

GRASA DE LA LECHE
COMPOSICION DE LA LECHE

MFO 13586

NUTRICIÓN



**POR QUÉ CAMBIAN LOS
COMPONENTES DE LA LECHE:
EL CASO DE LA GRASA**

Juan Manuel Cerón A.
Zootecnista
Especialista en Producción Animal.
Nutricionista de Asistencia Técnica COLANTA.
juanca@colanta.com.co



Resumen

El porcentaje de grasa es el componente lácteo más variable y el que más cambios sufre por efecto genético, fisiológico y nutricional. La concentración de ácidos grasos volátiles (propionato, butirato y acetato) producidos en el rumen son responsables de la variación en el contenido de grasa en la leche. Esta concentración difiere según sea la composición de la dieta

Investigaciones recientes han demostrado que los ácidos grasos tipo trans $C_{18:1}$ sintetizados en el rumen, son el principal factor que causa el síndrome de baja producción de grasa láctea.

Los factores nutricionales que pueden afectar directa o indirectamente el contenido de grasa en la leche están asociados, entre otros, a la cantidad y tipo de fibra del alimento, la relación entre la cantidad de forraje y de alimento concentrado consumido, al tamaño de las partículas del forraje, a la suplementación con grasas, a la frecuencia en la cual se suministre al alimento concentrado y al uso de sustancias que tengan efecto en el pH ruminal.

Summary

The milk fat percentage is the one most changeable because of genetic, physiological and nutritional effects. The volatile fatty acids (*Propionate*, *Butirate* and *acetate*), as a result of the rumen production, are responsible for the fat content variation, and their concentration also vary according to the diet composition.

Recent investigations have demonstrated that the type *Trans C_{18:1}* fatty acids, synthesized in the rumen, are the main factor causing the syndrome of low milk fat production.

Some nutritional factors can directly or indirectly affect the content of fat in milk, and they are associated with the fibre quantity and type, the relation between the quantity of grass and that of concentrated food, the grass particles size, the fat supplement, the frequency for concentrated food supply, and the use of some substances that could affect the rumen's p.H., among other things.

Variación en la concentración de grasa en la leche



INTRODUCCIÓN

La composición de la leche está influenciada por un amplio grupo de factores que, en forma individual o conjunta, determinan el volumen y la participación porcentual de cada componente.

De todos estos componentes de la leche, el porcentaje de grasa es el más variable y el que más cambios sufre por efecto genético, fisiológico y nutricional.

Es normal encontrar en las ganaderías especializadas y de doble propósito, variación a lo largo del año en el porcentaje de grasa en la leche, lo cual tiene efectos económicos por la bonificación que la industria otorga a ésta y a la vez es una medida para determinar en parte, las características nutricionales del alimento consumido por las vacas.

Conocer las causas por las cuales varía el contenido de grasa en la leche es útil para ajustar la ración alimenticia y para optimizar la producción de este componente.

La importancia de la alimentación y su efecto sobre el contenido de grasa en la leche se conoce por más de 100 años. Desde 1950 se le atribuyó a los ácidos grasos volátiles producidos en el rumen, la responsabilidad de la variación en el contenido de grasa en la leche (7).

La glándula mamaria realiza síntesis de novo de ácidos grasos a partir de acetato y betahidroxibutirato que son absorbidos de la sangre. La principal fuente de estos precursores (acetato, betahidroxibutirato) son el acetato y el butirato que se produce en el rumen por fermentación ruminal (acción microbiana sobre los nutrientes de la ración). Adicional a esto, el rumen produce propionato (2). Aproximadamente la mitad de la grasa encontrada en la leche proviene del ácido acético y en segundo lugar, del ácido butírico (5).

El propionato por su parte, es el principal precursor para la síntesis de la lactosa de la leche, y es un precursor importante para la producción de ácido láctico y glucosa; esto estimula la producción de insulina, la cual reduce la liberación de ácidos grasos del tejido adiposo y evita que éstos sean usados para la síntesis de grasa en las células de la glándula mamaria (1).

