



Grasa en la dieta de vacas lecheras. Implicancias en el consumo de materia seca y en la grasa de la leche

A.F. Mustafa*

Introducción

- Las dietas de las vacas lecheras contienen bajos niveles de grasa (2-3%).
- La mayoría de la grasa proveniente de la dieta consiste en ácidos grasos poli insaturados (provenientes mayormente de los forrajes).
- En el rumen se producen grandes modificaciones de los ácidos grasos de la dieta.

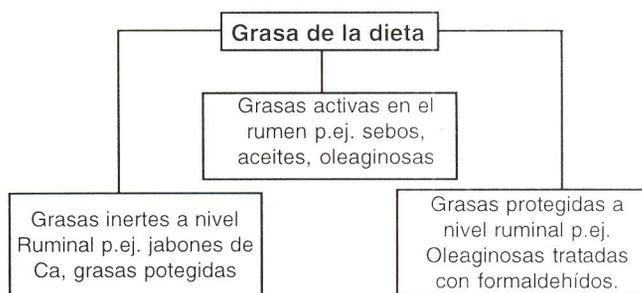
Razones para una suplementación de grasa en la dieta.

- Incrementan la densidad energética de la dieta (especialmente al inicio de la lactación).
- Reduce la movilización de grasas y por lo tanto el riesgo de desórdenes metabólicos.
- Reduce el estrés por calor en vacas lecheras.
- Mejora la performance reproductiva.
- Reduce la emisión de metano.
- Modifica la composición de los ácidos grasos de la leche.

Clasificación de la Grasa Suplementada

- Origen:
 - Animal (e.g. grasa) o vegetal (oleaginosas)
- Grado de saturación:
 - Saturada (grasa hidrogenada), monoinsaturada (e.g. aceite de palma), poli insaturada (p.ej. oleaginosas)
- Actividad ruminal:
 - Grasa activa (p.ej. aceites vegetales)
 - Grasa inerte en el rumen (cebo hidrogenado, jabones de Ca)
 - Grasa protegida en el rumen (grasa encapsulada).

Clasificación de la grasa de la dieta



Clasificación basada en el grado de biohidrogenización y el efecto en la fermentación ruminal.

* Departamento de Ciencia Animal - Universidad McGill, Montreal, Canadá

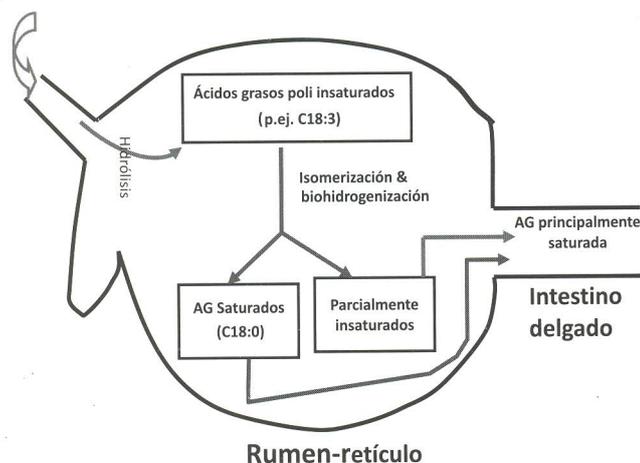
Trabajo presentado en el Simposio Internacional Avances en Producción Lechera. Junio 2011, Lima Perú

Digestibilidad de las grasas suplementadas

- Varía de acuerdo con:
 - La forma química de la grasa suplementada (jabones de Ca, ácidos grasos libres, triglicéridos).
 - Diferencias en los perfiles de los ácidos grasos (ácidos grasos insaturados y saturados).
 - A niveles normales de inclusión, ($\leq 3\%$), la suplementación de grasas tiene un efecto mínimo en la digestibilidad.

Metabolismo de lípidos en el rumen

Grasa de la dieta (principalmente poliinsaturada)



Factores que afectan la biohidrogenización (BH) ruminal

- **Grado de saturación:**
 - La BH incrementa con el grado de insaturación (e.g. Niveles mayores de BH para oleaginosas que para jabones de Ca)
- **Nivel de grasa suplementada:**
 - BH decrece conforme el nivel de grasa suplementada incrementa
- **Tiempo de retención:**
 - BH incrementa conforme el tiempo de retención ruminal incrementa.
- **Tipo de grasa suplementada:**
 - Oleaginosas vs aceite libre.
 - Jabones de calcio, grasa protegidas vs grasas no protegidas
- **Composición de la dieta**
 - Dietas altamente concentradas reducen la lipólisis y BH

Impacto de la suplementación de grasas en el consumo de materia seca (CMS)

La suplementación de grasas en la dieta generalmente decrece el CMS.

