

## Capítulo 6

### PRODUCCIÓN Y USO DE GRASAS PROTEGIDAS EN ALIMENTACIÓN DE BOVINOS

*Joaquín Angulo, Zoot, Esp<sup>1,2</sup>; Liliana Mahecha, Zoot, MSc<sup>2</sup>;  
Martha Olivera, MV, Dr. Sci. Agr.<sup>3</sup>*

#### Resumen

*La necesidad de concentración energética de la dieta en algunas etapas del proceso productivo, tanto de ganado de leche como de ganado de carne, sin ocasionar detrimento de la fermentación ruminal y de la salud general del animal, ha incentivado el uso de grasas protegidas en rumen. En este trabajo se hizo una revisión de los principales métodos utilizados para proteger la grasa y de los resultados de su uso en la alimentación animal, haciendo énfasis en los efectos en la producción y composición de la leche y carne, y en la reproducción animal. Se encontró que el método de mayor utilización, en la actualidad, para proteger las grasas en el rumen es la producción de jabones cálcicos de ácidos poliinsaturados (linoleico y linolenico). Los resultados contrastantes, encontrados en los efectos de su uso, permiten considerar que aún falta profundizar en la investigación al respecto.*

**Palabras clave:** *grasa sobrepasante, grasa inerte, grasas hidrogenadas, jabón cálcico*

- 
1. Estudiante Maestría en Ciencias Agrarias énfasis producción animal tropical, Universidad Nacional de Colombia Palmira. joakyn@universia.net.co
  2. Gupo investigación en ciencias agropecuarias (GRICA). Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Antioquia.
  3. Grupo Reproducción - Biogénesis - Fisiología y Biotecnología de la Reproducción. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia,

## Production and use of protected fats in bovine feeding

### Summary

*The need to increase the energy of the diets for ruminants, specially in productive situations, without affecting ruminal fermentation nor the health of the animal has increased the use of bypass fat. This paper includes a review of the principal methods used to protect fat and its use in animal nutrition, specially the effects on production and composition of milk, and in reproduction. It was found that the most used method to protect fat from ruminal degradation is through the formation of calcium salt of poliinsaturated acid (linoleic and linolenic). The results concerning the use of these salts are contradictory and more research is needed in this topic.*

**Key Words:** *bypass fat, calcic salts, hydrogenated fat, inert fat*

### Introducción

En vacas posparto (ganado de carne y leche) se reporta un desfase entre el pico de producción de leche y el consumo de materia seca (González y Blas, 2002). Esto significa que en el momento de máximo requerimiento la vaca no satisface sus demandas nutricionales únicamente con la dieta y por lo tanto, el consumo insuficiente de energía hace que se movilice rápidamente la grasa corporal, existiendo claras evidencias de repercusión negativa de esta movilización sobre producción de leche, condición reproductiva y estado de salud de los animales (Contreras, 2002).

Existen dos posibles soluciones para que lo anterior no suceda: Una es aumentar el consumo por parte del animal, pero no es posible ya que la disminución del apetito tiene una causa hormonal (desequilibrio endocrino tras el parto) y otra causa física (el volumen del aparato digestivo es menor) y sobre estas dos causas no se puede actuar (Hernández y Salvador, 2001; Campabadal y Navarro, 1998). Otra es aumentar la concentración energética de la ración para que comiendo la misma cantidad, la vaca obtenga más energía; sin embargo, Bavera (2002) menciona que aumentar la relación entre el concentrado (hidratos de carbono principalmente) y el forraje puede conducir a problemas de acidosis y meteorismo; esto podría resolverse aumentando la grasa de la ración (esta tiene más del doble de energía que los azúcares); pero Damian (2001) reporta que más de un 5% de grasa en la dieta ha sido asociado con problemas negativos, entre ellos, una menor utilización de la fibra por parte de los microorganismos del rumen, atribuida entre otros, a la formación de una película de grasa que impermeabiliza la

superficie de la fibra, previniendo de esta manera el ataque enzimático bacteriano; a la disminución de la actividad microbiana por adsorción de la grasa a la superficie de la membrana bacteriana; a la disminución de la disponibilidad de cationes por unirse a los ácidos grasos, o a la modificación de la población microbiana por posibles efectos tóxicos de algunos ácidos grasos sobre ciertos microorganismos, especialmente sobre las bacterias celulolíticas. Como consecuencia, se produce una alteración en la producción de proteína microbial y en la producción de las distintas fracciones de los ácidos grasos volátiles en el rumen, disminuye así la relación acético/propiónico y se reduce el contenido de proteína y la disponibilidad efectiva de acetato para la producción de grasa en la leche.

Ante el efecto negativo que ha generado el uso de grasa en la dieta del ganado bovino, se ha recurrido a la inclusión de grasas tratadas (grasas inertes, protegidas, sobrepasantes o grasas bypass), que pasan a través del rumen sin que un gran porcentaje de ellas sea disociado; tal disociación ocurre cuando llegan al abomaso y al intestino delgado, y entonces pueden ser digeridas. De esta manera, se contrarresta eficientemente el déficit de energía sin producir efectos negativos sobre el metabolismo y la fermentación microbial y por lo tanto, pueden incorporarse en una mayor proporción, si no se utilizan suplementos grasos o semillas de oleaginosas (Gómez, 2002).

En este trabajo se hace una revisión de los principales métodos utilizados para proteger la grasa de degradación en el rumen, y su uso en la alimentación animal.

### **Producción de grasas protegidas**

Las grasas inertes, llamadas también protegidas o by-pass, involucran un grupo de productos diseñados para rumiantes, caracterizados por tener un efecto inhibitorio mínimo sobre el metabolismo de las bacterias gram positivas y protozoos. Esta protección se obtiene sin detrimento aparente de su digestibilidad intestinal (Palmquist, 1991; Wu, *et al.* 1991).

Las grasas inertes que existen en el mercado corresponden a dos grandes grupos: las grasas cálcicas y las grasas hidrogenadas. Sin embargo, existen otros métodos que, aunque su uso ha sido discontinuado, sirven para proteger la grasa a través del rumen, entre ellos, está el encapsulamiento o protección por recubrimiento con una película de proteína protegida de la acción de las bacterias del rumen. Este método, ha perdido interés por su costo y por la dificultad para que las partículas resultantes, resistan de forma íntegra, las manipulaciones en fábrica (molienda, adición de vapor, granulado y otros). Una ventaja importante de

este tipo de grasas es su naturaleza sólida, lo que permite su uso en fábricas pequeñas, sin instalaciones para líquidos, o bien ser utilizadas directamente en las fincas. De hecho, en algunas situaciones, estas grasas inertes diseñadas para ruminantes se utilizan en piensos para monogástricos. Además, la calidad del gránulo suele ser superior cuando se utilizan grasas sólidas que cuando se utilizan grasas líquidas (Mateos *et al.* 1996).

Otro método de menor uso, es el molido de semillas oleaginosas (soya y girasol), y tratamiento con formaldehído y calor para formar un complejo insoluble que previene su liberación y biohidrogenación en el rumen. Sin embargo, con esta técnica se reportan dificultades para prevenir la auto oxidación (rancidez) (Mateos, *et al.* 1996). Así mismo, Petit, *et al.* (2002) encontraron que el tratamiento de ácido linoleico con formaldehído tuvo poco efecto en limitar la biohidrogenación en el rumen. Posiblemente resultados como éste, han conllevado a su menor utilización en los últimos años.

A continuación se detallan los dos tipos de grasas protegidas que están siendo utilizados con mayor énfasis para la alimentación de ruminantes, así mismo, se hace una breve descripción de su forma de producción.

### **Grasas cálcicas**

Este tipo de grasa, en la que se produce una saponificación con calcio de los ácidos grasos, fue ensayado experimentalmente en 1.982 por investigadores en la Universidad de Ohio; considerándolas como las representantes de una «nueva generación de grasas protegidas» (Gil, 2002).