Los ácidos grasos volátiles, acético y butírico, son producidos en el rumen a partir de la digestión de carbohidratos fibrosos (fibra), realizada principalmente por bacterias celulolíticas. El propiónico es producido en mayor proporción a partir de carbohidratos no fibrosos por bacterias amilolíticas (7).

La concentración de propionato, butirato y acetato en el rumen, determina en gran medida el nivel de grasa en ésta. A una mayor proporción de acetato y butirato con relación al propionato, aumentará el porcentaje de grasa en la leche. Así pues, hay un incremento lineal en el porcentaje de grasa en la leche a medida que la relación molar entre acetato y propionato se incrementa hasta 2.2 por encima de lo cual el incremento de acetato o butirato no aumenta la grasa en la leche (2).



La producción ruminal de los ácidos grasos volátiles (AGV) como producto de la fermentación, difiere según sea la composición de la dieta porque los distintos microbios tienen mayores afinidades y preferencias para digerir carbohidratos específicos (7).

Las dietas basadas en forraje son ricas en celulosa, con un contenido intermedio de azúcares solubles y pobres en almidón. Aquí se favorece la acción y crecimiento de las bacterias celulolíticas que aumentan la proporción molar de ácido acético sobre el propiónico, con el consecuente incremento porcentual de grasa en la leche (1, 2, 7).

La utilización de alimentos concentrados altos en granos, o el uso de forrajes de partícula fina, producen un aumento en la proporción molar de propionato, afectando la relación acetato

propionato en el rumen y produciendo consecuentemente una disminución en el contenido de grasa en la leche (1).

Recientes estudios sugieren un mecanismo diferente que explica la depresión en el contenido de grasa en la leche. Los investigadores Wonsil y Wu, citados por Campabadal (1), encontraron que la producción de ácidos grasos tipo *trans* C_{18:1} eran los responsables de la disminución en el porcentaje de grasa cuando las vacas consumían dietas altas en granos y aceites y reportaron que existe una correlación negativa significativa (-0.53) entre el contenido de grasa en la leche y el total de ácidos grasos *trans*.

También establecieron que la producción en el rumen de estos ácidos grasos de tipo *trans*, son el principal factor que causa el síndrome de

baja producción de grasa y que la cantidad de concentrado en la dieta, el pH del rumen y la fuente de grasa dietética, son factores importantes que afectan la acumulación de estos ácidos grasos en el rumen.

Además establecieron que estos ácidos grasos se absorben en el duodeno y son incorporados a la leche, afectando la síntesis de ácidos grasos de cadena corta (<16 C) en la glándula mamaria, causando una reducción en el porcentaje de grasa en la leche. Estos autores concluyen que la depresión de grasa en la leche no está relacionada con cambios en los patrones ruminales de producción de ácidos grasos volátiles, sino con la utilización de dietas altas en granos que resultan en un aumento en la producción de ácidos grasos tipo *trans*.

También demostraron que el nivel de forraje en la dieta, la utilización de sustancias neutralizantes (buffers) y la fuente de grasa, afectan la llegada de ácidos grasos tipo *trans* al duodeno, disminuyendo los valores presentes en la leche y por ende se incrementa el porcentaje de grasa (1).

Factores nutricionales de la grasa

En general existe una gran variedad de factores nutricionales que pueden afectar directa o indirectamente el contenido de grasa en la leche. Algunos de estos factores son:

Cantidad y tipo de fibra

La fibra es la parte tosca (leñosa) del forraje y está constituida principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina (2).

El factor nutricional que más afecta el contenido de grasa en la leche, es una cantidad baja de material fibroso en relación con la cantidad de carbohidratos fermentables en la dieta. Esta situación produce una reducción en la producción microbiana de ácido acético y butírico, y un aumento en la de ácido propiónico (1).