- Varios estudios muestran que no hay efecto en el CMS
- El efecto negativo es relativamente rápido pero menos sostenible
- Si la reducción del CMS es tal que no puede ser com-

pensada por la densidad energética adicional, el consumo de energía neta de lactación decrecerá.

• Implicancias:

- Reduce la ingesta de EN_L
- Reduce la producción láctea.

Efecto de la adición de grasa en el CMS (% del control)

- Oleaginosas L -2.84
- Grasa animal sin procesar L -1.23
- Jabones de Ca de aceite de palma L -2.52
- Grasas saturadas* L -0.26

FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO DE MATERIA SECA CON SUPLEMENTACIÓN DE GRASAS

Grasas de la dieta y consumo de materia seca

1- Palatabilidad de la grasa suplementada:

- Diferencias en la palatabilidad de la grasa suplementada pueden contribuir a un efecto de saciedad.
- Recubierto de grasa, jabones de calcio de ácidos grasos de palma son menos aceptados que otras grasas suplementadas (p.ej. Grasas protegidas).
- Aceptabilidad puede incrementar luego de un período de adaptación (excepto para los jabones de calcio). Incluirlo con una mezcla de granos, o como parte de una ración totalmente mezclada (RT) puede incrementar la palatabilidad.

2- Ácidos grasos libres vs esterificados:

- Los ácidos grasos libres son más detrimentales para el CMS que los ácidos grasos esterificados.

• Mecanismos posibles:

- Los ácidos grasos libres pueden interactuar con los receptores de saciedad en el duodeno superior e inhibir la ingesta.
- Ácidos grasos insaturados desencadenan la liberación de colecistoquinina la cual reduce la tasa de pasaje de la ingesta.
- La liberación de glucagón como péptido 1 o 2 (deprime la ingesta).

Efectos de la suplementación de grasa en el CMS

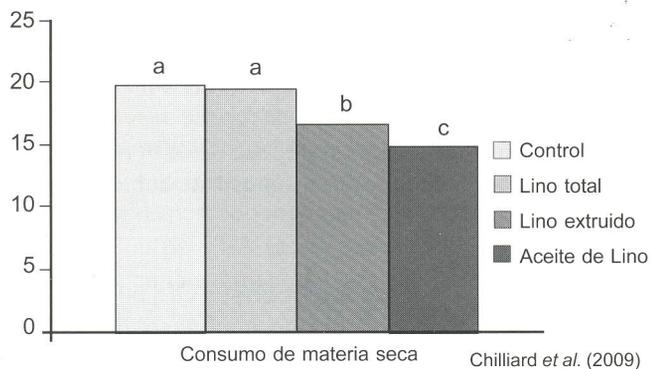
3- Grado de saturación:

- El efecto negativo de la adición de grasa se incrementa con el grado de insaturación
- **Explicaciones posibles:**
 - Reducción de la digestión de fibra a nivel de rumen.
 - Mayor distensión en el retículo-rumen.
 - Mayor absorción de ácidos grasos insaturados que de saturados (reguladores metabólicos).

Una gran biohidrogenización a nivel de rumen reduce el impacto de los ácidos grasos insaturados de la dieta en CMS

El perfil de ácidos grasos que llega al duodeno es un gran indicador de CMS de grasa suplementada en el alimento para vacas.

4- Forma de alimentación



5- Estadío de lactación:

- El consumo de materia seca de vacas en media y baja producción es menos sensible a la suplementación de grasa en la dieta.
- Vacas lecheras en media producción pueden ser alimentadas con aceites vegetales a un nivel de 5% de la materia seca MS sin un impacto negativo en CMS.

6- Nivel de suplementación:

- Niveles de suplementación de bajo a moderado (<3%) no afectarán el CMS al margen del tipo de suplemento graso.