Son también conocidas como jabones cálcicos, poseen un seguro y doble mecanismo de acción para hacerse «inertes» en rumen, el punto de fusión sobre 50°C (suele ser no menos de 90°C) y solubilidad a pH inferior a 5.5. A pH normales del rumen (6,0-6,3), estos jabones permanecen sin disociar en una gran proporción, en el líquido ruminal y por tanto se consideran “inertes”. Sin embargo, en abomaso, el pH disminuye hasta 2 - 2,5 por lo que se disocian con mayor facilidad, dando lugar a calcio y a los ácidos grasos libres correspondientes que son entonces absorbidos en el yeyuno. Los jabones cálcicos permiten que una mayor proporción de ácidos grasos insaturados alcancen el intestino delgado, con lo que la digestibilidad intestinal de la grasa aumenta (Gil, 2002).

La mayoría de las grasas cálcicas disponibles en el mercado se fabrican a partir de ácidos grasos destilados del aceite de palma, cuyo perfil de ácidos grasos es ideal para ruminantes ya que su punto de fusión está en torno a los 38°-39°C,

próximo a la temperatura corporal del animal. El aceite de palma es rico en ácido grasos palmítico 38%, oleico 46%, esteárico 5% y linoleico 10%. Tiene una parte líquida (oleico y linoleico) y una sólida (palmítico + esteárico). En la industria es posible separar la parte líquida de la sólida en un proceso denominado Winterización, el cual se realiza a 5° C.

Existe la posibilidad de fabricar jabones cálcicos con aceites de otros orígenes (coco, pescado, girasol, etc); en estos casos es importante tener en consideración su composición en ácidos grasos y su punto de fusión.

Estas grasas sobrepasantes en rumen, suelen contener no menos de un 84% de materia grasa, no menos de un 95% de digestibilidad y absorción intestinal y deberían presentar, idealmente, un perfil de ácidos grasos acorde al propio de la especie animal a suplementar. En caso contrario se corre el riesgo de alterar el perfil característico de las grasas del animal, aunque esto también puede ser un objetivo a perseguir, para aumentar el porcentaje de ácidos grasos insaturados como Linoleico y Linolénico, benéficos para la salud humana. Otras de sus ventajas es que tienen un alto grado de palatabilidad, unas buenas características de fluidez con los restantes componentes del concentrado, gracias a su presentación en forma de granos de fino tamaño y que se comporta como un aglomerante, lo que facilita la producción de gránulos de excelente dureza (FEDNA, 1999).

Contrario a lo anterior, Gil (2002), menciona como inconveniente la baja palatabilidad (son jabones) y el alto contenido en calcio; este último punto debe ser tenido en cuenta a la hora de formular.

Algunos de los productos existentes en el mercado utilizan un jabón cálcico de ácidos grasos destilados de aceite de palma combinado con una fuente de metionina, lo que permite adicionar las ventajas de esta última. El jabón cálcico de estos productos, como ya se mencionó, no recubre la fibra del rumen ni inhibe la acción de los microorganismos, por lo que no interfiere en el funcionamiento ruminal y la metionina al estar incluida dentro de la grasa tampoco es degradada en rumen, por lo que ambos constituyentes son absorbidos íntegramente en el intestino. La metionina es el primer aminoácido limitante para la síntesis de proteína en ganado lechero y de ceba y, por tanto, un aporte inadecuado de la misma puede limitar la producción de proteína tanto muscular como láctea (Chalupa, *et al.* 1996.; Klemsrud, *et al.* 1998). Se recomienda que esta metionina esté protegida frente a la degradación ruminal para que llegue íntegra al duodeno y pueda ser absorbida como tal. Las cantidades recomendadas varían según el nivel de producción y las características de la ración completa, pero

como orientación, algunas casas comerciales sugieren suministrar una dosis mínima de 350 - 500 gr / vaca / día. Así mismo, recomiendan utilizar el producto durante al menos los primeros 100 días de lactación, pudiéndose distribuir durante todo el ciclo.

La resistencia a la biohidrogenación ruminal de todos los ácidos grasos presentes en los jabones cálcicos no es la misma. En la medida en que incrementa el grado de insaturación, aumenta la biohidrogenación. La biohidrogenación de C18:1, C18:2, y C18:3 de jabones cálcicos de aceite de palma fue 46, 65 y 83%, respectivamente. Como resultado, las cantidades de ácido linoleico liberado al intestino delgado de vacas lecheras lactantes suplementadas con diferentes fuentes de grasa varió ampliamente en un rango entre 3 y 120 g/día (Tabla 1). Staples (2003) considera que estas pequeñas cantidades de suplementación de ácido linoleico estimulan la función reproductiva, indicando su gran potencial como ácido graso esencial.

**Tabla 1. Estimación de la liberación de ácido linoleico dietario al intestino delgado**

| Fuente de grasa                                  | Grasa consumida<br>kg/d consumido | Ácido linoleico<br>g/d | Ácido linoleico que aparece<br>en intestino delgado g/d <sup>1</sup> |
|--|-----------------------------------|------------------------|--|
| Semilla de algodón                               | 2.8                               |                        | 300      45 - 120  |
| Semilla de soya                                  | 2.8                               |                        | 300      45 - 120  |
| Grasa amarilla                                   | 0.45                              |                        | 77      12 - 31  |
| Sebo   | 0.45                              |                        | 23      3-9  |
| Megalac (fuente<br>comercial de a.<br>Linoleico) | 0.45                              |                        | 38      15-25  |

<sup>1</sup>Asume una biohidrogenación de 60 - 85% para semillas y grasas derretidas y 35 - 60% para Megalac.

### Grasas hidrogenadas

El proceso consiste en hidrogenar los dobles enlaces de diversas fuentes lipídicas a fin de elevar su punto de fusión (por encima de 50°C), reduciendo de esta forma su actividad en rumen. Este proceso es similar al de obtención de las margarinas y las principales fuentes lipídicas utilizadas en la confección de estas grasas son las oleínas de palma, sebo y las oleínas de pescado.

Las grasas hidrogenadas son aceites que han sido procesados a través de un método de endurecimiento químico para lograr el aumento de la plasticidad (rigidez) de los aceites líquidos a temperatura ambiente. La hidrogenación par-

cial (hidrogenación «brush») endurece los aceites pero no los hace totalmente sólidos. La hidrogenación total requiere la conversión completa de un aceite líquido en una grasa sólida a temperatura ambiente (72° F - 22° C). Un aceite completamente hidrogenado tiene grasas saturadas naturales intactas y todos los ácidos grasos mono y poliinsaturados convertidos de su configuración fluida a una configuración formada en su totalidad por grasas trans rígidas. (FEDNA, 1999).

El proceso de hidrogenación emplea alta temperatura, un catalizador metálico tal como níquel, zinc, cobre u otros metales reactivos, y gas hidrógeno. Los metales son utilizados para reaccionar con el gas hidrógeno, el que es inyectado en la mezcla. Los metales catalizan la reacción y convierten los ácidos grasos, al liberar una de las moléculas de hidrógeno adheridas y al rotar la mitad del diámetro de la cadena de carbono. Esto crea una nueva estructura molecular que resulta en un material más duro o rígido; de allí el cambio de un líquido a una sustancia semi-sólida o sólida. Esta nueva estructura endurece con el proceso de hidrogenación, haciendo que el aceite se comporte como una grasa saturada (tal como el aceite de coco que tiene un porcentaje de saturación de 92% y es sólido a temperatura ambiente).