El consumo de fibra tiene varios efectos en los rumiantes; estimula la secreción de saliva que es el sustrato principal para las bacterias celulolíticas que producen ácido acético y butírico y aumenta la duración e intensidad de la rumia. Por su parte el aumento en la cantidad de saliva aporta tampones y diluyentes en el contenido de rumen, regulando así el pH ruminal (6, 7).

El estímulo para la producción de saliva está directamente relacionado con la presencia de fibra efectiva (ver tabla 1). Esta efectividad depende del tamaño de sus partículas, digestibilidad y densidad e hidratación, entre otros factores (2).

Tabla 1.
Efecto de la ración en la producción de saliva y la tasa de consumo

Alimento	Tasa de consumo (g. alimento/min.)	Producción de Saliva (ml./min.)	(ml./mg. De alim.)
Ración peltizada	37	243	0.68
Pasto fresco	283	266	0.94
Ensilaje	248	280	1.13
Pasto deshidratado	8	270	3.25
Heno	70	254	3.63

Adaptado de NRC 2001.

Fibras muy finamente picadas no tienen efecto sobre la producción de saliva. Dietas forrajeras con tamaño de partícula inferior a 3 milímetros resultaron en una depresión en la producción de grasa en la leche, disminución en el pH ruminal y en el tiempo de retención del alimento en el rumen (6).

De este modo, el rango de pH óptimo para una máxima digestión de la fibra es entre 6.2 y 7.0 que corresponde a dietas que contienen desde un 60 hasta un 100% de material fibroso con relación a la cantidad de alimento concentrado (1,7).

La cantidad total de fibra se puede cuantificar por el sistema propuesto por Van Soest identificando las cantidades aportadas de fibra en Detergente Neutro FDN y fibra en

Detergente Ácido FDA. La fracción de FDN es la responsable de intensificar la rumia y la motilidad del rumen (7).

Es importante aclarar que la concentración de FDN está inversamente relacionada con el pH ruminal, porque su presencia estimula la producción de sustancias buffer y su fermentación generalmente es menor a la de los carbohidratos no fibrosos, por lo cual tiene una menor producción de ácidos en el rumen (6).

En consecuencia, el porcentaje de componentes fibrosos de la ración tiene un efecto sobre la producción de saliva, el pH del rumen, el tiempo de rumia y la producción de ácidos grasos volátiles, tal como se muestra en la tabla 2 (1).

Tabla 2.
Fracciones de fibra y su relación con la rumia, producción de saliva y pH del rumen

Fracciones de Fibra (% M.S.)			Masticado (min./día)	Pdn. Saliva (Lt./día)	Rumen (pH)
FDN	FDA	Fibra Cruda			
65	41	34	960	239	7.0
55	34	28	940	234	6.6
45	27	22	900	230	6.2
34	20	16	820	216	5.8
24	13	10	660	198	5.4
14	6	5	340	156	5.0

Adaptado de Campabadal 1999.

National Research Council, NRC, recomienda para dietas de vacas lactantes un mínimo de 25% de FDN en la ración y que como mínimo el 81% de ésta sea aportada por forrajes.

La FDN contenida en alimentos no forrajeros, es significativamente menos efectiva para mantener las concentraciones de grasa en la leche que la FDN proveniente de forrajes (6), mientras que un incremento en el porcentaje de componentes fibrosos en la ración produce un pH ruminal óptimo para máxima digestión de la celulosa, mayor producción de saliva y mayor

actividad de masticado, conduciendo a una mejor relación de las proporciones molares de ácidos grasos volátiles y beneficiando el porcentaje de grasa en la leche (ver tabla 3).

El consumo de dietas que contengan bajas cantidades de FDN o con poca efectividad, pueden causar desde una pequeña hasta una severa depresión en el porcentaje de grasa en la leche, producto de una relación más estrecha acetato-propionato (1).