Suplementación de grasa y rendimiento lácteo

Resultados inconsistentes

- La suplementación de grasa en la dieta puede incrementar el rendimiento lácteo:
 - Incrementa la densidad energética.
 - Más glucosa disponible para la síntesis de lactosa (más leche)
- Incrementa la eficiencia de producción de leche:
 - Misma producción de leche a un menor consumo de alimento
- Reducción en la producción de leche:
 - Altos niveles de inclusión (Grasa en la dieta >6-7%)
 - Mayormente proveniente de aceites vegetales.
- **Estadío de lactación:**
 - Mejor respuesta al inicio que al final de la lactación
- **Relación de forraje : concentrado:**
 - Mejor respuesta en dietas altas en concentrado que en dietas altas en forraje.
- **Fuente de forraje:**
 - Incrementa el rendimiento lácteo con suplementación de grasa en dietas a base de ensilado de maíz.
- **Fuente de la grasa de la dieta:**
 - Respuestas más consistentes con jabones de calcio.
- **Suplementación de grasas en dietas bajas en forraje:**
 - La EN_L adicional debido a suplementación de grasa es mayormente usada para la producción de leche (i.e. Mayores producciones de leche y mejor eficiencia alimentaria)
- **Suplementación de grasa en dietas altas en forraje:**
 - La EN_L adicional debida a la suplementación de grasa es mayormente usada para las reservas corporales. (p.ej.

No incrementa el rendimiento lácteo pero incrementa la condición corporal).

- Suministrar un suplemento de grasa en una dieta alta en forraje incrementará la ingesta de EN_L pero no el CMS (efecto de saciedad). *Consecuencia: Mejora en el rendimiento lácteo.*
- En la suplementación de grasa en el alimento en una dieta baja en forraje, el consumo CMS podría reducirse pero EN_L podría permanecer inalterada. *Consecuencia: Mejora en la eficiencia alimentaria.*
- Las dietas no deberían ser deficientes en precursores de la leche.

IMPACTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE GRASA EN LA GRASA DE LA LECHE

Grasa de la dieta & grasa en la leche

- El porcentaje de grasa en la leche y la producción de grasa pueden ser afectados por la suplementación de grasa.
- Usualmente se observa una reducción en el porcentaje de grasa cuando las vacas son alimentadas con un suplemento de grasa.
- Reducción en la grasa de la leche de puede observar en todo tipo de suplemento de grasa.
- La reducción en el porcentaje de grasa en la leche puede o no puede estar acompañado de una reducción en los rendimientos de grasa de la leche.

Reducción del % de grasa inducida por la dieta.

Definición:

Reducción en la grasa de la leche causada por la alimentación.

Los cambios comprenden tanto el perfil de los ácidos grasos de leche así como el rendimiento en grasa.

Dos Tipos:

- Depresión en la grasa de la leche (DGL) es el resultado de una alimentación con una dieta alta en concentrado/baja en forraje.
- DGL es consecuencia de una alimentación con aceites insaturados.

Condiciones pre requeridas:

- Alteración en la biohidrogenación ruminal
- Presencia de una fuente alimentaria de ácidos grasos insaturados.
- **Principales intermediarios de ácidos grasos:**
 - Trans-10,cis-12 CLA
 - El principal isómero CLA involucrado en la reducción de grasa de la leche.
 - Potente inhibidor de síntesis de ácidos grasos "de novo" en bajas concentraciones.
 - Trans-10 C18:1
 - Inhibidor indirecto de la síntesis "de novo" de ácidos grasos.
 - A altas dosis puede inhibir la síntesis "de novo" de ácidos grasos en la leche.
 - La acumulación de trans-10 C18:1 conlleva la la formación de otros inhibidores

- La concentración de trans-10 C18:1 puede ser usada como marcador para DGL

Isómeros de ácidos grasos y depresión en la grasa de la leche

• Posibles Mecanismos:

- Efecto adverso en desaturasa D9 (baja concentración de C18:1 para triglicéridos)
- Inhibición de enzimas claves involucradas en la síntesis "de novo" de ácidos grasos de la leche. (acetil CoA carboxylasa, ácidos grasos sintetasa)
- Inhibición de enzimas lipogénicas por isómeros de CLA a través de la reducción de la cantidad de mRNA

Depresión del % de la grasa de la leche inducida por la dieta (DGL)

- Reducciones en el suministro de acetato y b- hidroxibutirato para la síntesis de ácidos grasos "de novo".
- Mobilización de ácidos grasos a partir de tejido adiposo y fuera de la glándula mamaria (acción de la insulina)
- Inhibición directa de la lipogénesis por isómeros de ácidos grasos transformados durante la biohidrogenización.