Firkins y Eastridge (1994), mencionan como problema a considerar con el uso de grasas hidrogenadas, el hecho de que la hidrogenación de los ácidos grasos, especialmente de los de cadena larga, reduce su digestibilidad en el intestino delgado y por lo tanto, de un deseable by-pass ruminal se podría pasar a un indeseable by-pass a lo largo de todo el tracto digestivo, que finalmente hace perder un alto porcentaje de la grasa en las heces. Estos autores recomiendan el uso de grasa hidrogenada obtenida preferiblemente a partir de bases grasas saturadas «sólidas» o de una mezcla de ellas (requieren de menor hidrogenación artificial para subirle el punto de fusión, como el caso del sebo, aceite de palma, aceite de coco y otros). En otras palabras, no consideran recomendable que los aceites o ácidos grasos que tienen un mayor porcentaje de insaturación (por ejemplo, el aceite de pescado), sean hidrogenados, debido a que se perderían en mayor cantidad por las heces, sin haber sido absorbidos en el intestino y, además, podría producirse un problema de contaminación medioambiental.

Contrario a los reportes de Firkins y Eastridge (1994), en Chile, uno de los países de mayor producción de harinas de pescado del mundo, González y Bas (2002) reportan que se ha comenzado a utilizar un suplemento a base de aceites de pescado hidrogenados como ingrediente en las dietas de vacas lecheras. Los antecedentes de este producto sobre la digestibilidad de la dieta, la producción y

la composición química de la leche han mostrado un buen comportamiento. Inicialmente en trabajos *in vitro* se determinó que el aceite de pescado protegido como sal cálcica, o hidrogenado, no afectó la digestibilidad de la pared celular hasta niveles de inclusión del 6% de la dieta. Los resultados obtenidos fueron confirmados posteriormente por trabajos *in vivo*, en los que se encontró que la digestibilidad aparente y la degradación de la FDN no fueron afectadas por el tipo de grasa o nivel de inclusión hasta 6%.

Los factores negativos mencionados con el uso de grasa totalmente hidrogenada podrían ser la causa que ha conllevado a una mayor utilización de grasas parcialmente hidrogenadas, conocidas como grasas de hidrogenación parcial o «brush». Este proceso consiste en una etapa de conversión mínima que solo ofrece un pequeño grado de reacción por hidrogenación. La hidrogenación «brush» aumenta la estabilidad de los ácidos grasos tales como los aceites poliinsaturados omega 3 (linolénico) y omega 6 (linoleico). La grasa parcialmente hidrogenada tiene una estructura modificada y diferente de la versión totalmente saturada, pero como no todas las uniones fueron llenadas con hidrógeno, puede ser probable que contengan más catalizador metálico; además, como quedan uniones de hidrógeno sin llenar, puede ponerse rancia más rápidamente que los aceites totalmente hidrogenados.

Algunas de las ventajas comparativas de las grasas parcialmente hidrogenadas frente a otras grasas inertes son su mayor palatabilidad y su mayor contenido en grasa (Mateos *et al.* 1996).

Durante el proceso de hidrogenación, los átomos de hidrógeno son insertados sin un orden particular (la naturaleza lo hace en una forma muy controlada). Cuando se detiene el proceso incompleto de hidrogenación (producción de grasas parcialmente hidrogenadas) los ácidos grasos insaturados están en diferentes etapas de hidrogenación. Algunas moléculas están mayormente hidrogenadas mientras otras no lo están; y, a menudo, las uniones dobles han pasado a posiciones no naturales. Cada molécula puede estar en diferente configuración *cis*-/*trans*. FEDNA (1999) menciona que la hidrogenación del aceite de soya resulta en un 30% de isómeros *trans*, mientras que con otras materias primas como fuente de aceite, esta transformación a *trans*, es aún mayor.

El hecho de que el proceso de hidrogenación permita una mayor utilización de ácidos grasos a nivel de intestino y por lo tanto que éstos posteriormente formen parte de los lípidos del animal, encontrándose en su carne, grasa y leche, ha ocasionado diversas opiniones debido al posible efecto que puedan tener los

ácidos grasos trans, producto de la hidrogenación, sobre la salud humana. Algunos estudios reportan que los ácidos grasos trans elevan el colesterol LDL (malo) en sangre, casi tanto como los ácidos grasos saturados. En un trabajo realizado por Willet, *et al.* de la Universidad de Harvard, en el que se le hizo seguimiento por ocho años a 85 mil enfermos, se concluyó que los ácidos grasos trans (especialmente de margarina), incrementan significativamente el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Creces, 2001). Sin embargo, otros estudios han mostrado que los ácidos grasos trans tienen menores efectos que los saturados. Por lo tanto, La American Dietetic Association (2000) considera que la evidencia científica no es suficiente para demostrar los efectos adversos de los ácidos grasos trans sobre los niveles de colesterol en sangre. Del mismo modo, Sanhueza, *et al.* (2002) menciona que el consumo de ácidos grasos *trans* ha sido fuertemente cuestionado por los Comités de Expertos en Nutrición, ya que la evidencia científica indica que estos isómeros son dañinos para la salud, por sus efectos a nivel de los lípidos sanguíneos, por su acción inhibitoria sobre la actividad de enzimas hepáticas, por la modificación que producen en la fluidez de las membranas celulares, entre otras; y por tanto, la recomendación es evitar el consumo de ácidos grasos *trans*, lo cual es acogido por la legislación sanitaria de muchos países que obliga a declarar el contenido total de ácidos grasos *trans* de productos como las margarinas y las mantecas. Sin embargo, este último autor considera que a la luz del conocimiento actual, la generalización del concepto sobre el efecto dañino de los ácidos grasos *trans* deberá ser revisada, ya que algunos de estos isómeros pueden tener efectos beneficiosos en la nutrición y salud humana como en el caso del ácido linoleico conjugado (CLA) con isomería *Cis trans*.

## Uso de grasas protegidas en la alimentación animal

En los últimos años, a nivel mundial, la investigación en el uso de grasas protegidas en rumen está siendo orientada hacia el mejoramiento de la producción y reproducción animal, y hacia el cambio en la calidad de la carne y de la leche, como estrategia para el ofrecimiento de productos más saludables para el consumo humano.

**Efectos en la producción y composición de la leche.** La mayoría de investigaciones realizadas en ganado lechero han mostrado un incremento en la producción de leche, con aumento en el contenido de grasa, sin afectar la proteína, mientras que algunas, reportan disminución en la proteína, y otras no han encontrado cambios significativos.

En Colombia se han realizado algunos trabajos en la suplementación de ganado lechero con grasa protegida en rumen. Sin embargo, las publicaciones son limi-

tadas dificultando el acceso a la información, razón por la cual la revisión que se presenta en este artículo, se basa principalmente en investigaciones realizadas y publicadas en otros países.

Bargo (2002) reporta resultados de investigaciones realizadas sobre el efecto de la suplementación con grasas a vacas lecheras en pastoreo; las fuentes de grasas usadas en estas investigaciones han incluido grasas inertes en el rumen como grasa hidrogenada de pescado, sales de Ca y ácidos grasos de alto punto de fusión. La cantidad de grasa suplementada ha variado de 200 a 1000 g/d. En estos trabajos, en promedio, la suplementación con grasas no afectó el consumo de MS total ( $0.3 \pm 1.3$  kg/d,  $P = 0.83$ ), aumentó la producción de leche ( $1.43$  kg/d  $\pm$   $0.37$  kg/d,  $P < 0.01$ ); no afectó el porcentaje de grasa ( $0.025$  unidades porcentuales  $\pm$ ,  $0.149$ ,  $P = 0.87$ ) ni el de proteína ( $0.019$  unidades porcentuales  $\pm$ ,  $0.034$ ,  $P = 0.59$ ).