Tabla 3.
Fracciones de fibra en la dieta y su relación con la producción de ácidos grasos volátiles

Fracciones de Fibra (% M.S.)		Ácidos Grasos Volátiles (% molar)		
FDN	FDA	Acético	Propiónico	Relación
5	41	70	18	3.90
55	34	67	20	3.40
45	27	64	22	.90
34	20	58	28	2.10
24	13	48	34	1.40
14	6	36	45	0.80

Adaptado de Campabadal, 1999

Es importante conocer el contenido de FDN y FDA en forrajes, henos, ensilaje y subproductos agrícolas utilizados para la alimentación de las vacas, pues el contenido de estas fracciones en forrajes tradicionales y subproductos es muy variable y están afectadas por factores como la especie vegetal y el estado de madurez (1, 5, 6, 7).

Relación forraje-concentrado

Cuando se incluyen en la dieta pequeñas cantidades de alimentos concentrados, la formación de ácido acético es predominante (60 a 70% del total), con un porcentaje menor de ácido propiónico (15 a 20%) y butírico (5 a 15%) tal como se muestra en la tabla 4. Las vacas que están rumiando de 5 a 8 horas al día, producen grandes cantidades de saliva, lo cual ayuda a mantener un pH neutro en el rumen y una población bacteriana que se adapta bien a la digestión de celulosa.

Tabla 4.
Efecto de la relación entre forraje y concentrado en la producción de ácidos grasos volátiles

Consumo de M.S.		Acidos Grasos Volátiles (% molar)		
% Forraje	% Concentrado	Acético	Propiónico	Relación
100	0	70	18	3.90
80	20	67	20	3.40
60	40	64	22	2.90
40	60	58	28	2.10
20	80	48	34	1.40
0	100	36	45	0.80

Adaptado de Campabadal, 1999

En este caso el suministro de ácido acético puede ser adecuado para llevar al máximo la producción de grasa en la leche. Sin embargo, un suministro limitado de ácido propiónico puede restringir la síntesis de glucosa y por tanto, la síntesis total de proteína y de leche por día (5).

Cuando se le agregan concentrados a la dieta, los carbohidratos fibrosos se reemplazan por carbohidratos no estructurales que se digieren más rápido y completo. Como resultado, la producción total de AGV aumenta la relación entre los ácidos acético y propiónico. La fermentación de los carbohidratos no estructurales (almidones y azúcares sencillos) típicamente lleva a un porcentaje más bajo de ácido acético y a un porcentaje más alto de ácido propiónico. Así, la adición de una pequeña cantidad de concentrados a la dieta, cuando se compone sólo de forrajes, puede mejorar considerablemente la producción de leche. Esto se debe al incremento de precursores de leche, especialmente la glucosa, sin un efecto adverso en el suministro de ácido acético para la glándula mamaria y así, el porcentaje de grasa en la leche no se ve afectado (2, 5).

Cuando se le agregan grandes cantidades de concentrado a la dieta, el nivel de ácido acético puede reducirse a 40%, mientras que el contenido de ácido propiónico puede subir hasta 40%. Las relaciones molares de los ácidos grasos volátiles son menores a 2.10, y así el ácido acético puede ser relativamente insuficiente. Con estas características, la falta de ácido acético genera una depresión en la concentración de grasa en la leche y la producción total de grasa (1, 5).

El exceso de concentrados en la dieta puede suspender completamente la actividad ruminal. Cuando la relación forraje-concentrado es menor a 60-40, se afecta la producción de saliva que actúa como neutralizador (buffer) y la falta de un amortiguador en el rumen lleva a una reducción adicional del pH (aumento de acidez). La digestión de la celulosa disminuye porque las bacterias que digieren las celulosas son sensibles a un pH ruminal bajo. Sin embargo, las bacterias que producen ácido láctico, que es un ácido fuerte, resultan predominantes. Este aumento de acidez en el rumen resulta en una baja eficiencia del crecimiento bacteriano y desórdenes en el apetito de la vaca (ver tabla 5). La exposición durante largo plazo a esta condición, lleva a problemas podales o laminitis (1, 2, 5).

