

# Problemas de sólidos lácteos en la producción lechera debido al Síndrome de Baja Grasa Láctea



## Augusto Rojas Bourrillon

Escuela de Zootecnia/Centro de Investigación en Nutrición Animal  
 Universidad de Costa Rica  
[augusto.rojas@ucr.ac.cr](mailto:augusto.rojas@ucr.ac.cr)



## Carlos Campos Granados

Escuela de Zootecnia/Centro de Investigación en Nutrición Animal  
 Universidad de Costa Rica  
[carlosmario.campos@ucr.ac.cr](mailto:carlosmario.campos@ucr.ac.cr)

## 1. Introducción

En la actividad lechera, el contenido de sólidos lácteos es de suma importancia,

por su efecto sobre el precio de la leche y por los rendimientos de la industria. Es reconocido que la composición de los sólidos lácteos está afectada por diferentes factores tales como: la raza, la edad de la vaca, días de lactancia, el clima, la sanidad de la ubre, el manejo del ternero en sistemas doble propósito y por la dieta. En general, se esperan mayores modificaciones en el contenido de la grasa, seguido por cambios en la proteína y bajo condiciones muy drásticas de deficiencias energéticas, se afecta el contenido de lactosa.

## 2. Impacto de la nutrición sobre la proteína láctea

### 2.1 Calidad y cantidad de proteína de la dieta

La importancia de la proteína no solo radica en el aporte de aminoácidos para la nutrición humana, sino que la firmeza del cuajo y el rendimiento del queso dependen de la proteína láctea.

El nitrógeno presente en la proteína láctea se compone de tres fracciones: ca-

seína (78%), suero (17%) y nitrógeno no proteico (NNP) (5%).

Se ha hecho énfasis en tres factores que afectan la producción (kg) y el contenido de proteína láctea (%): el nivel y calidad de la proteína, la relación forraje: concentrado y el consumo de lípidos en la dieta.

## 2.2 Nivel y calidad de la proteína de la dieta

Existe un consenso de que los cambios en la calidad y en la cantidad de la proteína de la dieta causan modestas mejoras en el contenido (%) de proteína láctea. En este sentido, Emery (1978), demostró que el contenido de proteína láctea aumenta apenas 0,02%, por cada incremento de unidad porcentual en el aporte de proteína cruda de la dieta. Esto se asocia a la ineficiencia de la transferencia (25 a 30%) de la proteína de la dieta a la leche, vinculada a alteraciones de flujo sanguíneo a través de la glándula mamaria, concentración arterial de aminoácidos y actividad metabólica de la ubre (Bequette y otros. 1998).

## 2.3 Relación forraje: concentrado y uso de carbohidratos

En la mayoría de los casos, al reducir el aporte de forrajes en la dieta y, por ende, aumentar el suplemento se incrementa la concentración de proteína en la leche. El contenido de proteína se mejora en 0,4 unidades porcentuales, si el forraje en la dieta se reduce a una concentración de 10% de la materia seca. Esta disminución en el aporte de forraje a estos niveles deja de ser práctico, debido a que se estaría desafiando la salud ruminal y metabólica, del animal.

El consumo de carbohidratos de fácil fermentación ruminal afecta positivamente el contenido de proteína en leche. Aportes de almidón fermentable en rumen, causan aumentos en la producción de ácido propiónico, el cual impacta la hormona insulina y, por tanto, el estado energético del animal. Además, este cambio es acompañado por una mejoría en la

síntesis de proteína microbial en el rumen, lo que estimula señales en el animal para una mayor producción y contenido de proteína en la leche.

## 2.4 Uso de lípidos

La incorporación de aceites y grasas para mejorar el estado energético de las vacas es una práctica común en lecherías. En promedio el contenido de proteína se reduce en 0,03 unidades porcentuales, por cada 100 gramos de lípidos suplementados, siendo la fracción de caseína la más afectada, mientras que la de NNP aumenta y las proteínas del suero con respuestas inconsistentes. Debido a la mejoría en producción de leche (kg/día), causado por los lípidos suplementados, la respuesta final es un aumento en la producción total de proteína láctea (kg/vaca/día), a pesar de que el contenido (%) de esta se reduce. Esto tiene implicaciones directas sobre el procesamiento a nivel industrial, pues aumentan los costos de remoción de humedad de la leche.