Así mismo, Maiztegui, *et al.* (2000), evaluaron la respuesta de vacas Holando Argentino, múltiparas, en lactancia temprana, en término de producción y composición química de la leche utilizando dos tratamientos. TC: testigo y AHP: incorporación de aceite hidrogenado de pescado en la dieta (Tabla 2). En esta investigación se evaluaron cuatro períodos: 1-30; 31-45; 46-60 y 61-75 días de lactancia. La incorporación de grasa hidrogenada de pescado a la dieta representó un aumento significativo en la producción diaria y en el contenido de grasa butirosa de la leche. La producción de grasa y proteína fue significativamente mayor en las vacas que recibieron grasa hidrogenada de pescado en todos los períodos. Se concluyó que la incorporación de un suplemento de alta densidad energética puede mejorar significativamente los rendimientos de grasa y proteína lácteas (Tabla 3, Fig. 1)

Del mismo modo, en un estudio realizado por Ferguson, *et al.* (1990), se evaluó la suplementación con grasa sobrepasante en la dieta usando 39 vacas en Israel y 214 vacas en 3 fincas en Pensylvania, (USA) desde el día 0 hasta los días 100 y 150 posparto. La producción de leche corregida por grasa (3.5%) fue significativamente mayor ( $1.8$  kg/vaca/día) para las vacas de Israel y no significativas para las vacas de Pensylvania ( $0.7$  kg/vaca/d), respecto al testigo. Así mismo, Carrol, *et al.* (1990), suministraron grasa sobrepasante entre 0 y 5% de la dieta (en materia seca) a 46 vacas Holstein, mayores de un parto, desde el día 5 hasta el día 100 de la lactancia; la producción de leche corregida por grasa no fue diferente hasta la 6<sup>ta</sup> ó 14 semana de la lactancia.

Estudios recientes realizados por Gagliostro, *et al.* (2002), también evaluaron el efecto del aporte de sales cálcicas insaturadas de ácidos grasos (AGI-Ca) en vacas lecheras en pastoreo sobre la producción y composición química de la leche

(incluyendo niveles de ácidos grasos) consumo, variación de peso vivo y de estado corporal y metabolitos. Los resultados encontrados permitieron concluir que la sustitución de grano de maíz por AGI-Ca en vacas en lactancia media y en pastoreo, permitió incrementar la producción de leche y de proteínas lácteas, sin modificar la secreción de grasa butirosa; el nivel basal de CLA obtenido en alimentación con pasturas de invierno resultó tan solo moderado y se encontró dentro del rango de valores extremos observados por otros (0,5 a 2,2%) para vacas en condiciones de pastoreo. La concentración de CLA en leche fue exitosamente incrementada (+58%) mediante el aumento a nivel ruminal de la biodisponibilidad de ácido linoleico (C 18:2).

Evaluaciones realizadas en cabras, igualmente han mostrado un efecto positivo de la utilización de grasa protegida en rumen. Martín, *et al.* (2002) evaluaron el efecto de la suplementación con 100 gr/animal/día de grasa sobrepasante en cabras de la raza Verata, durante 210 días de lactación, encontrando una clara tendencia hacia un mayor nivel productivo, tanto en la producción lechera como en la materia grasa y del extracto seco total, con un ligero descenso no significativo en el porcentaje de proteína.

En general, Acosta (2002) menciona que los mayores y mejores efectos en la utilización de suplementos con grasa sobrepasante se logran en la primera mitad de la lactancia (hasta los 120 días pos parto).

A pesar de los resultados positivos que se han encontrado en producción y composición de leche, algunos estudios han mostrado efectos negativos en el contenido de proteína. Coppock y Wilks (1991), reportan resultados de un estudio realizado con sales cálcicas del ácido linoleico, en el que se incrementó la grasa pero decreció la proteína; el promedio de respuesta fue de + 2.40 kg/d de leche; + 0.05 de porcentaje de grasa en la leche; +2.64 kg/d de grasa corregida (3.5%); y -0.16% de proteína de la leche. Así mismo, Eastridge (2002) menciona disminución en el contenido de proteína de leche cuando se suplementan vacas lecheras con grasa, con valores típicos de 0.1 a 0.2 unidades porcentuales; sin embargo, considera que este efecto se produce solamente si se afecta la acción de los microorganismos en el rumen.

En cabras también se han encontrado efectos negativos en el contenido de proteína de la leche. Pérez, *et al.* (1996) evaluaron el efecto de la suplementación con grasa protegida, rica en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), sobre la producción de leche de cabra. El tipo de dieta no tuvo efecto en la producción de leche; sin embargo, el contenido de grasa fue mayor en las cabras suplementadas con grasa protegida, mientras que el contenido de proteína fue menor. En este trabajo,

aunque se encontró detrimento en el contenido de proteína, se obtuvo un efecto benéfico en la composición de ácidos grasos de la leche; el porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados fue mayor para las cabras suplementadas con grasa protegida. Estos resultados sugieren que la suplementación con AGPI puede ser una estrategia apropiada para mejorar la calidad de la leche de cabra para la salud humana ya que el mayor contenido de ácidos grasos insaturados en la dieta ha sido relacionado con la capacidad para reducir riesgos coronarios y problemas de cáncer (American Dietetic Association, 2000). Así mismo, el *New England Journal of Medicine* menciona que los ácidos grasos insaturados son de gran importancia en la salud humana, ya que promueven la disminución de los niveles de colesterol malo (de baja densidad LDL) e incrementa los niveles de colesterol bueno (de alta densidad HDL), lo que favorece la movilización de grasa y evita la obstrucción arterial.

En ovejas, cuya leche es utilizada para la producción de quesos, se ha encontrado que la suplementación con grasa protegida, específicamente jabones cálcicos, mejora la producción de leche y el contenido de grasa, dependiendo de la etapa de la lactación y el tipo de ácido graso utilizado en la suplementación y, en la mayoría de los casos, deprimen el contenido de proteína entre 1-6 gr/l (Caja y Bocquier, 1999).

Gallardo (2001) considera que para que no se produzca un efecto negativo en el contenido de proteína de la leche al suplementar con grasa protegida, se debe formular una dieta que no contenga más de 400 g de grasa protegida, suplementando principalmente durante la etapa de transición y la lactancia temprana, cuando las vacas de alto mérito genético manifiestan en pleno el «balance energético negativo». Sin embargo, este aspecto aún no es claro.

**Tabla 2. Consumo estimado de los diferentes ingredientes de las dietas**

| Componente               | TC=testigo | Kg MS/vaca/ día                   |
|--------------------------|------------|-----------------------------------|
|                          |            | AHP=aceite de pescado hidrogenado |
| Pradera alfalfa          | 6.0        | 6.0                               |
| Heno de alfalfa          | 1.8        | 1.8                               |
| Silaje de maíz           | 4.9        | 4.9                               |
| Concentrado comercial(*) | 3.11       | 2.67                              |
| Semilla de algodón       | 2.76       | 1.84                              |
| Sorgo, grano             | 2.64       | 1.76                              |
| Girasol, expeller        | 0.950      | 1.23                              |
| Aceite de pescado        | 0          | 0.399                             |
| Total                    | 22.16      | 20.6                              |

(+) Base sorgo; maíz; afrechillo de trigo; expeller girasol y núcleo vitamínico-mineral

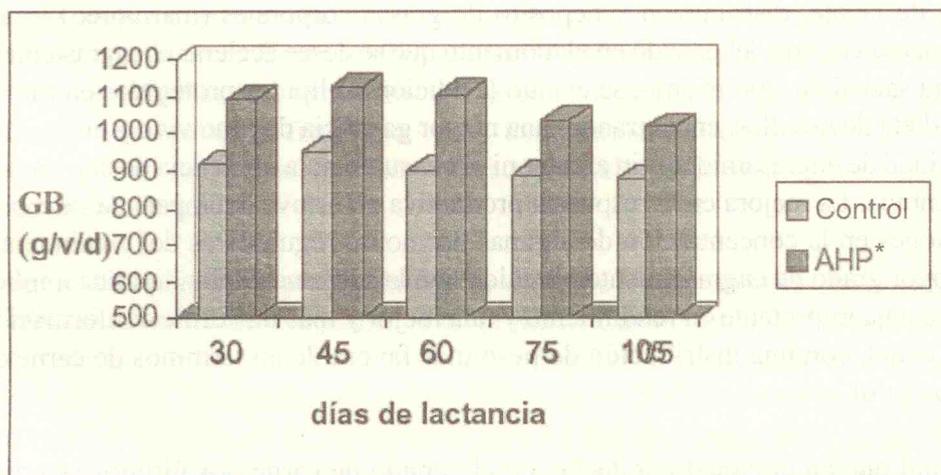
Fuente: Maiztegui, *et al.* (2000)

