



NUTRICIÓN

LAS GRASAS EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES

Zoot. JOHN MARCOS ARENAS
Representante Técnico Semillas Miguel Sáenz
Ex-practicante COLANTA

ABSTRACT



The theory that feeding cows calcium soaps of fatty acids during early lactation, will improve the productive performance was evaluated in our tropical conditions. Thirty holsteins cows from one to seven lactations, were divided into two groups of 15 from week two 12 postpartum. Fifteen cows were feed with 380 grams of calcium soaps of fatty acids from palm oil, concentrate, mineral salt and forage ad libitum. The first group contains 28 grams of calcium and two Mcal of lactation net energy more that second group fed insonitrogenous and equi forage rations. The fat source used in the firts group was calcium salt of palm faty acids oil (Speedmilk). Milk yield during week two through 12 post partum was 3% higher for cows feed added fat. Fat yield was 7% higher for cows feed added fat. Loss of body condition was 9% lower for cows added fat.

RESUMEN



La teoría de que las sales cálcicas de ácidos grasos de aceite de palma, pueden mejorar el comportamiento productivo en el inicio de la lactancia, fue evaluada en nuestras condiciones tropicales. Treinta vacas holstein entre la primera y séptima lactancia, fueron divididas en dos grupos de 15, desde la semana dos hasta la 12 post parto. 15 vacas fueron alimentadas con 380 gramos de sales cálcicas de ácidos grasos de aceite de palma, concentrado, sal mineral y forraje a libre disposición. El primer grupo contenía 28 gramos de calcio y dos megacalorías de ENL más que el segundo grupo alimentado con una dieta isoproteica y equiforraje. La fuente de grasa utilizada en el primer grupo era alta para las vacas suplementadas con grasa. La producción de grasa fue 7% mayor para las vacas con grasa. Las pérdidas de condición corporal fueron 9% menores para el grupo con grasa.



LAS GRASAS EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES

La vaca de alto rendimiento lechero ha traído una serie de problemas relacionados con la nutrición que no estaban presentes en la de baja producción. Los requerimientos energéticos son difíciles de proveer, especialmente durante el primer tercio de lactancia.

La vaca de alto rendimiento lechero ha traído una serie de problemas relacionados con la nutrición, que no estaban presentes en la de baja producción. Los requerimientos energéticos son difíciles de proveer, especialmente durante el primer tercio de lactancia, debido a una serie de limitantes como el apetito (que se encuentra disminuido), el estado nutricional y hormonal al que está sujeto el animal después del parto; la adaptación de los microorganismos a la nueva dieta y el balance mineral. Tal vez el más importante, al balance energético, donde la vaca alcanza su máxima producción en los primeros 100 días de lactación y

es prácticamente imposible, con la alimentación convencional, aportar la energía necesaria para cubrir sus necesidades.

La distorsión entre la capacidad de ingestión y las necesidades nutritivas, genera un déficit energético que moviliza las reservas de la vaca y sufre una pérdida de peso, que puede oscilar entre 0,5 y 2 Kg/día (7 y 27). Un kilogramo de grasa corporal movilizada puede suministrar 4,92 megacalorías (Mcal) de energía neta de lactancia (ENL), que alcanzan para producir 7 Kg de leche (6; 27 y 44) se estima que alrededor del 33% de la producción es mantenida por las reservas durante el primer tercio de lactancia.

Como la vaca no tiene las suficientes reservas, cae su potencial genético de producción de leche y tiene una deficiente reproducción. Así mismo, si se presenta pérdida excesiva de peso por movilización de reservas, se genera una serie de problemas entre los que se destacan: un rápido descenso en la producción de leche a partir del pico de lactación, mayor incidencia de cetosis, disminución del apetito, depresión del sistema inmune (infecciones uterinas), retención de placenta, distocia, ovarios quísticos y desplazamiento abomasal (24; 25; 26 y 27).

En cuanto a la alimentación, es difícil formular raciones que sean ricas en energía y fibra, para maximizar la producción láctea y la tasa de grasa de la leche, que a su vez, no contenga demasiado cereal (almidón) que puede causar problemas ruminales como la acidosis. La adición de grasa en reemplazo de grano, es un método ideal para incrementar la densidad energética, sin comprometer el contenido de fibra (3 y 54).

La energía metabolizable (EM) de las grasas, es tres veces mayor que la de los cereales (45), debido a que la grasa es transferida de energía digestible

(ED) a EM, con una eficiencia del 100%. Las proteínas y los carbohidratos sufren hasta un 14% de pérdidas en este punto (9), por lo tanto, la utilización de suplementos grasos en raciones convencionales para rumiantes, puede aumentar la densidad energética de la dieta más que cualquier otro nutriente.

**Glosario
de abreviaturas utilizadas**

AG	Ácidos grasos.
AGCC	Ácidos grasos de cadena corta.
AGCL	Ácidos grasos de cadena larga.
AGCLI	Ácidos grasos de cadena larga insaturados.
AGCLNE	Ácidos grasos de cadena larga no esterificados.
AGCM	Ácidos grasos de cadena media.
AGE	Ácidos grasos esenciales.
AGI	Ácidos grasos insaturados.
AGICL	Ácidos grasos insaturados de cadena larga.
AGL	Ácidos grasos libres.
AGMI	Ácidos grasos monoinsaturados.
AGPI	Ácidos grasos polyinsaturados.
AGS	Ácidos grasos saturados.
AGSCC	Ácidos grasos saturados de cadena corta.
AGSCL	Ácidos grasos saturados de cadena larga.
AGV	Ácidos grasos volátiles.
ED	Energía digestible.
EM	Energía metabolizable.
ENL	Energía neta de lactancia.
GA	Grasa activa.
GI	Grasa inerte.
LBD	Lipoproteínas de baja densidad.
Mcal	Megacalorías.
MG	Monoglicéridos.
SCAAG	Sales cálcicas de ácidos grasos.
SCAAGAP	Sales cálcicas de ácidos grasos de aceite de palma.
SCAAGCL	Sales cálcicas de ácidos grasos de cadena larga.