Esta disminución en el contenido (%) de proteína láctea se ha explicado con base en el efecto de dilución, promovido por la mayor producción de leche; alteración en la hormona somatotropina, lo que reduce la extracción de aminoácidos por la glándula mamaria (Casper y Schingoethe 1989) y, por la disminución en el flujo sanguíneo (7% menos) hacia la ubre, cuando se suplementa con grasas (Cant y otros, 1991). Esta pérdida en el flujo sanguíneo no afecta la producción, porque se propone que se usaría el acetato proveniente del rumen como fuente energética, liberando glucosa para la síntesis de lactosa lo que genera mayor producción de leche.

## 3. Impacto de la nutrición sobre la grasa láctea

La grasa láctea es un nutriente complejo que está constituida por unos 400 ácidos grasos (AG) y una gran cantidad de estos se generan del metabolismo de los lípidos a nivel del rumen. En condiciones normales, el 50% de esos AG son sintetizados en la ubre, usando precursores como el ácido acético y el ácido butírico

del rumen, 40-45% provienen de los AG de la dieta y menos de un 10% de la movilización del tejido adiposo del animal (Palmquist y Jenkins, 1980). Sin embargo, la nutrición puede modificar el balance entre la síntesis de AG por la glándula mamaria y la captura de AG preformados de la dieta.

Se ha generado un especial interés sobre la característica de la grasa láctea, al presentar una alta proporción de AG saturados. Esto ha causado alarmas en el consumidor, que cada vez más solicita leches más saludables, asociadas a mayores contenidos de AG insaturados: omega 9 (ácido oleico, C18:1); omega 6 (ácido linoleico, C18:2) y omega 3 (ácido linolénico, C18:3) e inclusive leches con pequeños contenidos de grasa láctea producidas por el animal. La industria ha respondido con una oferta de leche con menores contenidos de grasa; pero, la modificación del perfil de AG insaturados y la síntesis de menos contenidos de grasa son un desafío práctico, pues esto depende, en gran parte, de los procesos metabólicos de la grasa a nivel ruminal (biohidrogenación ruminal).

## 3.1 Tipos y niveles de lípidos (proceso de biohidrogenación)

Como se comentó, la adición de lípidos en la dieta es una práctica común y, por lo general, esta causa incrementos en el contenido (%) y en la producción de grasa (kg). Sin embargo, la respuesta está influenciada por el nivel de inclusión de AG, grado de insaturación y forma física de la fuente.

La deposición de ácidos grasos saludables o insaturados (omega 9, 6 y 3) en la grasa láctea, mediante su incorporación en la dieta es poco factible, debido a la transformación que estos sufren en el rumen por el fenómeno conocido como biohidrogenación ruminal, lo que resulta en su transformación a AG saturados, principalmente, ácido esteárico (C18:0) (Figura 1). Además, estos ácidos grasos omega son menos absorbidos a nivel intestinal, siendo transferidos

