano afectarán el contenido de proteína en la leche.

Proteína pasante: Es la proteína de la ración que no se degrada en el rumen por la acción de los microorganismos y por lo tanto pasa directamente al intestino donde es utilizada por el animal. En vacas de alta producción el aporte de amino ácidos de esta proteína es indispensable para una adecuada síntesis de proteína por la glándula mamaria. Se considera que debe ser cerca del 35% de la proteína de la ración. La calidad (composición de amino ácidos y digestibilidad) es indispensable para un adecuado aporte de amino ácidos a la glándula mamaria. En condiciones de pastoreo se ha sugerido que el aporte de metionina y lisina, dos amino ácidos esenciales, es indispensable para mejorar la producción y calidad de la leche (Donkin y cols., 1989, Schawab y cols., 1992a, Schawab y cols., 1992b, Algarra y Mejia, 1996) Existen diferentes fuentes de proteína pasante como son: *a)* parte de la proteína del forraje, *b)* tortas vegetales (soya, algodón) y *c)* proteína de origen animal (harina de pescado, de sangre, de carne). De estas fuentes, la harina de pescado tiene un perfil de amino ácidos adecuado y un alto valor pasante (70%).

Algunos de los factores nutricionales que influyen en la producción de proteína en la leche son:

1) Consumo de energía: El consumo de energía es el primer factor que afecta la producción de proteína en la leche. A medida que el consumo de energía proveniente de carbohidratos (no de grasa) aumenta, la producción de leche y de

proteína se incrementa. El consumo de energía depende del consumo de MS y de la densidad energética de la ración (Bachman, 1992). En sistemas de pastoreo como el nuestro, un adecuado consumo de MS se asegura con una adecuada oferta forrajera de buena calidad y una adecuada suplementación de grano que complementa las deficiencias del forraje. Esto es: *a)* un buen manejo de la cuerda (abundante forraje para los animales), *b)* un forraje de buena calidad (no maduro) y *c)* un complemento alimenticio adecuadamente diseñado. Es importante que la suplementación de grano no afecte negativamente el consumo voluntario, la función ruminal y por lo tanto la síntesis de grasa (ej: excesos de grano o concentrado).

2) Carbohidratos no estructurales: Los carbohidratos no estructurales son importantes para un adecuado crecimiento microbiano. Las recomendaciones de inclusión mínima son del 30% y algunos autores sugieren que las óptimas inclusiones estarían entre el 38 al 40% para garantizar un adecuado crecimiento microbiano. Mayores inclusiones generalmente ocasionan acidosis ruminales que deprimen la grasa, el consumo voluntario y la producción de leche (Bachman, 1992). Yousef y Huber (1970) encontraron incrementos en el porcentaje de proteína láctea, mediante el suministro de una dieta alta en grano a vacas lecheras. El uso de melaza parece disminuir los riesgos asociados con altas inclusiones de CNE (Sutton, 1989) (tabla 6). Los Ryegrass de la sabana generalmente tienen un contenido de CNE entre 20 y 25% mientras el contenido de los mismos en Kikuyo es inferior al 20%.

3) Proteína: Como se mencionó anteriormente el nivel y calidad de proteína pasante son indispensables para un adecuado aporte de amino ácidos a la glándula mamaria. Además, el nivel de proteína degradable debe ser adecuado para un óptimo crecimiento microbiano (Bachman, 1992, Sutton, 1989). Un aporte de 12% de proteína degradable en la ración debe ser más que suficiente para garantizar un adecuado crecimiento microbiano. En los sistemas de pastoreo de la Sabana de Bogotá, el forraje generalmente aporta suficiente proteína degradable con algunas excepciones como son pastos (Kikuyos) muy maduros y con baja fertilización nitrogenada.

4) Grasa: La inclusión de grasa en la ración generalmente trae efectos negativos en la concentración de proteína en la leche (0.1-0.3%). Las causas de este efecto negativo han sido atribuidas a una reducción en el crecimiento microbial en el rumen y un posible efecto negativo en el transporte de amino ácidos a nivel de glándula mamaria. Sin embargo, la grasa generalmente tiene efectos positivos en la cantidad de leche producida. Se recomienda no sobrepasar el 5% de la ración (Bachman, 1992)(Tabla 7).