Clasificación y Origen de las Grasas en la Dieta de los Rumiantes

Los lípidos se dividen en dos grupos: con y sin glicerol. Cuando contienen glicerol se clasifican en simples y compuestos. Simples, como las grasas que están formadas por AG y glicerol; y compuestos, como los glucolípidos, galactolípidos o fosfolípidos que están formados por AG, glicerol y un azúcar o fosfato. Cuando no tienen glicerol, se clasifican en esteroides, colesterol y ceras (Tabla No.1).

Los Ácidos Grasos

Son moléculas de carbono enganchadas en una línea con un ácido (grupo carboxílico) en uno de sus extremos. Si cada uno de los carbonos tienen dos hidrógenos unidos a él, se dice que es un AG saturado al no haber espacio para más hidrógeno. Si por el contrario, hubiese espacio, el AG se llamaría insaturado o poly-insaturado.

Los AG se encuentran generalmente unidos a fosfolípidos o al glicerol formando una molécula en parecida a la letra E, llamada triglicérido (TG), con sitios de atadura en cada uno de sus tres brazos.

Los AG representan la vía más eficiente de acomodo molecular, para el almacenamiento de energía, y poseen diferentes características que dependen de lo largo de la cadena, grado de saturación y funciones químicas.

Los AG C 18:2 y C 18:3 no pueden ser sintetizados por los mamíferos. Son ácidos grasos esenciales (AGE) aportados por las grasas de origen vegetal, que los contienen en alta proporción. Estos AG, junto con el C 20:4 que es producto de la transformación del C 18:2, son constituyentes de diversas membranas y lipoproteínas enzimáticas que toman parte en el transporte lipídico y son utilizados para la síntesis de prostaglandinas (35).

Tabla No.1

Origen de algunos lípidos simples y compuestos

Triglicéridos	Cereales, semillas con alto contenido de aceite y grasas animales.
Glicolípidos	Forrajes, especialmente hierbas y legumbres.
Fosfolípidos	Existen como componentes menores en la mayoría de alimentos.
Ácidos Grasos Libres	Componentes de menor importancia en los alimentos naturales, pero componente principal en algunos suplementos de grasa.

EDWARDS, Jim. 1995 (14)

Tabla No.2

Ácidos grasos saturados

SATURADOS	SÍMBOLO
Butírico	(C 4:0)
Caproico	(C 6:0)
Caprílico	(C 8:0)
Cáprico	(C 10:0)
Laúrico	(C 12:0)
Mirístico	(C 14:0)
Palmítico	(C 16:0)
Esteárico	(C 18:0)
Araquídico	(C 20:0)
Behénico	(C 22:0)

DAVID HINESTROZA, Hilda Adriana. 1993 (11)

Tabla No.3
Ácidos grasos insaturados

SATURADOS	SÍMBOLO
Palmitoleico	(C 16:1)
Oleico	(C 18:1)
Linoleico	(C 18:2)
Linolénico	(C 18:3)
Araquidónico	(C 20:4)

DAVID HINESTROZA, Hilda Adriana. 1993 (11)

Absorción

Los TG, fosfolípidos, galactolípidos y otros componentes de la dieta, se dividen gracias a la alta capacidad de hidrolización de los microorganismos del rumen, en ácidos grasos libres (AGL), glicerol, galactosa y otros componentes, dependiendo de la naturaleza lipídica de la dieta. El glicerol y la galactosa son utilizados para la producción de ácidos grasos volátiles (AGV), mientras que los AG C 18:2 y C 18:3 sufren una hidrogenación que los convierte en C 18:0, con lo que se disminuye la totalidad de estos AGE. Esto explica la aparente contradicción en el sentido que, mientras las grasas de la dieta son altamente insaturadas, la grasa corporal de los rumiantes es muy saturada (35).

La mayoría de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y media (AGCM), son absorbidos a través de la pared ruminal, y los ácidos grasos de cadena larga no esterificados (AGCLNE), tienden a pasar bien sea asociados con el bolo alimenticio o como fosfolípidos microbianos hacia el intestino. No se ha precisado la cantidad exacta de AG de origen dietético que llegan al duodeno, sin embargo, se puede establecer que la cantidad es mayor a la ingerida, debido a la síntesis bacteriana que es proporcional a la energía disponible en el rumen (30).

Los fosfolípidos, sales pancreáticas y biliares, juegan un papel muy importante en la transformación de AG, estos asociados con el bolo alimenticio, forman agregados moleculares en una emulsión soluble llamada micela, junto con los monoglicéridos (MG) y TG restantes, facilitando su absorción a través de las microvellosidades intestinales (30).

La absorción de ácidos grasos insaturados (AGI), es más fácil debido a su tendencia hidrofílica. Los ácidos grasos saturados (AGS), se absorben con mayor dificultad (54%) y pueden formar sales insolubles en presencia del calcio (11 y 46). Posteriormente, gracias a la ayuda de un emulsificante natural, los AG se transportan en quilomicrones (lipoproteínas de baja densidad) por el sistema linfático. De esta manera, los rumiantes pueden absorber eficazmente hasta un 90% de las grasas alimenticias (53).

Los TG y ácidos grasos saturados de cadena larga (AGSCL), que viajan a través de la linfa, se dirigen hacia la sangre e hígado. Las lipoproteínas de baja densidad (LBD), no se metabolizan en el hígado y siguen por la sangre periférica hacia la glándula mamaria, allí proveen AG para la síntesis de grasa láctea y al músculo como fuente energética o al tejido adiposo para acumular reservas corporales (53).

Los AGI se vuelven a sintetizar en fosfolípidos, que sirven como fuente de energía y grasa para la leche (54).

Los AGCM se absorben como AGL en la sangre portal, y van al hígado donde se oxidan, no se depositan en el tejido adiposo, aunque la glándula mamaria los puede emplear directamente (53).

Metabolismo

Después de la absorción en el intestino, los AGSCL pueden ser metabolizados en dos rutas:



- La primera ruta es particularmente eficiente en términos de energía; los AG pasan a la ubre para ser incorporados directamente a la grasa de la leche.
- La segunda ruta tiene que ver con el metabolismo celular, en donde los AG son degradados, principalmente, por vía β -Oxidación hacia acetato y entran al ciclo tricarboxílico, para proveer energía en forma de adenosin trifosfato (ATP) (35).