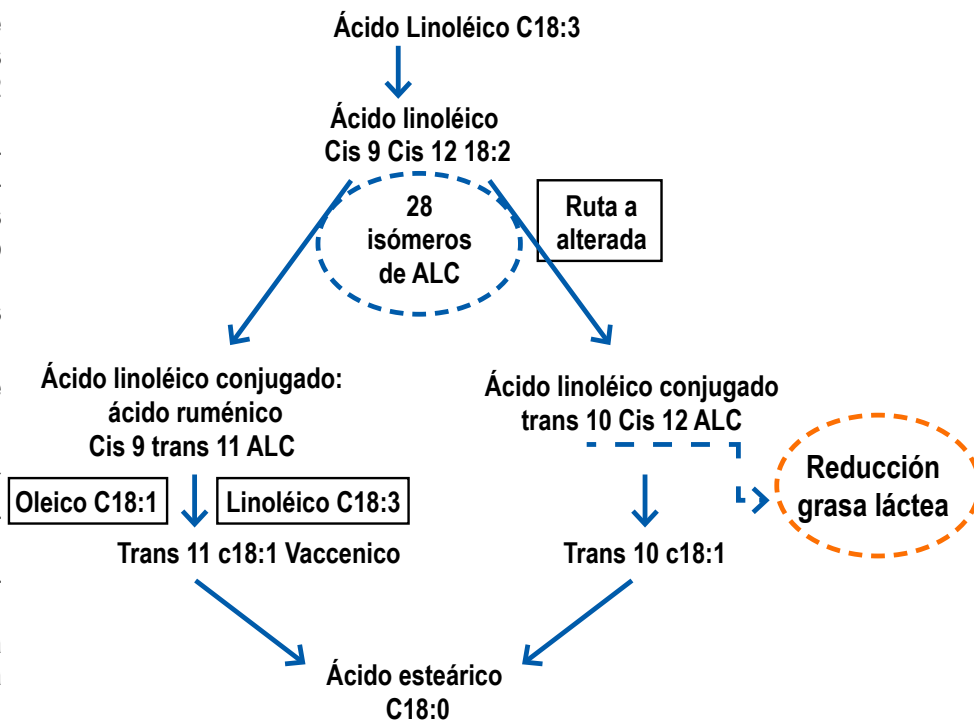
al tejido adiposo y no necesariamente a la grasa láctea (Jenkins y McGuire, 2006).

Este proceso de biohidrogenación, se considera un mecanismo de defensa de la microbiología ruminal, debido a que los ácidos grasos insaturados (C18:1; C18:2 y C18:3) son tóxicos. Por lo tanto, es un mecanismo de la naturaleza difícil de evadir, excepto que se utilicen fuentes de lípidos inertes o protegidos, tales como los jabones cálcicos, grasas hidrogenadas o fuentes ricas en ácido esteárico (C18:0) o palmítico (C16:0), considerados ambos AG inertes en rumen.

Además este proceso genera una serie de productos intermedios (configuración cis-trans), con importantes impactos en las vacas y en los seres humanos. Así se ha reconocido el efecto anticancerígeno del ácido linoleico conjugado (ALC), conocido como ácido ruménico (cis-9-trans-11 C18:2 ALC). Este se genera en el proceso de biohidrogenación y se ha detectado en leche producida en Costa Rica, principalmente en sistemas con más acceso a pasto, época lluviosa y en hatos Holstein (Campos Nuñez y otros, 2013), lo que está bien documentado en investigaciones internacionales. Una ruta alterna durante el proceso de biohidrogenación origina el producto *trans*-10-*cis*-12 C18:2 ALC, el cual tiene efectos reguladores sobre la síntesis de grasa en la glándula mamaria. (Figura 1).

Este compuesto *trans*-10-*cis*-12 C18:2 ALC, al estar disponible en la glándula mamaria, causa depresión en la síntesis de triglicéridos por las células de la glándula mamaria, debido a que afecta la actividad enzimática lipogénica de estas. Se reduce también, la captura y utilización de precursores e inclusive de ácidos grasos preformados (Baumgard y otros, 2001). Este fenómeno hoy día es conocido como Síndrome de Baja Grasa Láctea (Bauman y Griimari, 2003), asociado a trastornos del proceso de biohidrogenación. Estudios han demostrado que dosis tan bajas como 3,5 gramos de este compuesto *trans*-10-*cis*-12 C18:2 ALC causan una reducción del 25% en