**Tabla 3. Producción y composición de la leche en diferentes períodos de la lactancia temprana.**

| DÍAS DE LACTANCIA  | 1-30     |      | 31-45 |      | 46-60  |      | 61-75 |      | 76-100(ER) |      |
|--------------------|----------|------|-------|------|--------|------|-------|------|------------|------|
|                    | Con-trol | AH*P | TC    | AHP  | TC     | AHP  | TC    | AHP  | TC         | AHP  |
| Leche (l/vaca/día) | 26,4     | 27,3 | 27,1  | 29,2 | 28,5   | 30,6 | 27,8  | 30,1 | 27,6       | 30,0 |
| Diferencia (%)     | 3,4      |      | 7,7** |      | 7,4*   |      | 8,3** |      | 8,7**      |      |
| Grasa Butirosa (%) | 3,47     | 4,00 | 3,53  | 3,78 | 3,28   | 3,61 | 3,19  | 3,43 | 3,18       | 3,38 |
| Diferencia (%)     | 15,3**   |      | 7,1   |      | 10,1** |      | 7,5** |      | 6,3*       |      |
| Proteína Bruta (%) | 3,19     | 3,25 | 3,15  | 3,15 | 3,06   | 3,09 | 3,20  | 3,23 | 3,19       | 3,21 |
| Diferencia (%)     | 1,9      |      | 0     |      | 1,0    |      | 1,0   |      | 0,6        |      |

Fuente: Maiztegui, *et al.* (2000)

\* Atp: aceite hidrogenado de pescado



**Fig. 1: Producción diaria de grasa butirosa por vaca (gramos/vaca/día) en cada período de lactancia. \* Aceite hidrogenado de pescado**

Fuente: Maiztegui, *et al.* (2000)

**Efectos en la ganancia de peso y composición de la carne.** La investigación realizada sobre el uso de grasa en la dieta de ganado de carne es escasa a diferencia de lo que ocurre en ganado de leche, y más aún, en el uso de grasa protegida en rumen. Además, los resultados encontrados, son contradictorios y no muestran un efecto concluyente, indicando que es necesaria una mayor investigación al respecto, como se aprecia a continuación.

Algunos estudios, realizados en Colombia (Escobar, 2002) y en México (López, *et al.* 2002), en los que se evalúan el efecto de la suplementación de grasa protegida en rumen, sobre la ganancia de peso y características de la canal en novillos, no han encontrado efectos significativos. Escobar (2002) evaluó el uso de las grasas protegidas en rumen (aceite de palma) y torta de palmiste, en raciones para novillos, en dietas de finalización, en los Llanos Orientales de Colombia. Mientras que López, *et al.* (2002), evaluaron el crecimiento y características de la canal de bovinos Charolais y Beefmaster alimentados con dos fuentes de proteína y dos niveles de grasa protegida en rumen (0 y 3% de jabones de calcio de una fuente comercial "Megalac"). Estos resultados coinciden con los encontrados por autores como Ngidi, *et al.* (1990); Hill y West (1991); Fkiharty y Loerch (1997), y son contrarios a los efectos positivos reportados por Zinn (1989); Brandt y Anderson (1990); Bartle, *et al.* (1994), Zinn (1996) y Fenzo (2002). Este último autor reporta efectos positivos del uso de grasa protegida en la suplementación de ganado de carne, mencionando entre sus efectos una apreciable mejor condición y brillo de pelaje, distribución y depósito de grasas corporales (marmoreo) y una terminación rápida del ganado en el momento que se desee acelerar el engrasamiento para sacrificio. Así mismo, se evaluó la adición de lípidos protegidos en rumen en la dieta de novillos, encontrando una mayor ganancia de peso vivo y una mayor velocidad de engrasamiento sin afectar ni el consumo ni la eficiencia de conversión alimenticia. La mejora en la respuesta productiva no estuvo acompañada de modificaciones en la concentración de algunas hormonas reguladoras del crecimiento. El mayor grado de engrasamiento obtenido con la suplementación lipídica implicó una ventaja importante en rendimiento y una mejor y más uniforme conformación de la canal, con una distribución de peso más favorable en términos de carne de mayor valor.

Al igual que en el ganado de leche, en el ganado de carne, los últimos estudios están siendo enfocados a la manipulación de la dieta y a la implementación de diversos factores tecnológicos que permitan incrementar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados de la carne y, de esta forma, mejorar su calidad dietética. Corpoica y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2003), reportan un estudio en el que se determinó que la composición de los ácidos grasos de la

carne bovina se ve influenciada por factores tecnológicos propios de los sistemas de producción del trópico como el tipo de ganado, el tipo de alimentación, el contenido y perfil de ácidos grasos en la dieta. Así, se encontró un mayor contenido de ácidos grasos polinsaturados en las canales de animales cebú y sus cruces (3.12-3.69%) que en animales *Bos taurus* (2.19%), y en animales de zonas tropicales cuyo sistema de alimentación está basado en pasto (3.16%), comparado con animales de zona templada cuyo sistema de alimentación está basado en granos (2.19-2.57%). Así mismo, Santini, *et al.* (2002) mencionan que el sistema de producción y el plano nutricional ofrecido, pueden modificar considerablemente el perfil de ácidos grasos de la carne bovina. Del mismo modo, Cossu, *et al.* (2003), consideran que el contenido de ácidos grasos en los tejidos del ganado bovino, depende de su contenido en la dieta. En esta revisión no se encontraron resultados del cambio en la composición de la carne con el uso de grasas protegidas; sin embargo, estudios realizados por García, *et al.* (2003) evaluaron el efecto de la suplementación con dietas altas en ácido graso linoleico sobre el contenido de ácido linoleico conjugado de los tejidos de novillas de carne, encontrando un incremento significativo al comparar animales suplementados con animales no suplementados. Al respecto, Grummer y Klopfenstein (1996) consideran que las dietas altas en ácido linoleico aumentan la posibilidad de escape de ácido linoleico del rumen sin hidrogenar y parcialmente hidrogenado, aumentando así los precursores de ácidos grasos trans a nivel de leche y carne.

**Efectos en la reproducción.** Tanto en ganado lechero como en ganado de carne, las investigaciones realizadas sobre el efecto de las grasas protegidas en la eficiencia reproductiva han tenido dos enfoques: uno, hacia el efecto general de las grasas protegidas en la fisiología y en los parámetros reproductivos, y otro, hacia la diferenciación de los efectos de acuerdo al tipo de ácido graso utilizado en la suplementación.

La inclusión de grasas protegidas en la dieta de vacas posparto ha mostrado efectos contradictorias: Ferguson, *et al.* (1988) y Carroll, *et al.* (1990) no encontraron efectos significativos en la tasa de concepción de vacas lecheras suplementadas con grasas protegidas, así mismo, Filley, *et al.* (2000) no encontraron mejoramiento en la fertilidad de vacas Hereford x Angus, de primer parto, al ser suplementadas con jabón cálcico de ácido linoleico. Por el contrario, Petit (2003); Villagómez, *et al.* (2001), y Thatcher y Staples (2000) reportan un efecto positivo en la tasa de concepción y en la disminución del anestro posparto.