Utilización

Los AG provenientes de la dieta se pueden emplear directamente, mediante la incorporación en los depósitos grasos del cuerpo o en la leche, bajo la influencia del sistema endocrino.

Hay dos hormonas que tienen mayor influencia sobre la utilización de nutrientes en los rumiantes,

la hormona del crecimiento, que es utilizada para producir leche, y la insulina para guardar reservas corporales.

Al comienzo de la lactancia los nutrientes se separan de la producción de leche, por la influencia de la hormona del crecimiento. Esta hormona forma parte del control homeorrético o de larga duración del metabolismo, y se encuentra alta al comienzo de la lactancia, en particular, cuando el animal se halla en un balance energético negativo, estimulando la movilización de los depósitos grasos, para mantener la producción de leche (54).

La insulina juega un papel muy importante durante la lactancia tardía, influenciando la deposición de grasa en el tejido corporal.

Es importante tener en cuenta que la insulina no

actúa o ejerce influencia sobre la glándula mamaria (54).

Origen de los Ácidos Grasos del Tejido Adiposo

Los AG del tejido adiposo tienen tres orígenes:

- El aporte dietético con modificación microbiana.
- La síntesis microbiana.
- La síntesis de novo en el citosol del adipocito.

Generalmente, del 40 al 50% de los AG del tejido adiposo son saturados, principalmente C 16:0 y C 18:0. El C 18:1 es el principal AGI (10).

Origen de los Ácidos Grasos de la Leche

Los TG conforman más del 97% de la grasa láctea y los AG son su principal constituyente (19), el resto corresponde a los fosfolípidos de la membrana del glóbulo graso (28).

La glándula mamaria puede sintetizar AGCC y AGCM a partir del acetato y del 3-OH-Butirato (19 y 28). Los lípidos circulantes en la sangre, aportan todo el C 18:0 que se encuentra en la leche y un 50% aproximadamente del C 16:0. Los lípidos de la sangre se pueden derivar de la digestión y la absorción de grasa dietética, o por la movilización de AG del tejido adiposo. La proporción de AG extraídos de la sangre, en relación con el peso de la grasa segregada, es superior al 35% y muy variable (28).

Los aportes de ácidos grasos de cadena larga (AGCL) de la dieta, ocasionan principalmente, un incremento del contenido de C 18:1 de la leche, debido a la desnaturalización del C 18:0 realizada por la glándula mamaria. Esta conversión causada por la enzima estearoyl coenzima A Coa (5), explica por qué la leche es superior en la relación 2:1 ó 3:1 del C 18:1 con respecto del C 18:0 (19).

Los AGCL pueden inhibir la síntesis de malonyl coA y por ende la síntesis de AGCC y AGCM, a partir de acetato y b-hidroxibutirato (5), bajando la proporción en la leche. Sin embargo, debe mantenerse la síntesis de éstos en la glándula mamaria, para garantizar que el punto de fusión de la grasa en la leche, no sobrepase la temperatura corporal (53). Afortunadamente el butirato puede ser sintetizado independientemente de la enzima (5).

El punto de fusión de los AG se incrementa conforme a la longitud de la cadena; pero disminuye con la insaturación para cualquier longitud de la cadena. Por lo tanto, entre más insaturado sea el ácido, disminuye aún más el punto de fusión. Así, el punto de fusión es mayor en el C 18:0 que en el C 18:1, y más todavía que el C 18:2 (32).

El punto de fusión hace que los AGCC y los ácidos grasos de cadena larga insaturados (AGCLI), sean líquidos a temperatura ambiente.

La insulina juega un papel muy importante durante la lactancia tardía, influenciando la deposición de grasa en el tejido corporal.



Eficiencias de la Tráferencia de Ácidos Grasos de la Dieta a la Leche

Las vacas de alta producción, frecuentemente, carecen de los AG requeridos para producir leche normal (15). La habilidad para modificar la grasa de la leche, depende en gran medida, de la eficiencia como se transfieren los AG de la dieta al retículo endoplasmático liso de las células epiteliales de la glándula mamaria. Esta eficiencia es difícil de medir, y es influenciada por una serie de factores como la dieta basal, estado de lactancia y nivel de consumo de alimento.

Se ha podido establecer que los AG absorbidos se utilizan con la misma eficacia para la síntesis de leche, que los AG obtenidos de las reservas corporales a un ritmo del 80% (38).

La respuesta en producción al adicionar grasas, depende de la naturaleza de la dieta, de la forma de adicionar grasa y del tipo de grasa.

Composición de Ácidos Grasos de la Leche

La grasa típica de la leche está compuesta por un 5% de ácidos grasos poly-insaturados (AGPI), 70% de AGS y 25% de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) (19).

Valor Energético de los Ácidos Grasos

Es importante tener en cuenta los valores energéticos del glicerol, para entender por qué es preferible utilizar AG en cambio de TG.

La grasa del sebo, por ejemplo, está compuesta aproximadamente de 90% de AG y 10% de glicerol. Como el glicerol contiene alrededor de 4,32 Mcal/Kg y los AG 9,4 Mcal/Kg (4 y 12), se obtendrían 8,9 Mcal/Kg de sebo comparados con 9,4 Mcal/Kg de ácidos grasos libres. De esta forma, una grasa

Tabla No.4
Composición de ácidos grasos saturados en los triglicéridos de la grasa láctea

SATURADOS	CONTENIDO (%)
(C 4:0)	10,6
(C 6:0)	3,9
(C 8:0)	1,6
(C 10:0)	3,1
(C 12:0)	3,4
(C 14:0)	10,2
(C 16:0)	24,1
(C 18:0)	10,7

Adaptado de: ENSMINGER, M.E. 1993 (16)

Tabla No.5 Composición de ácidos grasos insaturados en los triglicéridos de la grasa láctea

INSATURADOS	CONTENIDO (%)
(C 16:1)	1,0
(C 18:1)	26,1
(C 18:2)	3,2
(C 18:3)	0,5
Otros	1,5

Adaptado de: ENSMINGER, M.E. 1993 (16)

formada por triglicérido, contiene aproximadamente 5,3% menos de energía total que una cantidad comparable de AG.