## Biohidrogenación del ácido linoleico normal y con inducción de baja grasa láctea



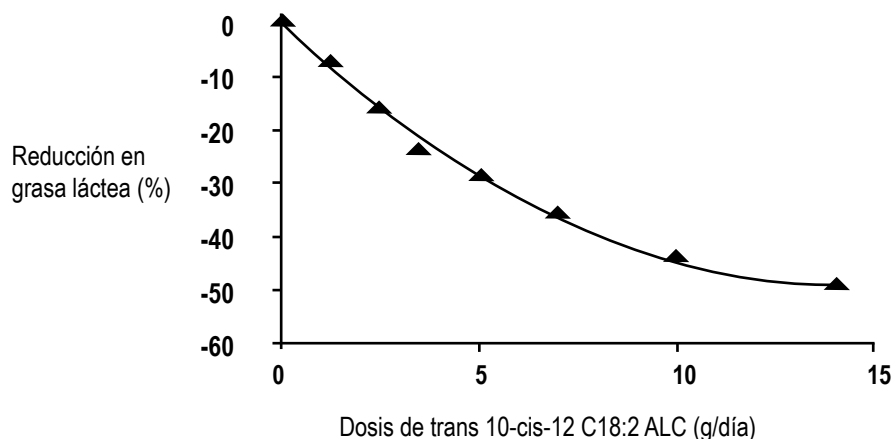
**Figura 1.** Proceso de biohidrogenación ruminal y alteración causante de la reducción en grasa láctea. Adaptado: Bauman y Griimari (2003); Muller y Delahoy (2017).

el contenido de grasa en leche (Petersen y otros, 2002; Baumgard y otros, 2001), aún en periodos cortos de 5 días. Otros estudios (Figura 2), suplementando el *trans*-10-*cis*-12 C18:2 ALC durante 6-20 semanas, han confirmado que la reducción de grasa láctea permanece durante todo el periodo y que los valores retornan a la normalidad, una vez que se elimina la adición de este en la dieta.

Por otra parte, este compuesto *trans*-10-*cis*-12 C18:2 ALC es producido cuando se altera el proceso normal de la biohidrogenación, siendo los granos y los concentrados los factores que más alteran dicho proceso. Estos hallazgos han retado el concepto de la acidosis como efecto causante directo de la reducción en la grasa láctea. La acidosis interfiere en el proceso de biohidrogenación; promoviendo la producción de *trans*-10-*cis*-12 C18:2 ALC, por los microorganismos del rumen y no por causa de una menor degradación de la fi-

bra en el rumen, producto de la acidosis y, por consecuencia, de la menor producción de ácido acético. Otro factor que estaría involucrado con el Síndrome de Baja Grasa Láctea es el aporte de ácidos grasos insaturados en la dieta, lo que se asocia con alteraciones en la población microbiana. En dietas bajas en forraje, esto se complica por las disminuciones de pH y por los cambios en las proporciones de ácidos grasos en el rumen (menos acetato-buti-rato y más propionato), causados por el aporte de granos e inclusive por el uso de modificadores de la función ruminal como los ionóforos (monénsina sódica, lasolacid sódico). De esta forma, se debe considerar que la reducción de la grasa en leche no se le puede atribuir a un solo componente de la dieta, ya que existe interrelación entre estos.

Si bien es reconocida la importancia de la grasa láctea como sistema de pago para el productor e industrial, la característica



**Figura 2.** Relación entre la infusión en abomaso de trans-10-cis-12 C18:2 ALC y la reducción en grasa láctea.  
Bauman y Griimari, 2003.

de reducir el contenido de grasa en leche, mediante suplementación con trans-10-cis-12 C18:2 ALC de forma protegida, se ha propuesto como una vía para reducir los requerimientos energéticos de las vacas, buscando efectos beneficiosos potenciales sobre la movilización de tejido corporal, de producción de leche y de reproducción (Griimari y Bauman 2008).

## 4. Prevención Síndrome de Baja Grasa Láctea

El enfoque en la prevención de este síndrome está basado en generar una adecuada salud ruminal al mantener un valor de pH adecuado para la síntesis microbiana y en reducir la alteración del proceso de biohidrogenación. De aquí se desprende varias interrogantes a tomar en cuenta y que se exponen en el siguiente apartado.