COMENTARIOS FINALES:

Los factores genéticos y nutricionales son las herramientas que tiene el ganadero para mejorar la concentración de sólidos en la leche. La primera es una herramienta de mediano plazo mientras la segunda es de corto plazo. El mejoramiento genético debe ser orientado a mejorar sólidos (principalmente proteína) y producción total de leche. No se debe olvidar este último parámetro pues seguirá determinando en gran medida el ingreso de la explotación ganadera.

Las raciones deben incluir un nivel adecuado de fibra para garantizar una adecuada rumia y por lo tanto un buen nivel de grasa en leche. El nivel de fibra no debe reducir el consumo voluntario pues reduciría la producción de leche. Hay diferentes opciones de manejo para garantizar un adecuado nivel de fibra en la ración como son: a) madurez del forraje a mayor madurez más fibra, b) suplementos fibrosos pajas, henos tropicales (Angleton), cascarilla de algodón, palmiste, inclusión de 1 a 2 Kg. por vaca/día.

Las raciones deben incluir un adecuado nivel de carbohidratos no estructurales para garantizar un adecuado crecimiento microbial y por lo tanto un buen nivel de proteína en leche. Algunas opciones de manejo son: a) uso de forrajes de buena calidad (no maduros), b) suplementos energéticos – granos, melaza, papa, yuca.

Las raciones deben incluir un adecuado nivel de proteína pasante para garantizar un adecuado flujo de amino ácidos a la glándula mamaria para la síntesis de proteína en leche. **RMVZ**

Bibliografía

- Algarra O. y Mejia P. Suplementación con metionina protegida y su efecto en la calidad y cantidad de producción de leche en vacas de alto potencial lechero de la Sabana de Bogotá. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. 42 p. 1996.
- Bachman K. C. Managing milk composition. En: Large dairy herd management. Eds. Van Horn H.H. and C.J. Wilcox, American Dairy Science Association, Champaign, IL. 336 pp, 1992.
- Barnes M.A. Pearson R.E. Lee K.L. and Lukes A.J. Factors contributing to variation in reported milk component percentage in Holstein and Jersey milk. J. Dairy Science. 72: 1596 – 1604, 1989.
- Bowman R.L. and Huber J.T. Effect of dietary lactose on milk composition and rumen volatile fatty acids. J. Dairy Science 50 :579-581, 1967.
- Donkin S.S. Varga G.A. and Sweeney T.F. Muller L.D. Rumen Protected Methionine and Lysine: Effects on animal performance, milk protein yield, and physiological measures. J. Dairy Science 72 : 1484 – 1491, 1989.
- Dremel R. Yom H. and Bleck G.T. Alteration of milk composition using molecular genetics J. Dairy Science 72: 2826 – 2833, 1989.
- Gibson J.P. Altering milk composition through genetic selection. J. Dairy Science 72: 2815 – 2825, 1989.
- Hotgson H.E. y Reed O.E. Manual de lechería para América Tropical. U.S. Government Printing office Washington, 192pp, 1952.
- Keller D.S. and Allaire F.R. Milk component yields versus concentration as selection criteria to improve milk revenue. J. Dairy Science. 72: 3259 – 3263, 1989.
- Orskov O.R. Protein Nutrition in Ruminants , Academic Press, London, pp. 107-134, 1982.
- Palmquist, D.L. Denise Bealieu A. and Barbano D.M. Feed and animal factors influencing milk fat composition. J. Dairy Science. 76: 1753 – 1771, 1993
- Schawab C.G. Bozak C.K. Whitehouse N.L. and Mesbah. M.M.A. Amino acid limitation and flow to duodenum at four stages of lactation. 1. Sequence of Lysine and Methionine limitation. J. Dairy Science 75: 3487 – 3502, 1992a.
- Schawab C.G. Bozak C.K. Whitehouse N.L. and Olson V.M. Amino acid limitation and flow to duodenum at four stages of lactation. 2. Extent of Lysine limitation. J. Dairy Science. 75: 3503 – 3518, 1992b.
- Sutton, D.J. Altering milk composition by feeding. J. Dairy Science. 72: 2801 – 2814, 1989.
- Wilson G.F. Mackenzie D.D.S. and Brookes I.M. Importance of body tissues as sources of nutrients for milk synthesis in the cow using ¹³C as marker. British Journal of Nutrition 60 : 605-617, 1988.
- Yousef I.M. Huber J.T. and Emery R.S. Milk protein synthesis as affected by high-grain , low-fiber rations. J. Dairy Science. 53 :734-739, 1970