Suministro de Ácidos Grasos

Debido al costo involucrado en la alimentación con AG, es importante seleccionar las vacas que respondan a esta ingestión alimenticia: vacas flacas, que experimenten pérdidas de peso igual o superior a 1 Kg por día, con un bajo test de grasa en la leche, y con producciones de leche que fluctuen

bruscamente o que presenten curvas de lactancias atípicas (3).

La suplementación con AG en el inicio de la lactancia, puede amortiguar la excesiva pérdida de peso, y en determinado momento, puede generar una ganancia positiva (14).

La mayoría de países europeos aprovechan grandemente los AG, como fuente energética en las dietas de los rumiantes. Se ha estimado que el sistema más eficaz de producción láctea, requiere entre 16 a 20% de EM del alimento en forma de AGCL (36) e inclusive hasta 25%, si se utilizan ácidos grasos inertes (53).

Una guía importante para fijar límites en la utilización dietética de la grasa o de AG, es el equivalente a la cantidad eliminada en la leche (4 y 41).

La incorporación directa de AG en el animal, es más efectiva que la síntesis de dichos ácidos, a partir de

precursores lipídicos en el interior del mismo. El metabolismo oxidante de AGCL es más eficaz que el del acetato. La fuente normal de ácidos C 16:0 y C 18:0, de la que disponen los fabricantes es de origen vegetal, en especial el aceite de ácido Palmítico (36).

Economía del Suministro de Ácidos Grasos

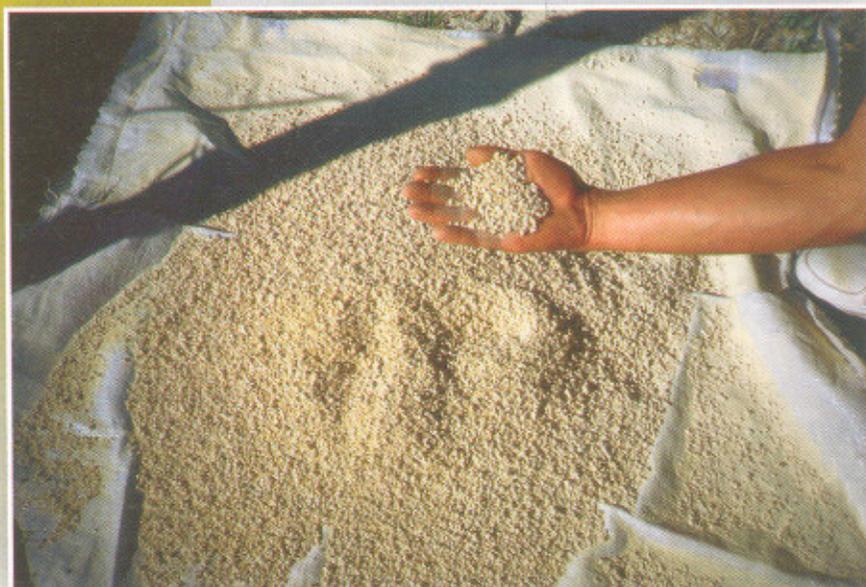
Los resultados económicos se aprecian gracias al aumento de la producción de leche, bien sea por el efecto en el pico de lactancia o sobre la persistencia de la misma. Se sabe que cada kilogramo adicional en el pico de producción de leche, puede resultar en 225 Kg más en el total de la lactancia (8; 42 y 51).

Algunos autores, por su parte, afirman que una persistencia de la lactancia es también un factor determinante en el aumento de la producción y no necesariamente implica un pico más alto (50).

Los Ácidos Grasos y la Producción

El efecto de los cambios en la disponibilidad de energía se puede determinar en las respuestas de

Las vacas de primera lactancia responden a la adición de AG con un mayor porcentaje de grasa en la leche, mientras que las vacas viejas con un incremento en el volumen de leche.



la producción de leche (29 y 43). De esta manera, una ración más densa en energía podría soportar un mejor pico de producción de leche, y por ende, aumentarla totalmente en una lactancia (30). No obstante, la respuesta depende de la CC, del tipo de grasa utilizada, la disponibilidad de la grasa para el animal en la etapa post-ruminal y el balance de otros nutrientes en la dieta (49).

La eficiencia de producción de leche es optimizada cuando el 16% de la EM, es derivada de AGCL (1). Así, la producción de leche se incrementa con grasas ricas en C 16:0 y C 18:0 (36).

Las vacas de primera lactancia responden a la adición de AG con un mayor porcentaje de grasa en la leche, mientras que las vacas viejas con un incremento en el volumen de leche (3).

Grasas Activas en el Rumen

Las GA son aquellas que de alguna manera intervienen en los procesos digestivos del rumen. Cuando se encuentran entre el 5 al 6% en

relación con la materia seca de la ración, deben aumentar el calcio entre 0,9 y 1%, el fósforo entre 0,4 y 0,5%, y el magnesio cerca del 0,3% (14 y 23).

El uso de GA es limitado al 3% de la materia seca dietética. Si se incrementa la cantidad de GA en el rumen, se disminuye la digestibilidad de la fibra, y la relación acetato: propionato cambia en favor de este último, con el consecuente cambio de la microflora ruminal.

El sebo es un ejemplo clásico de suplemento económico, pero tiene el 50% de AGI (C 16:1; C 18:1 y C 18:2) (Tabla No.2) que lo hace inerte en el rumen y se debe restringir su uso (21). Incubaciones invitro han mostrado que disminuye, severamente, la relación acetato: propionato comparado con el control, consistente en sales cálcicas de ácidos grasos (SCAAG) (13).

Los AGL pueden disminuir el crecimiento de microorganismos ruminales, especialmente de bacterias celulolíticas.