En términos generales, Mattos, *et al.* (2000) relacionan los efectos benéficos del suministro de grasas en la reproducción, con un efecto calórico y uno no calóri-

co. El efecto calórico ha sido asociado con el efecto que pueden ejercer las grasas sobre el balance energético del animal y por lo tanto, sobre la producción de niveles adecuados de LH y FSH en la hipófisis, estimulando una adecuada ovulación. Ruíz, *et al.* (1999) mencionan que cuando el animal está en balance energético negativo, se producen unas sustancias denominadas endorfinas, mediadas a través de la hormona del tejido graso denominada leptina, las cuales ejercen un bloqueo a nivel de factores liberadores (GnRH) de las hormonas LH y FSH, incidiendo en la producción de pulsos inadecuados de estas hormonas y por lo tanto en la ovulación.

Bajo condiciones de balance energético negativo y de movilización de reservas corporales, se cree que las vacas tienen un pobre desempeño reproductivo, reduciendo la frecuencia en los pulsos de LH que son necesarios para el crecimiento de los folículos preovulatorios (Mattos, *et al.* 2000). Bach (2003), reporta un efecto negativo del balance energético negativo en ganado lechero durante el principio de la lactación sobre el desarrollo folicular. Así mismo, Chelikani (1999) relaciona la grasa de la dieta con el mejoramiento del balance energético del animal, lo cual se refleja en la estimulación de la secreción de la hormona luteinizante (LH), lo que contribuye a un incremento en el número y tamaño del CL. Blezinger (2001) encontró que las vacas alimentadas con grasa tenían un mayor tamaño de los folículos ováricos, en promedio 27.13 % mayor que en vacas no suplementadas. En otro estudio realizado por Lucy *et al.* (1991) y reportado por Lucy, (2000) se encontró que el balance de energía estaba correlacionado positivamente con el tamaño y la longitud del folículo sobre el día 10 posparto ( $R^2=0.48$ ). Además, se encontró que el intervalo parto/primer ovulación fue más largo en vacas con un balance de energía negativo más acentuado. Dado lo anterior, Domecq, *et al.* (1997) consideran que existe una variedad de factores que deben tenerse en cuenta en el manejo y la alimentación del ganado bovino de cría en el período pre y posparto. Uno de los factores más importantes en el programa de alimentación durante esta etapa es la condición corporal de las vacas. Un animal debe entrar al período seco con la condición corporal establecida como óptima para el momento del parto (3.5-3.75).

Además de los efectos calóricos mencionados, diversos estudios han reportado que la mejora en la reproducción bovina por suministro de grasa se debe a que existen otras causas denominadas efectos no calóricos, que hacen relación con la síntesis de precursores de hormonas esteroidales que afectan la reproducción. Bach (2003) reporta como posibles efectos los siguientes: las grasas representan un sustrato directo para la producción de colesterol que a su vez es precursor de la progesterona y modula el metabolismo del ácido araquidónico que es precur-

tor de las prostaglandinas. La progesterona es una hormona producida en el cuerpo lúteo (CL), que ayuda al mantenimiento y preservación de la gestación. Mientras que las prostaglandinas, son hormonas producidas a partir de ácidos grasos insaturados, e intervienen en la reproducción de diversas formas, dependiendo del tipo de prostaglandina producida y la vía de síntesis utilizada. La prostaglandina  $\text{PGF}_2\alpha$  por ejemplo, es importante al momento del parto, para la recuperación uterina y para la recuperación ovárica posparto (Petit, 2003). Los últimos avances de la investigación en la reproducción de animales suplementados con grasa han estado orientados hacia la vía que siguen las diferentes fuentes de ácidos grasos para la síntesis de las prostaglandinas.

Mattos, *et al.* (2000) en un experimento realizado con ratas de laboratorio, encontraron que la reducción de la secreción de  $\text{PGF}_2\alpha$  a través de la alimentación con ácidos grasos poliinsaturados omega 3, puede mejorar la fertilidad por reducción de pérdida embrionaria causada por la supresión defectuosa de la secreción de  $\text{PGF}_2\alpha$  durante la preñez temprana.

Petit (2003) reporta una investigación realizada en el año 2002 en la que se observó una tendencia ( $P = 0.09$ ) a una mayor concentración de progesterona en sangre de vacas alimentadas con semillas de lino (fuente de ácido linolénico, omega 3) tratadas con formaldehído, comparado con vacas suplementadas con un producto comercial fuente de ácido linoleico sobrepasante "Megalac"; además, se observó una mayor tasa de preñez (87.5 vs 50%). Los autores consideran que los resultados podrían ser atribuidos a la diferencia en la síntesis de prostaglandinas, debido a que el ácido linolénico (omega 3) presente en las semillas de lino tratadas con formaldehído usa la vía metabólica del ácido eicosapentaenoico mientras que los ácidos grasos presentes en Megalac (Omega 6) usan principalmente la vía del ácido araquidónico y el primero, el ácido eicosapentaenoico, inhibe la síntesis de prostaglandinas. Sin embargo, en este experimento no hubo claridad en cuanto si el incremento en el tiempo de concepción fue un resultado del incremento en la mortalidad embrionaria o una mejora en la fertilización. Estos autores consideran que es necesaria más investigación para determinar las razones por las cuales se afecta la concepción con la alimentación con diferentes tipos de ácidos grasos omega-3 y omega 6.

Algunos resultados preliminares realizados por Gagnon, *et al.* (2000) mostraron que el tipo de ácido graso de la dieta influía diferencialmente al momento de la implantación embrionaria. Así mismo, Mattos, *et al.* (2000) reportan que ácidos grasos de la familia omega 3 reducen la síntesis ovárica y endometrial de  $\text{PGF}_2\alpha$ , decrece la velocidad de la ovulación en ratas y retarda el proceso de parto en

ovejas y humanos. Por el contrario, se cree que el uso de estos ácidos grasos puede ser utilizado en la preñez temprana del ganado, con el fin de contribuir a reducir la mortalidad embrionaria, ya que al inhibir la síntesis de  $\text{PGF2}\alpha$ , inhibe la regresión del CL.

Actualmente, Petit, *et al.* están llevando a cabo una investigación para demostrar la hipótesis de que vacas alimentadas con ácidos grasos omega 3 no presentan mortalidad embrionaria, comparados con los omega 6 procedentes de torta de soya o sales cálcicas de aceite de palma. Así mismo, la Universidad de Antioquia está llevando a cabo un estudio para evaluar el efecto del momento posparto (hasta la reactivación ovárica posparto o hasta la inseminación artificial) en el que se suministra jabón cálcico de ácido linoleico a vacas cebuínas de primer parto, sobre la tasa de preñez. Con este estudio se pretende inferir la posible vía que sigue el ácido linoleico y determinar, si el suministro de este ácido tiene o no un efecto negativo sobre la sobrevivencia embrionaria.

De acuerdo a las hipótesis reportadas hasta el momento y a los estudios que los soportan, se considera que el suministro de ácidos grasos omega 3 en la dieta debería ser usado durante la preñez temprana, mientras que una mayor proporción de ácidos grasos omega 6 deberían ser utilizados para estimular la reactivación temprana del ciclo ovárico posparto y que éstos no deberían ser utilizados en animales preñados porque podrían ocasionar abortos al estimular la vía de síntesis de las  $\text{PGF2}\alpha$  a través del ácido araquidónico. Sin embargo, aún falta mucha investigación para presentar resultados concretos.

### **Consideración final**

Aunque existen varios métodos para proteger la grasa de la acción de los microorganismos del rumen, el método de mayor utilización en la actualidad es la producción de jabones cálcicos de ácidos poliinsaturados (linoleico y linolénico). La revisión expuesta muestra resultados contradictorias en el efecto del uso de grasas protegidas sobre la composición de la leche, la ganancia de peso, y la reproducción; y aunque son mayores los resultados positivos, es importante considerar que aún falta profundizar en la investigación sobre los efectos en el cambio del perfil de ácidos grasos de la carne y de la leche, sobre el momento oportuno de su suministro posparto, la diferenciación de los efectos reproductivos de acuerdo al tipo de ácido graso utilizado y sobre el efecto del tipo de método utilizado para proteger la grasa.