Tabla 5.
Relación entre el consumo de forraje y concentrado y su efecto en el pH del rumen

Consumo de M.S.		Rumen
% Forraje	% Concentrado	PH
100	0	7.0
80	20	6.6
60	40	6.2
40	60	5.8
20	80	5.4
0	100	5.0

Adaptado de Campabadal, 1999

En base a materia seca, la relación mínima entre el forraje-concentrado debe ser de 40-60. Aunque esta sirve sólo de guía, pues hay otros factores dietéticos que pueden afectar la fermentación ruminal y decrecer la relación acetato-propionato (2).

Tamaño de partículas del forraje

La utilización de forraje molido finamente, resulta en una fermentación que favorece la producción de ácido propiónico y consecuentemente en la reducción del porcentaje de grasa en la leche. A su vez, las partículas muy finas de forraje no favorecen un proceso adecuado de rumia, debido a que no realizan la acción de fibra efectiva, lo que resulta en una producción baja de saliva (1, 6).

Un tamaño medio de partícula de 62 mm o mayor, es necesario para mantener el porcentaje molar de ácido propiónico en el rumen, menor a 25% y el porcentaje de grasa mayor a 3.6%. Las partículas con tamaños de 12.7 mm o mayores y un 25% de ellas con una longitud mayor de 25.4 mm, son la mejor recomendación para mantener un porcentaje óptimo de grasa en la leche (1).

El molido muy fino de los granos (<1/8") y la peletización de los mismos, son factores que influyen negativamente en el porcentaje de grasa en la leche (6).

Suplementación con grasas

La adición de grasa en niveles de 5 a 6% de la dieta para aumentar el consumo de energía y la producción de leche, tiene un efecto variable en el porcentaje de grasa en ésta pero en general los efectos son negativos. El tipo y la cantidad de grasa son los dos factores más importantes que afectan esta respuesta (1, 2, 3).

El uso de grasas saturadas aumenta marginalmente el contenido de grasa en la leche, mientras que grasas insaturadas y grandes cantidades de grasas causan una disminución hasta de 1% en el porcentaje de dicha grasa, aunque la producción de grasa total se mantiene constante o puede aumentar (1).

El efecto de las grasas en la reducción en el porcentaje de grasa en la leche se da por un efecto negativo en la fermentación ruminal y la producción de ácidos grasos de configuración trans (1, 2, 3).



El uso de grasas en la ración puede producir ciertos efectos negativos sobre los procesos de fermentación ruminal. Entre otros se pueden señalar la disminución en la síntesis de novo de lípidos, la inhibición de la flora celulolítica y la disminución de la digestión de la proteína. El efecto inhibitorio es más marcado cuando se usan grasas insaturadas en vez de grasas saturadas, llegando hasta en un 95% los efectos inhibitorios sobre la fermentación por el punto de fusión de la grasa utilizada.

Se ha observado una reducción en la fermentación ruminal originando una baja digestibilidad de las fuentes energéticas no lipídicas que puede alcanzar hasta un 50%, cuando se agrega 10% de grasa a la ración (3).

Los ácidos grasos no constituyen una fuente energética para los microorganismos del rumen, ya que éstos hidrogenan del 60 al 90% de los enlaces insaturados, formando ácidos grasos completamente saturados o ácidos grasos monoinsaturados de configuración *trans* (7).

En el rumen, las grasas inducen a la formación de jabones con cationes divalentes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , etc) disminuyendo la utilización de los mismos para el crecimiento de las bacterias ruminales y para la vaca. Una disminución en la disponibilidad de Mg^{2+} altera la formación de algunas enzimas que son celulolíticas (Durand y Komisarczuk, 1988 citados por Ceballos (3)).