Tabla No.6 Tipos de grasas utilizadas en la alimentación de rumiantes

TIPO	FUENTE	GRASA (%)	E.N.L. Mcal/Kg	DIG (%)
Activas	Semillas de soya enteras	18,8	2,22	
	Semillas de algodón enteras	20	2,11	
	Sebo			
	No tratado	100	6	90
	Hidrogenado	100	2,59	35
Inactivas	Grasa Hidrogenada	80 - 98		
	Sales cálcicas de A.G.	80 - 84	5 - 5,4	35
	A.G. libres cristalizados	98	6 - 6,73	87

Tabla No.7 Perfil de ácidos grasos en diferentes tipos de grasas, pasto y leche

FUENTE	C14: 0	C16:	C16: 1	C18: 0	C18: 1	C18: 2	C18: 3	OTROS
Semillas de algodón (a)	1,0	25,0	0,0	3,0	17,0	54,0	0,0	0,0
Semillas de soya (a)	0,0	11,0	0,0	4,0	24,0	54,0	0,0	7,0
Aceite vegetal	2,0	17,0	3,5	5,2	20,6	44,8	0,0	6,9
Aceite de pescado	7,4	21,5	8,9	3,7	22,9	0,6	0,2	34,8
Aceite de pescado (b)	7,2	31,5	0,5	23,6	0,6	0,6	0,0	36,0
Sebo	3,0	26,0	6,0	19,0	40,0	5,0	0,0	1,0
Energy Booster	2,0	47,0	0,0	36,0	14,0	1,0	0,0	0,0
Megalac	1,5	44,0	0,0	5,0	40,0	9,5	0,0	0,0
Speed Milk	1,2	46,0	0,0	5,0	35,0	10,0	0,0	2,8
Pastos	1,1	15,9	2,5	2,0	3,4	13,2	61,3	0,6
Leche	10,2	24,1	1,0	10,7	26,1	3,2	0,5	24,2

a = Enteras

b = Hidrogenado

Adaptado de: DAVIS, CARL. 1995 (12), DAVID, Hilda. 1993 (11), ENSMINGER, M.E. 1993 (16), y PATTON, Richard 1987 (42)

Es importante tener en cuenta que existe una relación inversa entre la saturación del AG y el efecto sobre la función ruminal (48).

Los aceites vegetales son también GA, que además de los efectos adversos por el contenido de AGI, pueden generar un proceso cancerígeno, debido a que, en el proceso de hidrogenación, se cambian algunas moléculas en el sitio de insaturación, y el doble enlace puede pasar de una configuración cis a trans y esta última (trans) es catalogada como cancerígena (42).

Grasas Inertes en el Rumen

Son grasas que no intervienen en los procesos de fermentación y digestión de la fibra en el rumen, ellas pasan intactas y deben ser totalmente digeribles en la porción inicial del intestino delgado. Son también, un medio para incrementar el suministro de grasas, sin afectar los procesos digestivos del rumiante. Pueden utilizarse entre el 5 y 6% en relación con la materia seca dietética (23; 14).

Tabla No.8 Porcentaje de saturación o insaturación en diferentes tipos de grasas, pasto y leche

FUENTE	SAT.	INSAT.
Semillas de algodón (a)	29.0	71.0
Semillas de soya (a)	15.0	78.0
Aceite vegetal	24.2	75.2
Aceite de pescado	33.0	66.9
Aceite de pescado (b)	91.0	2.6
Sebo	48.0	51.0
Energy Booster	85.0	15.0
Megalac	50.5	49.5
Speed Milk	52.2	45.0
Pastos	19.0	80.4
Leche	68.0	32.0

a = Enteras

b = Hidrogenado

Adaptado de: DAVIS, CARL. 1995 (12), DAVID, Hilda. 1993 (11), ENSMINGER, M.E. 1993 (16), y PATTON, Richard 1987 (42)

El suministro de grasas inertes (GI), a vacas lecheras con dietas altas en forraje, reduce el vacío entre los requerimientos energéticos y la provisión

producción de leche, pero sí resulta muy económico en caso de que la vaca salga preñada en estos 100 días y no desarrolle una CC por debajo de dos puntos (33).

Encapsuladas

Investigadores de Australia (7) desarrollaron un método, mediante el cual, la grasa era microencapsulada con un complejo formado por formaldehído y una proteína. Este complejo resistía parcialmente el ataque de la flora ruminal, y era fácilmente degradado por el ácido clorhídrico del abomaso y las enzimas proteolíticas del intestino delgado, así quedaba libre la grasa para ser absorbida a través del intestino delgado.

Hidrogenadas

Son grasas sometidas a una hidrogenación de sus AG. Esta hidrogenación previene parcialmente el ataque de microorganismos, pero afecta la digestión en el intestino (20). Se calcula que su digestibilidad en el intestino delgado, puede ser tan baja, como en un 30% (54).

Adicionalmente de la configuración trans, que pueden tomar este tipo de grasas, tiene una acción inhibidora sobre la síntesis de AG en la glándula mamaria.

Ácidos Grasos Cristalizados

Son AG (la mayoría saturados), sometidos a un proceso de atomización de partícula (presión) y posterior cristalización a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que los hace inertes en el rumen. En el intestino se hacen digestibles por influencia de las lipasas pancreáticas y la bilis (49 y 18).

Sales Cálccicas de Ácidos Grasos

Son el resultado de una saponificación de AG con calcio. La reacción permanece estable en condiciones de pH en el rumen cercana a seis (49), y posteriormente se disocia por las acciones ácidas del abomaso (53); así quedan disponibles para la digestión.

De esta manera las SCAAG permiten superar 5% de grasa en relación con el consumo de materia seca, pues no tienen efectos adversos sobre el metabolismo y digestión ruminal, y han logrado incrementar la densidad energética de la dieta satisfactoriamente (39).