## Referencias

- Acosta Y. 2002. Alimentación y Sólidos en Leche. INIA La Estanzuela. Programa Nacional de Lechería [http://www.inia.org.uy/investigacion/programas/produccion/ali\\_s%F3\\_leche.pdf](http://www.inia.org.uy/investigacion/programas/produccion/ali_s%F3_leche.pdf).
- American Dietetic Association. 2000. «What are trans fatty acids?». In the News, 2000. [www.eatright.org](http://www.eatright.org).
- Bach A. 2003. La reproducción del vacuno lechero: nutrición y fisiología. VII Curso de Especialización FEDNA. La reproducción del vacuno lechero: Nutrición y Fisiología. Purina, España. <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/2001CAPV.pdf>
- Bargo F. 2002. Suplementación en pastoreo: conclusiones sobre las últimas experiencias en el mundo.
- Bartle SJ, Preston RL, Miller MF. 1994. Dietary energy source and density: effects of roughage source, roughage equivalent, tallow level, and steer type on feedlot performance and carcass characteristics. *J. Animal Sci.* 72:1943.
- Brandt RT y Anderson SJ. 1990. Supplemental fat source affects feedlot performance and carcass traits of finishing yearling steers and estimated diet net energy value. *J Animal Sci.* 68:2208.
- Bavera A. 2002. Producción bovina de carne. [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/32-fisiologia\\_de\\_la\\_produccion\\_de-carne.htm](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/32-fisiologia_de_la_produccion_de-carne.htm)
- Blezyinger S. 2001. Including fat in rations can benefit reproduction. *Cattle today online.* <http://www.cattletoday.com/archive/2003/May/CT266.shtml>
- Campabadal C y Navarro H. 1998. Alimentación de la vaca en el período de transición. <http://www.aguiuc.edu/~asala/espanol/nutricionanimal/publicaciones/Alimentaci%F3n%20de%20la%20vaca%20en%20el%20per%20EDodo%20de%20transici%F3n.pdf>
- Chelikani P. 1999. Effect of Dietary Protein and Fat on Fertility. Department of Agricultural Food and Nutritional Science, University of Alberta; and, Divakar Ambrose, Beef and Dairy Group, Alberta Agriculture, Food and Rural Development. <http://www.western dairyscience.com/html/U%20of%20A%20articles/html/Fat%20&%20Fertility.html>
- Caja G y Bocquier F. 1999. Effects of nutrition on the composition of sheep's milk. Unitat de Producció Animal, Departament de Patologia, Produccio Animals, Universitat Autònoma de Barcelona
- Carroll DJ, MJ Jerred, RR Grummer, DK. Combs, RA Pierson, and ER Hauser. 1990. Effects of fat supplementation and immature alfalfa to concentrate ratio on plasma progesterone, energy balance, and reproductive traits of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 73:2855.
- Coppock CE, and DL Wilks. 1991. Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: Effects on intake, digestion, milk yield, and composition. *J. Anim. Sci.* 69:3826- 3837.
- Corpoica y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2003. Patrones de calidad de la carne bovina en algunas regiones del país. Documento Cadena Cárnica. p8-12.
- Contreras P. 2002. Efecto del déficit de energía al inicio de la lactancia sobre la salud y producción del ganado lechero. [www.exopol.com/general/eboletin/eboletinDic.html](http://www.exopol.com/general/eboletin/eboletinDic.html). Publicado en: Alonso Díez AJ, González Montaña JR, Rejas López J. Congreso de la Sociedad Española de Medicina Interna Veterinaria . León: Universidad de León, 2002; pp. 10-19. ISBN 84-7719-810-1.
- Chalupa W, Galligan D y Ferguson JD. 1996. Nutrición Animal en el siglo XXI. *Ganado Lechero. Anim. Feed. Sci. Tech.* 58:1-18. <http://www3.uach.mx/uach/edu/fz/Vacalec.htm>
- Cossu ME. 2003. La carne bovina argentina, ¿rica en CLA??. Departamento de Producción Animal- Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires. [http://www.publitech.com/Carne\\_Bovina.htm](http://www.publitech.com/Carne_Bovina.htm)
- Creces CL. 2001. Ojo con las margarinas. [http://educacion.123.cl/ciencia/articulos/ojo\\_margarinas.htm](http://educacion.123.cl/ciencia/articulos/ojo_margarinas.htm)
- Domecq JJ, Skidmore AL, Lloyd JW, and Kaneene JB. 1997. Relationship between body condition score and milk yield in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80:101.
- Eastridge M. 2002. Effects of Feeding Fats on Rumen Fermentation and Milk Composition. Department of Animal Sciences The Ohio State University. 12p.
- Escobar J. 2002. Evaluación nutritiva de la torta de palmiste enriquecida con aceite de palma africana (*Elaeis guineensis* Jack), en la ganancia de peso de novillos cebú en los llanos orientales. Resúmenes de las ponencias.
- FEDNA. 1999. Grasoleínas > 35% linoleico. [http://www.etsia.upm.es/fedna/grasasyaceites/grasoleinas\\_35.htm](http://www.etsia.upm.es/fedna/grasasyaceites/grasoleinas_35.htm) . En: Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos. C. de Blas, G.G. Mateos y P.Ga. Rebollar(Eds.).Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 496 pp.
- FEDNA. 1999. Jabón Cálculo mezcla. [http://www.etsia.upm.es/fedna/grasasyaceites/jabon\\_calculomezcla.htm](http://www.etsia.upm.es/fedna/grasasyaceites/jabon_calculomezcla.htm). En: Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos. C. de Blas, G.G. Mateos y P.Gª. Rebollar(Eds.).Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 496 pp.
- FEDNA. 1999 GRASA HIDROGENADA > 90%. Normas para la formulación de piensos compuestos. 3. - Valor nutritivo de grasas y aceites. Madrid.
- Firkins JL and Eastridge ML. 1994. Assessment of the effects of iodine value on fatty acid digestibility, feed intake, and milk production. *J. Dairy Sci.* 77:2357-2366.
- Fenzo R. 2002. Grasas de efecto bypass en rumiantes. Primera parte.