### 4.1. ¿Cómo mantener un pH óptimo?

#### a) Consumo carbohidratos no fibrosos (CNF)

El pH es alterado principalmente por el excesivo consumo de almidones y azúcares. Se ha sugerido que un aporte adecuado de carbohidratos no fibrosos del 36% de la materia seca total, reduce la posibilidad de acidosis. Niveles mayores de inclusión (40-44% MS total) pueden

lograrse con el uso de compuestos como pectinas presentes en ingredientes que, en subproductos de piña, naranja, banana maduro.

#### b) Tamaño de partícula forraje

La secreción de bicarbonato de sodio, mediante la saliva, contrarresta la acidificación del rumen. Esta secreción es mayor al estimularse la producción de saliva, mediante el masticado y la rumia. Los tamaños de partícula mínima del forraje de corte, para mantener pH adecuado, son de 1-1,5 cm. Los mayores tamaños de partícula limitarían el consumo por llenado físico. Sin embargo, para el caso del forraje de maíz se recomienda 1,8-2 cm. Por ello, en sistemas de alimentación con ración total el seguimiento del tamaño de la partícula debe priorizarse.

#### c) Relaciones forraje: concentrado

Relacionado con los aportes de CNF y aspectos de rumia, se considera que las mejores relaciones se logran en las proporciones en materia seca de 60:40 (forraje: concentrado). Sin embargo, debido a las limitaciones nutricionales de los forrajes en las condiciones para Costa Rica, esta relación en hatos de alta producción está invertida (40 F: 60 C), lo que induce a bajos y críticos valores de pH en rumen. Esta relación, involuntaria-

mente, también se puede invertir, ante la reducción en la disponibilidad del forraje de pastoreo por cambios en clima y, bajo esta situación, por la tendencia de aumentar los concentrados para mantener la producción láctea.

Se recomienda, mantener el aporte mínimo de fibra detergente neutro de 1,4% peso vivo.

#### d) Frecuencia de alimentación

Se debe evitar el consumo de altas cantidades de concentrados o fuentes de almidón en una sola comida, ya que causan drásticas reducciones del pH ruminal. En vacas de alta producción, se recomienda dividir el consumo de concentrado en 3-4 porciones.

#### e) Adición de aditivos

La adición de modificadores de pH como alcalinizantes-amortiguadores, tales como bicarbonato de sodio, óxido de magnesio y levaduras, se consideran prácticas normales en sistema alimenticios con altos aportes CNF, forrajes picados finos y relaciones invertidas F: C.

## 4.2. Suministro de ácidos grasos insaturados

Las recomendaciones del consumo de lípidos en las dietas de rumiantes establecen valores de hasta 6-7% MS total, considerando que un tercio (2-3%) proviene de los forrajes y de los concentrados, otro (1-3%) de suplementos altos en lípidos y el otro tercio (1-2%) de grasas de sobrepaso. Ante el impacto de los insaturados sobre el síndrome, se ha propuesto que, en términos generales, estos no deben sobrepasar la mitad del aporte total de lípidos.

También se han propuesto las siguientes fórmulas de cálculo, basadas en el aporte de fibra detergente neutro (% FDN) y de la fibra detergente ácida (%FDA):

- Lípidos totales (%MS) = (4X% FDN) / AG. Insaturados
- Lípidos totales (%MS) = (6X% FDA) / AG. Insaturados

Donde AG. Insaturados es la suma de oleico (18:1) + linoleico (18:2) + linolénico (18:3) expresada como % del total de ácidos grasos.

Evitar la adición de ionóforos (monensina sódica, ácido lasalosídico), en presencia de altos consumos de ácidos grasos insaturados, debido a que esta mezcla es causante potencial del síndrome.

Verificar el contenido de lípidos de las fuentes alimenticias utilizadas, así como el perfil de composición de ácidos grasos.

Cuantificar la cantidad de ácidos insaturados en la ración.

## 5. En resumen

Para contrarrestar el Síndrome de Baja Grasa Láctea se hace necesario aplicar las siguientes condiciones:

- La calidad y cantidad de la proteína de la dieta tienen efectos moderados positivos sobre el contenido de proteína láctea.
- La suplementación con carbohidratos fermentables causan aumento en la proteína láctea.