El promedio de peso molecular es de 262 (26199/100) y el promedio de energía bruta para la mezcla de ácidos grasos es de 9,10 Mcal/Kg (910/100). La energía digestible para Speed Milk es 7.91 Mcal/Kg ($9,1 \times 0,87$), con una ENL de 6,48 Mcal/Kg (7,91

Tabla No.9 Composición comparativa de grasas by-pass

PRODUCTO	A.G. (%)	HUMEDAD (%)	Ca (%)	E.N.L. Mcal/Kg	DIG (%)
Energy Booster	98	-	-	6,73	87
Megalac	84	5	9	5,4	85
Speed Milk	80	8	8	5,2	85

Adaptado de: DAVIS, CARL. 1995 (12)

Tabla No.10 Cálculo energético para speed milk

ÁCIDO GRASO	(A) PESO %	(B) PESO MOLECULAR (g/mol)	A X B	(C) ENERGÍA BRUTA Mcal/Kg	A X C
C 14:0	1,2	228,36	274	9.096	11
C 16:0	46	256,42	11.795	9.316	429
C 18:0	5	284,47	1.422	9.493	47
C 18:1	35	282,95	9.903	9.422	330
C 18:2	10	280,43	2.804	9.345	93
TOTAL			26.199		910

Adaptado de: DAVIS, CARL. 1995 (12)

TABLA No.11 Composición de ácidos grasos de las sales cálcicas de ácidos grasos de aceite de palma speed milk

ÁCIDO GRASO	(%)
(C 14:0)	1,2
(C 16:0)	46
(C 18:0)	5
(C 18:1)	35
(C 18:2)	10
Otros	2,8

Fuente: CROMATOGRAFÍA DE GASES REALIZADAS POR RELASA (ESPAÑA, 1996)

X 0,82). Como Speed Milk tiene el 80% de ácidos grasos, la ENL final es 5,2 Mcal/Kg (6,48 X 0,8).

Ventajas

Las SCAAGAP son inertes en el rumen, y a la vez, una fuente de energía de alta digestibilidad, que permiten utilizar forrajes de regular calidad; y son también, una fuente económica de suministrar energía, ya que al energizar directamente la glándula mamaria, se suprime la movilización de reservas y

el hígado es menos sobrecargado de grasa. Como directo resultado, el hígado puede dedicar el oxaloacetato para gluconeogénesis, evitando el efecto de las cetonas (14, 43 y 47).

Las SCAAGAP no producen calor de fermentación, por lo que se hacen ideales para aumentar la energía en épocas de estrés calórico (14). Tienen un perfil de AG que se asemeja mucho a los AG presentes en los TG de la leche, aumentan la producción y el volumen natural de grasa de la leche (54; 31 y 52). Favorecen la reproducción porque ayudan a mantener una buena CC, gracias a la disminución en el porcentaje de pérdidas de peso, propias de las primeras etapas de la lactancia (54). Las vacas bien condicionadas responden con menores pérdidas de peso y las vacas flacas lo hacen con un aumento en la producción (17). La disminución de pérdidas de peso se puede explicar por una disminución de la concentración de somatotropina en el plasma (22).

Desventajas

Dado que las GI, no proporcionan energía para la síntesis bacteriana de la proteína, las raciones con adición suplementaria de grasa deben contener

ciertos niveles de proteína sobrepasante o no degradable en el rumen (14). La proteína adicional debe ser del orden de 72 gramos por cada Mcal adicionada por la grasa (34).

La presencia de problemas metabólicos como una acidosis severa en el rumen, podrían causar en determinado momento una solubilización de las SCA debido al bajo pH, causando un efecto negativo adicional.

Trabajos Realizados

Trabajos de investigación, efectuados en Estados Unidos, han demostrado que la utilización de SCAAGAP en la alimentación de vacas lecheras recién paridas, producen una mejora sustancial en la curva de producción.

Se encontró un incremento de la producción de leche corregida para grasa al 4%, (34,2 contra 32,8 Kg/día), cuando a las vacas se les suministró SCAAGAP. De manera semejante se observó que las vacas a las que se les había suplementado, tenían mayor persistencia en la producción de leche, que contribuyó a que se produjesen diferencias de 281,7

Kg en total de leche corregida para grasa, durante el transcurso del experimento (36).

En otro trabajo, se suplementó con SCAAG, lo cual dio una diferencia para leche de 38 kilogramos del control, contra 40,4 del tratamiento; para porcentaje de grasa de 3% para el control, contra 3,2% para el tratamiento; y para producción de grasa de 1,13 Kilogramos para el control contra 1,30 del tratamiento (40).

Ciertos investigadores (47), han encontrado que la utilización de sales cálcicas de ácidos grasos de cadena larga (SCAAGCL) durante 150 días post-parto, no produjeron aumentos en el porcentaje graso de la leche, pero mejoraron las producciones de leche, y grasa. Así mismo de la grasa de la leche corregida al 3,5% en vacas multiparas.

La utilización de SCAAGAP ha permitido aumentar la producción de leche entre 0,9 y 2,4 Kg vaca/día, observando los mejores resultados cuando su nivel



Trabajos de investigación, efectuados en Estados Unidos, han demostrado que la utilización de SCAAGAP en la alimentación de vacas lecheras recién paridas, producen una mejora sustancial en la curva de producción.

de inclusión estaba entre 500 y 700 gramos vaca/día (46).

La utilización de SCAAG entre el 3 y 4,5% de la materia seca, no presentó cambios significativos sobre la digestibilidad de la misma, la proteína cruda, la energía bruta y la fibra detergente neutra; además se encontró una absorción eficiente, caso contrario sucedió, cuando se administraron GA (11).

Las SCAAGAP son absorbidas en el tracto digestivo más eficientemente, que las sales cálcicas de ácidos grasos de sebo (82 contra 75% del total de ingestión)(36).

Un reciente estudio sobre la evaluación de la ENL de SCAAG y AG, estima que la conversión desde ED a ENL es de un 77%. Así mismo, se han encontrado digestibilidades entre 88 y 97% (9).

El Departamento Técnico de Colanta, en coordinación con las Universidades de Antioquia, Nacional (sede Medellín) y de la Salle (sede Bogotá), realizó un trabajo de Tesis con mención meritoria, evaluando el efecto de la utilización de SCAAGAP en un hato del Oriente Antioqueño (Hacienda La Virginia, municipio de La Ceja) (2). Los resultados, se pueden apreciar en la Tabla No.12.

Producción de leche

La producción de leche en madurez, equivalente y corregida al 4% de grasa, en las vacas alimentadas con sales cálcicas de ácidos grasos de aceite de palma (SCAGAP), fue 3% mayor entre los días 7 y 77 post-parto por 642 Kg (0,6 Kg/vaca/día). Se puede rechazar la H_0 y aceptar la H_1 ya que hay una significancia del 0,0178 y una confiabilidad del 88%.

Un incremento similar (2,8%) obtuvo SCHINGOETHE J., David y CASPER P., David. 1991 (50).