No todas las bacterias del rumen son afectadas de la misma forma; el efecto tóxico es mayor sobre bacterias celulolíticas y metanogénicas, que sobre bacterias amilolíticas. En general las bacterias gram + son más sensibles que las gram -. La población de protozoos también se ve afectada por la acumulación de ácidos grasos poliinsaturados en el rumen. El efecto neto es una disminución en la fermentación de la fibra, en la relación acetato-propionato y en la producción de grasa en la leche (3).

Las grasas cubren físicamente las partículas de fibra disminuyendo la adherencia de las bacterias a la celulosa; en consecuencia disminuyen la digestión de la fibra y la producción de acetato (1, 2, 3, 5).

El uso de grasas protegidas o con un alto punto de fusión permite que el efecto sobre las condiciones ruminales sea menor, aunque la grasa no sea totalmente inerte (3).

La utilización de grasas protegidas, constituye una buena oportunidad para modificar la composición de ácidos grasos de la leche con el objeto de favorecer una mayor proporción de ácidos C 18:0 y C 18:1 con respecto al C 16:0, lo que contribuye a producir una leche más sana para la alimentación humana desde el punto de vista médico. Los ácidos grasos presentes en esas grasas contribuyen a la síntesis de triglicéridos de la leche. Entre un 20 a un 40% de los ácidos grasos poliinsaturados presentes en los lípidos protegidos y suplementados al ganado, son transferidos a la leche (1, 3).



La adición de aceites tiene un efecto en la producción de ácidos grasos tipo *trans* y estos causan una depresión en el porcentaje de grasa en la leche (1, 3, 5, 7).

Los ácidos grasos en el rumen son convertidos a formas *trans* que son más estables e hidrogenados con mayor dificultad, lo que permite que haya más acumulación de estas formas que las *cis*. Los ácidos grasos insaturados *trans*, tienen un punto de fusión más alto que los *cis* y son transferidos y absorbidos por el animal en la misma forma, lo cual lleva a una mayor participación de éstos en la grasa de la leche de vacas, a que sea más dura y a que tenga un punto de fusión superior al de otras especies (3, 7).

No obstante, la síntesis de grasa en la glándula mamaria se disminuye fuertemente con la presencia de altas cantidades de ácidos grasos de configuración *trans* (1, 3). Los ácidos grasos tipo *trans* no son deseables en la grasa de la leche (3).

El paso de *trans* C_{18:1} a C_{18:0} depende en gran medida de factores como un líquido ruminal libre de células y partículas de alimento, lo que acelera el proceso; pero se inhibe por la presencia de gran cantidad de ácido linoléico y con la presencia de partículas de granos provenientes de la dieta.

La utilización de una cantidad elevada de ácido linoléico libre en la dieta, hace que se forme una mayor cantidad de ácido *trans*-11 octadecenoico y en menor proporción C_{18:0}, lo que sugiere una inhibición en la última etapa de la hidrogenación y pone de manifiesto que el uso de ácidos grasos poliinsaturados inhibe la función microbiana (3).

La utilización de semillas de oleaginosas enteras, trituradas o grasas protegidas, evitan la depresión en el porcentaje de grasa en la leche y en la mayoría de los casos aumentan su valor. Esto se debe a que evitan la interacción con los microorganismos ruminales. La soya integral tostada incrementa el porcentaje de grasa en la leche en 0.17 unidades; mientras que la extruída lo disminuye en 0.09 unidades (1).

La utilización de grasas con un punto de fusión alto e hidrogenadas, tiene un efecto negativo menor sobre el consumo de alimentos, la fermentación ruminal y el contenido de grasa en la leche (ver tabla 6) (3).

Tabla 6.
Repuesta de la suplementación de grasas en la producción y calidad de leche.