- Ferguson JD, Sklan D, Chalupa WV and Kronfeld DS. 1990. Effects of hard fats on in vitro and in vivo rumen fermentation, milk production, and reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73: 2864-2879.
- Ferguson J D, Torralba PL, Schneider B, Vecchiarelli D, Sklan D, Kronfeld D y Chalupa W. 1988. Response of lactating cows in commercial sites to calcium salts of long chain fatty acids. *J. Dairy. Sci.* 71: 254. (Abstract).
- Filley SJ, Turner HA, Stormshak. 2000. Plasma fatty acids, prostaglandin F2alpha metabolic, and reproductive responses in postpartum heifers feed with rumen bypass fat. *J Animal Sci.* Jan 78(1):139-44
- Fluharty FL y Loerch SC. 1997. Effects of concentration and source of supplemental fat and protein on performance of newly arrived feedlot steers. *J. Animal Sci.* 75:2308.
- Damián F. 2001. Suplementación con lípidos en bovinos de carne: metabolismo, efectos sobre la calidad de la canal, de la carne y sobre la salud humana. curso superior de producción animal 1-nutrición y alimentación (1 octubre - 21 diciembre 2001) c.i.h.e.a.m. Instituto Mediterráneo de Zaragoza. <http://www.redveterinaria.com/cyber/tesina.php>
- Gagliostro GA, Vidaurreta LI, Schroeder G.F, Rodríguez A y Gatti P. 2002. Incrementando los valores basales de ácido linoleico conjugado (CLA) en la grasa butirosa de vacas lecheras en condiciones de pastoreo. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, 22 (Suplem.1), 59-60. 25º Congreso Argentino de Producción Animal. Buenos Aires, 2 al 4 de octubre de 2002.
- Gallardo M. 2001. Los nutrientes by pass en los sistemas lecheros pastoriles: una moda o una necesidad. *Producir* XXI. Año 9. Nro 113. Marzo 2001. Página 34.
- Gagnon N, H V Petit and M Lessard. 2000. Dietary supplementation with n-3 fatty acid suppresses mononuclear cell proliferation in dairy cows. *Am. J. Reprod. Immunol.* 43 (6):336.
- García MR, Amstalden M, Morrison CD, Keisser DH, William GL. 2003. Age at puberty, total fat and conjugated linoleic acid content of carcass, and circulating metabolic hormones in beef heifer fed a diet high in linoleic acid beginning at four months of age. *J Animal Sci.* Jan; 81 (1):261-8
- Gil, F. 2002. Grasas protegidas. Rumen By-pass. <http://www.mundofree.com/pacogil/jabones.htm>
- Gómez C. 2002. Avances en alimentación de vacunos lecheros. Uso de grasas sobrepasante o protegidas [tarwi.lamolina.edu.pe/~cgomez/](http://tarwi.lamolina.edu.pe/~cgomez/) valor nutricional utilizacion de alimentos.ppt
- González F y Bas F. 2002. Las grasas protegidas como fuente en la alimentación de vacas. *Agronomía y Forestal Universidad Católica de Chile.*  
<http://www.faiif.puc.cl/extension/agroforuc/Revista%2014/gonzalez.pdf>
- Grummer RR and T Klopfenstein. 1996. Utilizing Rendered Products: Ruminants. In: DA Franco and W. Swanson (Ed.) *The Original Recyclers.* pp 129-173. [www.darlingii.com/finished/researchspan.htm](http://www.darlingii.com/finished/researchspan.htm)
- Hernández J y Salvador J. 2001. Falla en la concepción del ganado lechero: evaluación de terapias hormonales. *Vet. Méx.* 32 (4): 279-287.
- Klemsrud MJ, Klopfenstein TJ and Lewis AJ. 1998. Complementary responses between feather meal and poultry by-product meal with or without ruminally protected methionine and lysine in growing calves. *J. Anim. Sci.* 76:1970.
- Hill GM y West JM. 1991. Rumen protected fat in kline barley or corn diets for beef cattle: digestibility, physiological, and feedlot responses. *J. Animal Sci.* 69:3376
- López TR, García ER, Mellado BM, Acosta OJ. 2002. Crecimiento y características de la canal de bovinos charolais y beefmaster alimentados con dos fuentes de proteína y dos niveles de grasa sobrepasante. *Téc Pecu Méx* 2002;40(3):291-298.
- Lucy M. 2000. Improving Reproduction in Postpartum Dairy Cows: Potential Application of Polyunsaturated Fatty Acids (PUFA) and Somatotropin. University of Missouri, Columbia, USA. <http://animal.cals.arizona.edu/azdp/papers/lucy.pdf>
- Maiztegui J, Gallardo MR, Romano G, Valtorta S, y Castro H C. 2000. Suplementación con grasa protegida a vacas lecheras de alta producción en inicio de lactancia. *Revista FAVE* 14 (2): 15-22
- Martín L, Rodríguez P, Rota A, Rojas A, Patón D y Tovar J. 2002. Efecto del Empleo de Grasa Protegida sobre la Producción y Composición de Leche de Cabra. *Cabras* <http://home.utad.pt/apez/Publicacoes/revista/ano-i-1/art-13.htm>
- Mateos GG, Rebollar PG y Medel P. Utilización de grasas y productos lipídicos en alimentación animal: grasas puras y mezclas. <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/96capituloI.pdf>
- Mattos R, Staples CR and Thatcher WW. 2000. Effects of dietary acids on reproduction in ruminants. *Rev. Reprod.* 5:38-45.
- Mateos GG, Rebollar PG y Medel P. 1996. utilización de grasas y productos lipídicos en alimentación animal: grasas puras y mezclas. Departamento de Producción Animal Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 7 y 8 de noviembre de 1996 XII curso de especialización Fedna. <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/96capituloI.pdf>
- Ngidi ME, Loerch SC, Fluharty FL, Palmquist DL. 1990. Effects of calcium soaps of long-chain fatty acids on feedlot performance, carcass characteristic and ruminal metabolism of steers. *J.Anim Sci* 68:2555,
- Nutricio. 2002. Efecto de la adición de lípidos sobre la respuesta productiva de vacas lecheras y novillos en engorde a corral. *Avances y Resultados Técnicos de Prod. y Sanidad Animal* <http://www.intabalarce.org/Avances/NUTRICIO.HTM>

- Palmquist DL. 1991. Utilización de lípidos en dietas de rumiantes. <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/96capituloIII.pdf>
- Pérez L, Sanz M.R, Gil F and Boza J. 1996. Production of a more healthy goat milk. Use of diets supplemented with protected fat rich in PUFA. In: Intern. Symp. Basis of the Quality of Typical Mediterranean Animal Products, Badajoz (Spain), 29 Sept.-2 Oct. 1996, pp. 203-208.
- Petit H. 2003. Effects of Fatty Acids on Reproduction in the Dairy Cow: The Good and the Bad. Dairy and Swine Research and Development Centre Agriculture and Agri-Food Canada . O. Box 90, Lennoxville, QC J1M 1Z3 Canadá. 2002 Pacific northwest animal nutrition conference. [http://www.rochenutrafacts.com/pnw\\_02/PNW\\_02\\_11.pdf](http://www.rochenutrafacts.com/pnw_02/PNW_02_11.pdf).
- Petit HV, Dewhurst RJ, Scollan ND, Proulx JG, Khalid, M, Haresing W, Twagiramungu H y Mann GE. 2002. Milk production and composition, ovaric function, and prostaglandin secretion of dairy cows fed omega-3 fats. *J Dairy Sci.* 85(889-899).
- Ruíz Z, Bruce M y Olivera Angel M. 1999. Interacción reproducción-nutrición: es la leptina la clave?. *Rev Col Cienc Pec.* Vol 12:2.
- Santini FJ, Villarreal E, Paván E, Grigera J M y Grigera J.J. 2002. CLA en las carnes bovinas. INTA Balcarce, UBA-Fac. Agronomía. <http://www.agrohispana.com/escuela/verdoc.asp?Documento=bal017&Id>
- Sanhueza J, Nieto S, Valenzuela A. 2002. Ácido linoleico conjugado: un ácido graso con isomería trans potencialmente beneficioso. *Rev. Chil. Nutr.* Vol.29 No.2 Santiago Aug. 2002.
- Staples C and Thatcher WW. 2000. Fat Supplementation May Improve Fertility of Lactating Dairy Cows. <http://www.ces.uga.edu/Agriculture/asdsvm/Dairyscience/staples.htm>
- Thatcher WW y Staples CR. 2000. Effect of dietary fat supplementation on reproduction in lactating dairy cows. In: *Advances in dairy Technology* 12: 213-232.
- Villagómez E, Zárata J, Arellano H, Hernández V, Zapata L. 2001. Efecto de la inclusión de grasas saponificadas a sales de calcio en la dieta sobre el anestro posparto y la función tiroidea de vacas cebú. Décima cuarta reunión científica - tecnológica forestal y agropecuaria, Veracruz 2001. <http://orbita.starmedia.com/rcveracruz/premiacion.htm>
- Wu Z, Ohajuruka and Palmquist L. 1991. Ruminal synthesis, biohidrogenation, and digestibility of fatty acids by dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 74:2035.
- Zinn RA. 1989. Influence of level and source of dietary fat on uts comparative feeding value in finishing diets for steers: feedlot cattle growth and performance. *J Anim Sci.* 67:1029.
- Zinn RA. y Plascencia A. 1996. Effect of forage on the comparative feeding value of supplemental fat in growing finishing diets for feedlot cattle. *J. Animal. Sci.* 74:1194.