Producción de Grasa

La cantidad de grasa fue 7% mayor en las vacas alimentadas con SCAGAP (Speed Milk) entre los días 7 y 77 post-parto en 48 Kg (46 gr/vaca/día). Se puede rechazar la hipótesis nula: $H_0 = \text{TRAT1} = \text{TRAT2}$, y aceptar la hipótesis 1 ($H_1 = \text{TRAT1} > \text{TRAT2}$). Con una significancia de 0,0017 y con una confiabilidad del 99%.

Porcentaje de Grasa

El porcentaje de grasa fue 5% superior (1,8 décimas) en las vacas alimentadas con SCAAGAP. Se puede

CUADRO No.6 RESULTADOS TRATAMIENTO 1 (T1) CONTRA TRATAMIENTO 2 (T2)

	LECHE Kg	GRASA Kg	GRASA (%)	ST (%)	SNG (%)	C.C. PÉRDIDAS (%)	C.C. PÉRDIDAS Puntos
T1	1.303	45,8	3,33	11,8	8,46	23	0,76
T2	1.260	42,6	3,15	11,6	8,5	32	1,02
	3% T1 > T2	7% T1 > T2	5% T1 > T2	1,7% T1 > T2	0,5% T2 > T1	9% T2 > T1	0,26 P. T2 > T1
	0,6 Kg/v/día	46 gr/v/día	1,8 décimas	2 décimas	0,4 décimas	0,26 puntos	
	p < 0,05	p < 0,005	p < 0,005	p < 0,05	p > 0,05		P > 0,05

T1 = Grupo suplementado con SCAAGAP

T2 = Grupo control

aceptar la H1 porque es altamente significativa la diferencia (0,0020) con una confiabilidad del 100%.

Resultado similar al encontrado por PALMQUIST D.L. 1984 (40), donde se aumentaron 2 décimas del porcentaje de grasa cuando se suplementaron vacas con SCAAGAP.

Porcentaje de Sólidos Totales

El porcentaje de sólidos totales fue 1,7% superior (2 décimas) en las vacas alimentadas con SCAGAP. Se rechaza la Ho y se acepta la H1 con una significancia de 0,0173 y una confiabilidad del 97%.

Porcentaje de Sólidos no Grasos

La proporción de sólidos no grasos fue 0,5% superior (0,4 décimas) a favor del grupo control. Se acepta la Ho ya que no hay significancia en la diferencia entre los dos tratamientos (0,4598) con una confiabilidad del 85%.

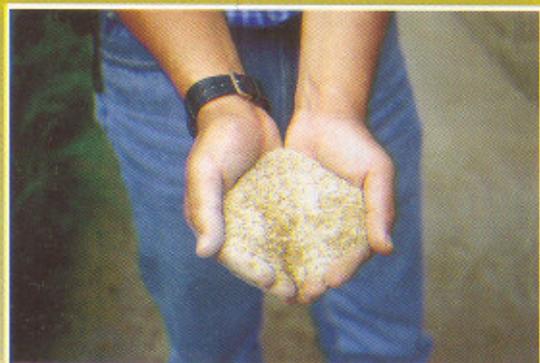
Los anteriores resultados coinciden con la investigación de SKLAN, D. y MCALLEM. 1991 (52), en donde al utilizar 1,5 Mcal de ENL, por encima del grupo control, se obtuvo una producción de leche corregida en grasa y un porcentaje de grasa mayor, y no se apreció un efecto negativo sobre la producción de proteína, entre el día 30 y 90 post-parto. También coinciden con las observaciones de McLEAN. 1995 (36) y PALMQUIST D.L. 1984 (40), donde se encontraron aumentos de leche corregida en grasa, para vacas suplementadas con SCAAGAP.

Sin embargo, no coincide con el trabajo hecho por BEAULIEAU A.D. y PALMQUIST D.L. 1995 (5), que pretendía probar diferentes niveles de inclusión de SCAAG, y no se encontró ningún efecto positivo sobre producción de leche corregida al 4% de grasa.

Condición Corporal

Las pérdidas de condición corporal fueron 9% menores en el tratamiento con SCAGAP (0,26 puntos de C.C.). Se acepta la Ho, porque no hay diferencia significativa ($P > 0,05$).

Las vacas que iniciaron entre 20 y 25 Kg de leche, que fue el promedio de producción con base en el cual se determinó la cantidad de SCAAGAP a suministrar, presentaron un 17% más de LCG por 244 Kg (3,5 Kg/vaca/día) para las vacas alimentadas con SCAGAP. La producción de grasa fue de un 21% superior por 10,9 Kg (156 gr/vaca/día) en las vacas alimentadas con SCAGRAP. El porcentaje de grasa fue 8% superior (2,8 décimas) para las vacas alimentadas con SCAAGRAP. El porcentaje de sólidos totales fue 1,9% superior (2,2 décimas) para el grupo alimentado con SCAAGRAP. El porcentaje de sólidos no grasos fue 0,2% superior (0,2 décimas) para el grupo control. Las pérdidas de condición corporal fueron 9% menos (0,18 puntos de C.C.), en las vacas alimentadas con SCAGRAP.