Dietas altamente concentradas y reducción en la grasa de la leche

• Dietas altas en concentrado:

- Incrementa la concentración de trans-10, cis-12 CLA
- Incrementa la concentración de propionato
- El incremento en isómeros de ácidos grasos es insuficiente para explicar completamente la reducción de grasa en la leche.
- Decrementa las concentraciones de precursores de ácidos grasos en la leche. (acetato y BHB) para la síntesis "de novo".
- Decrementa las concentraciones de ácidos grasos libres y triglicéridos para la síntesis de ácidos grasos.
- Trans-10 C18:1 puede interferir con la síntesis de ácidos grasos "de novo".
- **Implicancias:**
- Trans-10, cis-12 CLA y el propionato probablemente actúan simultáneamente en la lipogénesis mamaria a través de diferentes mecanismos.

Depresión de la grasa de la leche inducida por la dieta

• Alto concentrado sin grasa insaturada:

- Decrementa las concentraciones de precursores de ácidos grasos en la leche (acetate y BHB) para la síntesis "de novo"
- Decrementa las concentraciones de ácidos grasos no esterificados y triglicéridos para síntesis de ácidos grasos
- Trans-10 C18:1 pueden interferir con la síntesis "de novo" de ácidos grasos.
- **Concentrados con grasas insaturadas:**
- Otros isómeros de ácidos grasos.
- Menor disponibilidad de C18:0 para la síntesis de C18:1 en la glándula mamaria.

Manipulación de los ácidos grasos de la leche

- La respuesta más consistente a la suplementación de gra-

sa en la dieta, es el cambio en el perfil de ácidos grasos en la leche.

- La respuesta del perfil de los ácidos grasos de la leche a la suplementación de grasa, está en función de:
- Metabolismo de lípidos en el rumen (hidrólisis, isomerización, biohidrogenización).
- El metabolismo de la vaca (mobilización de lípidos, toma de ácidos grasos de la sangre, síntesis de ácidos grasos "de novo").

Respuesta general:

- Incremento en la toma de ácidos grasos C18 por la glándula mamaria y decremento de la síntesis de ácidos grasos "de novo".
- Todo tipo de suplementación de grasa (rumen protegido, semillas oleosas, aceites) conlleva a cambios en los ácidos grasos de la leche.
- La mayor respuesta que usualmente se observa es a nivel de ácidos grasos de cadenas medias (C12, 14 y 16) vs C18.
- Para los ácidos grasos C18: C18:0, cis 18:1 y trans 18:1 tienen la mayor respuesta.
- Los aceites inducen mayores porcentajes de trans-18:1 y decremantan los ácidos grasos C6-C12
- Consumo de C18:2 (p.ej. Semillas de soya, girasol) y C18:3 (p.ej. Linaza) suplementos ricos en grasa no difieren mucho en sus efectos en cadenas cortas y medias de ácidos grasos.

PROMOVIENDO ÁCIDOS GRASOS CLA SALUDABLES EN LA LECHE*

Efectos benéficos de los CLA para la salud reportados de estudios biomédicos en modelos animales.

Efectos Biológicos

Anticarcinógeno (estudios *in vivo* e *in vitro*)

Antiaterogénico

Altera el metabolismo de lípidos

Antidiabético (diabetes tipo II)

Mejoramiento de la inmunidad

Mejora la mineralización de los huesos

• Origen:

- Producto intermedio en la biohidrogenización del ácido linoleico (18:2) ~30-40%
- Desaturación en la glándula mamaria del ácido vaccénico (trans-11 C18:1) (fuente principal de CLA).
- Cis-9, trans-11 es el CLA dominante
- Concentración promedio en la leche: menos de 1% de los ácidos grasos totales.
- La leche es la principal fuente de CLA (~70%) en la dieta.

¿Qué son los Ácidos Linoleicos Conjugados?

Los ácidos linoleicos conjugados (CLAs) representan una mezcla de isómeros posicionales y geométricos ácidos grasos con enlaces dobles conjugados.

Es formado como un intermediario durante la biohidrogenización del LA a ácido esteárico en el rumen por el *Butyrivibrio fibrisolvens*.

Estrategias de alimentación para incrementar CLA en la leche

- Vacas alimentadas con dietas a bases de pasturas.
- Alimentación con grasas ricas en C18:2 (soya, girasol, maíz rico en aceite)
- Oleaginosas termotratadas pueden incrementar la concentración de CLA en la leche (en comparación con las no termotratadas)
- El aceite de pescado incrementa sustancialmente la concentración de CLA (acompañado por una drástica reducción en la cantidad de grasa en la leche).
- Objetivo con los CLA : incremento de 3 a 4 veces (~2.5% de los ácidos grasos de la leche).