- En general, al suplementar con lípidos se aumenta el contenido y la producción de la grasa láctea; pero, se disminuye el contenido (%) de proteína, más no en la producción total de esta (kg).
- La alteración del proceso normal de biohidrogenación, por excesos de carbohidratos fermentables, vía granos y concentrados, causa el Síndrome de Reducción de Grasa en Leche, por la producción del compuesto *trans*-10-*cis*-12 C18:2 ALC, que altera el metabolismo de la glándula mamaria, limitando la captura y la utilización de los precursores sanguíneos, para la síntesis de grasa en leche.
- Cantidades tan pequeñas como 3,5 gramos de este compuesto deprimen en un 25%, el contenido de grasa en la leche.
- La prevención del síndrome se logra con buenas prácticas de alimentación, que aseguren una buena salud ruminal al propiciar un pH estable (mayor a 6,2) y al controlar el nivel de lípidos, principalmente insaturados.

## Referencias:

- Bauman, D.E.; Grinari, J.M. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.* 23:203-227.
- Baumgard, L.H.; Sangster, J.K.; Bauman, D.E. 2001. Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of *trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid (CLA). *J. Nutr.* 131:1764-1769.
- Bequette, B.J.; Backwell, F.C.R.; Crompton, L.A. 1998. Current concepts of amino acid and protein metabolism in the mammary gland of the lactating ruminant. *J. Dairy Sci.* 81:2540-2559.
- Campos Núñez, H.; Gutiérrez Araya, M.; Villalobos Ramírez, C.; Monge Rojas, R.; Alfaro Calvo, T.; Pérez Rodríguez, C. 2013. Factores asociados al contenido de ácido linoléico conjugado (CLA) en leche. Ventana Lechera. Comité de Educación y Bienestar Social (CEBS). Cooperativa Dos Pinos R.L.
- Cant, J.P.; DePeters, E.J.; Baldwin, R.L.O. 1991. Effects of dietary fat and postpartum casein administration on milk composition of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74:211-219.
- Casper, D.P.; Schingoethe, D.J. 1989. Model to describe and alleviate milk protein depression in early lactation cows fed a high fat diet. *J. Dairy Sci.* 72:3327-3335.
- Eastridge, L.M. 2014. Feeding fat, in moderation, to dairy cows. Disponible en: <http://www.articles.extension.org/pages/71254/feeding-fat>
- Emery, R.S. 1978. Feeding for increased milk protein. *J. Dairy Sci.* 61:825-828.
- Grimari, J.M.; Bauman, D.E. 2008. Milk fat depression: concepts, mechanisms and management applications. En K. Sejrsen, T. Hvelplund, M.O. Nielsen Ed. *Ruminant Physiology: digestion metabolism and impact of nutrition on gene expression, immunology and stress.* Wageningen Academic Publisher. p. 388.
- Jenkins, T. 1997. Success of fat in dairy rations depends on the amount. *Feedstuffs* Feb. 13, 1997, Issue: 11-12.
- Lock, A.L. 2013. The skinny on fat supplements in dairy rations; option, challenges and opportunities. Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop. p. 35.
- Muller, L.D.; Delahoy, J.E. 2017. Conjugated Linoleic Acid (CLA): Implications for Animal Production and Human Health. Penn State Extension. Code: DAS 04-88. p. 5.
- Palmquist, D.L.; Jenkins, T.C. 1980. Fat in lactation rations. *Review. J. Dairy Sci.* 63:1-14.
- Peterson, D.G.; Baumgard, L.H.; Bauman, E. 2002. Milk fat response to low doses of *trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid (CLA). *J. Dairy Sci.* 85:1764-1766.



**penagos**®

**ALTELECSA**  
Alternativas Electromecánicas S.A.

**Las PENAGOS de toda vida, para toda la vida.**

PP - 300 R    TP - 8    PE - 1200

DM - 10    PP 600R

TH - 6    P9 - MR

**CONTACTANOS**  
arojasm@altelecsa.com  
sales@penagos.com  
www.penagos.com

**Dos Pinos**  
Certificados ISO 9001:2000