Tipo de grasa	Cantidad (% M.S.)	Pdn. Leche (kg./ día)	Composición de la leche (%)		
			Grasa	Proteína	Lactosa
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
Tiglicéridos	3.4	+1.8	-0.27	-0.24	+0.02
Triglicéridos protegidos	4.7	+1.7	-0.40	-0.24	+0.04

Adaptado de Sutton, 1988 y citado por Carulla, J., 1997

Proteína en la dieta

La variación de la proteína de la dieta en rangos normales, o las fuentes de proteína utilizadas, no afectan el porcentaje de grasa en la leche; sin embargo, una cantidad insuficiente de proteína degradable en el rumen, puede resultar en una reducción de la producción de grasa, cuando la concentración de amonio ruminal no es suficiente para estimular el crecimiento de los microorganismos que digieren la fibra (1).

Valores de proteína en la ración superiores al 7% no ejercen efecto sobre la grasa de la leche. Valores inferiores al 7% disminuyen la producción de microorganismos ruminales y consecuentemente la grasa de la leche (2).

Uso de aditivos en la dieta

Se pueden usar algunos productos para manipular el pH ruminal. Estos aditivos pueden ser alcalinizantes, que aumentan el pH ruminal, o neutralizantes que ayudan a mantener estable el pH (1, 5, 7). El propósito de estos aditivos es el de mantener un pH del rumen adecuado (6-7), que facilite la digestión de la fibra y una adecuada producción de ácidos grasos volátiles (2).

El bicarbonato de sodio ha sido utilizado con éxito para mantener o aumentar el porcentaje de grasa en la leche, especialmente cuando se utiliza ensilaje de maíz como fuente principal de forraje. Efectos poco consistentes o marginales se han observado cuando se utilizan ensilajes

de pastos, leguminosas, heno o cascarilla de algodón en la dieta (1).

El mayor efecto del bicarbonato se da al inicio de la lactancia. El nivel de suplementación es de 0.75% de la ración total en base seca, o de 1 a 2% en el alimento balanceado. Se requiere que la vaca reciba de 140 a 180 g./día de este producto (1, 2).

En ciertas ocasiones, el uso de bicarbonato de sodio no ayuda a controlar la disminución de grasa en la leche. Esto se debe a que la cantidad de alimento concentrado que se le suministra a las vacas es muy alto para una sola comida, por lo que el bicarbonato ayuda a neutralizar el pH en el momento que llega al rumen, pero pierde su efecto conforme se van fermentando los carbohidratos no estructurales que causan una disminución en el pH del rumen. La anterior situación es común cuando los alimentos balanceados son altos en carbohidratos no estructurales (>50%) y cuando se suministran en cantidades mayores a 3 kg. por comida (1).

El óxido de magnesio es un agente alcalinizante que ha demostrado producir un efecto positivo sobre la producción de leche y el porcentaje de grasa. El efecto de este producto se debe a un aumento en la transferencia de los lípidos sanguíneos a la glándula mamaria. La suplementación normal del producto es de 0.6% de la materia seca o 50 a 100 g/vaca/día (1, 2).

Así pues, la combinación de 2 partes de bicarbonato y una parte de óxido de magnesio es más efectiva que cada uno en forma separada (1).

Otro aditivo que influye en el porcentaje de grasa en la leche es el hidróxido análogo de la metionina (MHA). Este producto incluido en dietas altas en energía, aumenta el porcentaje de grasa en la leche. El mayor efecto se produce al inicio de la lactancia. El nivel de MHA utilizado es de 25 g./vaca/día durante los primeros 120 días de lactancia. Estudios han demostrado que este valor produce un aumento en la grasa de la leche en 0.35%

unidades. El compuesto tiene la desventaja que no es muy palatable y su respuesta varía según el tipo de forraje utilizado.

Existen varios factores que influyen la respuesta al MHA y son la etapa de lactancia (menor a 100 días postparto), producción de leche (>22 kg), nivel de metionina en la dieta (0.15% en base a materia seca o 25 a 30 g/vaca/día), dietas altas en concentrados (> 50% de la ración total en materia seca) y concentraciones bajas de proteína dietética (< 15%) (Hutjens, 1994 citado por Campabadal (1)).