Estrategias exitosas para incrementar el contenido de AR en la grasa en la leche debera considerar

- Mejorar la producción ruminal de AV
- Incrementar la actividad tisular de D9-desaturasa.

Beneficios para la salud del ácido graso Omega 3

- Decrese el riesgo de enfermedades cardiovasculares
- Decrese hipertensión y artritis
- Propiedades anti-cancerígenas
- Bajas concentraciones en la leche (menos de 1% de ácidos grasos totales)
- La concentración en la leche puede ser incrementada suplementando en el alimento grasas ricas en C18:3 (productos de linaza)

Suplementación de grasa en la dieta y reproducción

- Moderados niveles de suplementación de grasa pueden mejorar la reproducción:
- Incrementa la tasa de preñez por medio de inseminación artificial.
- Alterando el tamaño del folículo dominante
- Reduciendo el intervalo a la primera ovulación postparto
- Incrementa la progesterona durante la fase luteal
- Mejora la calidad de los oocitos y embriones.
- Los ácidos grasos C18:2 y C18:3 son más benéficos.
- Si la suplementación de grasa incrementa la pérdida de peso corporal, los efectos positivos en la reproducción serán mínimos

Suplementación de grasa durante el estrés por calor

- La suplementación de grasa puede mejorar la performance de la vaca lechera durante el estrés por calor.
- La respuesta es principalmente en eficiencia alimentaria (mayor rendimiento con consumo similar).
- Mayor respuesta cuando las vacas está en balance energético positivo (mitad de la lactación).
- Mejor respuesta con una suplementación de ácidos grasos saturados que con una suplementación de ácidos grasos insaturados

Mecanismos posibles:

- La suplementación de grasa incrementa la densidad energética sin incrementar el calor de fermentación

Lípidos de la dieta y emisión de metano

- Los ácidos grasos pueden ser usados como herramienta para controlar la metanogénesis a nivel de rumen

- Cadenas largas insaturadas y cadenas medias saturadas de ácidos grasos son efectivas en la reducción de la producción de metano.

• Posibles mecanismos:

- Reduce fermentación de materia orgánica en el rumen
- Reduce el número de protozoos
- Reduce la actividad de las bacterias metanogénicas
- Ácidos grasos insaturados incrementan la biohidrogenización.

Suplementación de grasa y emisión de metano

- Reducción esperada: 5.6% con cada unidad porcentual adicional de grasa suplementada.
- Preocupación: la reducción en emisiones de metano se puede deber a la reducción en consumo de materia seca como resultado de la suplementación de grasa en la dieta.

SUMARIO

• Disponibilidad:

- Alimento barato que puede ser usado como fuente de energía/proteína (e.g. oleaginosas), o energía/fibra (p.ej. pepa de algodón)

- Sub productos (grasa, cebo)

• Inicio de la lactación:

- Previene la pérdida excesiva de peso corporal e incrementa la densidad energética de la dieta (en vacas altamente productoras).

- Grasas inertes a nivel ruminal a un nivel de inclusión 2-3% de la materia seca de la dieta (no excediendo 6% de la grasa total)

- No debería ser suministrado con dietas a base de forraje.
- Modicando el perfil de los ácidos grasos de la leche.

- Todas las fuentes de grasas insaturadas de la dieta.
- Reducción significativa de ácidos grasos saturados de cadena corta y media.

- Incremento significativo de ácidos grasos monoinsaturados.

- Incrementos significativos en CLA y C18:3 son más difíciles.

- Mejora la performance de las vacas estresadas por el calor.

- Inertes a nivel ruminal, oleaginosas, cebo, etc.

- Mejoran la performance reproductiva:

- Suministrando fuentes de ácidos grasos poli insaturados (p.ej. linaza).

Beneficios de la suplementación de grasa en la dieta.

Consumidores:

- Mercados en donde la proteína tiene mayor valor que la grasa.

- Mercados en donde el pago está basado en el volumen más que en los componentes de la leche.

- Mercados con consumidores conscientes en su salud (baja grasa y más ácidos grasos poli insaturados, AGPI)

Vacas:

- Decrementar el contenido de grasa en la leche puede mejorar el balance energético y la eficiencia de utilización de nutrientes al inicio de la lactación. (MV)