El modo de acción de la MHA incluye la síntesis de lipoproteínas, aumento en la digestión de la celulosa, incremento en el número de protozoarios y relación acetato-propionato.

El uso de ionóforos como la monensina sódica puede disminuir el porcentaje de grasa en la leche, pues con ello se reducen los microorganismos ruminales que producen el ácido acético, favoreciendo la formación de ácido propiónico y disminuyendo la relación acetato-propionato. También evita el transporte de la lipoproteína lipasa, enzima que en su ausencia reduce la incorporación en la leche de los ácidos grasos transportados como lipoproteínas. Sin embargo, como favorece el aumento significativo en la producción de leche, los kilogramos de grasa tienden a aumentar (1).

Existen otros productos como los cultivos de levaduras, que intervienen en la estabilización del ambiente ruminal, especialmente en el período de transición (2 semanas preparto a 4 semanas postparto), cuando se pasa de una dieta baja en energía a una alta. El efecto sobre los componentes de la leche es muy variable. El uso de *Aspergillus Oryzae* como aditivo, ha producido efectos también muy variables. El efecto sobre el porcentaje de grasa en la leche, es el resultado de su modo de acción, ya que aumenta en el rumen el número de bacterias celulolíticas, cambia los patrones de fermentación de los ácidos grasos volátiles y estabiliza el pH ruminal (1).

Frecuencia de suplementación con alimentos concentrados

La frecuencia de suplementación con alimentos concentrados puede causar un efecto en el porcentaje de grasa en la leche (1, 3, 4).

La tasa a la que se producen los ácidos en el rumen determina el perfil del cambio del pH de éste. Cuando el concentrado se ofrece dos veces al día, la acidez máxima (pH mínimo) se logra 2 a 3 horas después de la alimentación; sin embargo, la misma cantidad de concentrado en porciones más pequeñas a través del día minimiza el cambio del pH del rumen (1, 4, 5).

Aumentar la frecuencia de alimentación con concentrados, o mejor todavía, mezclar éste totalmente con el forraje, reduce la tasa de producción de ácido en el rumen y ayuda a estabilizar su pH. (1, 5).

Con bajas cantidades de concentrado, el pH del rumen puede reducirse a menos de 6 por un tiempo corto después de la alimentación. Con altas cantidades de concentrado y dos alimentaciones al día, el pH cae por debajo de 6 durante períodos más largos (5).

El número de veces que se ofrece el concentrado, así como la cantidad que se da en un momento dado, tienen un efecto importante sobre el pH del rumen y la presencia de acidosis subclínica. Mientras más veces se alimenta a las vacas, mejor será su utilización, pues se estabiliza el ambiente ruminal. El mayor efecto se encuentra cuando se aumenta las veces a seis o más, con no más de tres kilogramos de concentrado por comida. Con heno o pasto verde una hora antes de dar el alimento balanceado, se ayuda a mantener el porcentaje de grasa en la leche (1).



Bibliografía

1. CAMPABADAL, C., 1999, "Factores que afectan el contenido de sólidos de la leche", *Documento Personal*.
2. CARULLA, J., 1997, "Factores nutricionales y no nutricionales que determinan la composición de la leche", *Seminario Alpina 1997*, Colombia. CIUDAD.
3. CEBALLOS, A., 1999, "La utilización de grasas como suplemento nutricional para bovinos lecheros", *Documento de Estudio, Universidad Católica de Temuco*, Chile.
4. GRANT, R. J., 2001, "Alimentación para maximizar los sólidos de la leche", *Documentos de Extensión, Universidad de Nebraska*, USA.
5. HOMAN E. J. and Wattiaux M. A., 1997, "Structure and Function of the Mammary System", en: (CD) *The Babcock Institute, University of Wisconsin*, Madison, USA.
6. NATIONAL ACADEMY PRESS, 2001, *Nutrient Requeriments of Dairy Cattle*, USA.
7. VAN SOEST, P. J., 1994, "Nutritional ecology of the ruminant", *Cornell University*, USA.