Bibliografía

1. ANDREW S.M., et al. Net energy for lactation of calcium salts of long-chain fatty acids for cows fed silage based diets. In: *Journal of Dairy Science*. Vol 74, No. 8 (1991); p. 2588-2599.
2. ARENAS, John. Efecto de la utilización de sales cálcicas de ácidos grasos de aceite de palma en un hato del oriente Antioqueño. Bogotá: Universidad de la Salle. Facultad de Zootecnia. 1998, 80p. Trabajo de grado (Zootecnista).
3. ASELTINE S. Mark. Feeding of fat, natural toxicants are topics of discussion. In: *Feedstuffs*. (Nov 1990); p. 12-13.
4. _____ Importance of fat quality can not be overlooked for lactating dairy cows. In: *Feed Stuffs*. (May 1991); p. 16-17.
5. BEAULIEAU A.D., and Palmquist D.L. Differential effects of high fat diets on atty acid composition in milk of Jersey and Holstein cows. In: *Journal of Dairy Science*. Vol. 78, No. 6 (1995); p. 1336-1337.
6. BODY SCORES reflect potential profits. In: *Hoard's Dairyman*. (May 1989); p. 444.
7. BRENES P., Juan. La problemática del empleo de las grasas en la alimentación de las vacas lecheras. En: *Manual Técnico de Megalac*, 1995.
8. CASPER P., David and SCHINGOETHE J. David. Extra fat and certain carbohidrates go together. In: *Hoard's Dairyman*. (May 1990); p. 462-463.
9. CHANDLER Paul. Fat sources have place in diet of high producing dairy cows. In: *Feed Stuffs*. (Feb. 1993); p. 12 y 19.
10. CHURCH D.C. The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition. 2. Ed. Washington : Prentice Hall. 1988. p. 298-312.
11. DAVID HINESTROZA, Hilda Adriana. Efecto de la suplementación con grasas hidrogenadas derivadas de aceites de pescado y sebo bovino sobre la digestibilidad aparente de nutrientes en terneros rumiantes. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica. Facultad de Agronomía. Departamento de Zootecnia, 1999. 99 p. Trabajo de postgrado (Magister en Producción Animal).
12. DAVIS, Carl. Evaluación del valor energético de las grasas en los alimentos y en los suplementos especiales de grasa para vacas lecheras durante el periodo de lactancia. En: *Manual Técnico de Energy Booster*, 1995.
13. EASTRIDGE M.L. and FIRKINS J.L. Feeding hydrogenated fatty acids and triglyceridos to lactating dairy cows. En: *Journal of Dairy Science*. Vol. 74, No. 8 (1991); p. 2610-2615.
14. EDWARDS, Jim. Interrogantes sobre el suministro de grasas al ganado de alta producción lechera. En: *Manual Técnico de Energy booster*. 1995.
15. EMERY S., Roy and Herdt. H. Thomas. Dairy Nutrition Management. En: *The Veterinary Clinics of North America*. Vol 7. No. 2. (Jul. 1991); p. 341-350.
16. ENSMINGER, M.E. Dairy Cattle Science. 3. Ed. Illinois: Interstate Publishers. 1993. p. 413.
17. GARNSWORTHY, P.C. and Huggett, C.D. The influence of the fat concentration of the diet on the response by dairy cows to body condition at calving. In: *Animal Production*. Vol. 54, (1992); p. 7-12.
18. GIL A., Adriana y Palacio M., Angela. Utilización

de grasas pasantes en la alimentación de vacas lecheras. Medellín: Universidad de Antioquia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 1991. 95 p. Trabajo de grado (Zootecnista y Médico Veterinario).

19. GRUMER R.C. Effect of feed on the composition of milk fat. In: Journal of Dairy Science. Vol 74, No.9 (1991); p. 3244-3255.

20. GRUMMER R. C. Take a look at feeding extra fat. In: Hoard's Dairyman. (Feb 1991); p. 150.

21. GRUMER R.C. and Luck L. Melissa. Rumen fermentation and lactation performance of cows fed roasted soybeans and tallow. In: Journal of Dairy Science. Vol. 76, (1993); p. 2674.

22. GRUMMER R.R. and Carroll D.J. Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. In: Journal of Animal Science. Vol 69 (1991); p. 3838.

23. HARRISON J.H., et al. Effect of whole cotton seeds and calcium salts of long-chain fatty acids on performance of lactating dairy cows. In: Journal of Dairy Science. Vol. 78, No. 1 (1995); p. 181-193.

24. HATCH H., Robert. Wide array of nutritional topics discussed at cornell nutrition conference, 1991. In: Feedstuffs. (Nov 991); p. 14-15.

25. HOFFMAN C. Patrick. These strategies help get cows off to a good start. In: Hoard's Dairyman. (Feb 1990); p. 169.

26. HUTJENS F., Michael. Body condition score advice often differs. In: Hoard's Dairyman. (Feb 1994). p. 147.

27. _____ Here's an update on checking cows' body condition. In: Hoard's Dairyman. (Feb 1986). p. 152-153.

28. JARRIGE, Robert. Alimentación de los Rumiantes. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1981. p. 260-262.

29. JENKINS T.C. and Jenny. B.F. Effect of hydrogenated fat on feed intake, nutrient digestion, and lactation performance of dairy cows. In: Journal of Dairy Science, Vol. 72 (1989); p. 2316.

30. KLUSMEYER T.H. and Clark J.H. Effects of dietary fat and protein on fatty acid flow to the duodenum and milk produced by dairy cows. In: Journal of Dairy Science. Vol. 74, No. 9 (1991); p. 3055-3067.

31. LUBIS D., et al. Responses of lactating dairy cows to protected fats or whole cotton seed in low or high forage diets. In: Journal of Dairy Science. Vol. 73, No. 12 (1990); p. 3512.

32. MAYNARD A., Leonard et al. Nutrición Animal. Séptima edición. México: McGraw Hill, 1981. p. 109-140.

33. McCULLOUGH E., Marshal. From 14.000 pound of milk to 20.000. In: Hoard's Dairyman. (Apr 1991). p. 357.

34. _____ Take a close look at why your'e feeding fat. In: Hoard's Dairyman. y (Jul 1994); p. 504-505.

35. McDONALD P.; Edwards R.A. y Greenhalgh J.F. Nutrición Animal. 4. ed. Zaragoza: Acribia, 1993. p. 29-45.

36. McLEAN, Alisdair. Conferencia del S.I.N.A. No. 35: 1989: Madrid. El papel de las grasas protegidas en las dietas de los rumiantes. En: Manual Técnico de Megalac. 1995.

37. MUNNEKE, Ron. Feeding fat fine-tunes rations. In: Hoard's Dairyman, Agust 10 (1992); p. 535.

38. NATIONAL RESEARCH Council. Nutrient

- requirements of dairy cattle. 6. Ed. Washington, D.C: National Academy of Sciences, 1988. p. 6-7.
39. OHAJURUKA O.A.; Zhigo W. and Palmquist D.L. Ruminant metabolism, fiber, and protein digestion by lactating cows fed calcium soap or animal vegetable fat. In: *Journal of Dairy Science*. Vol 74, No. 8 (1991); p. 2601-2608.
40. PALMQUIST D.L. Calcium soaps of fatty acids with varying unsaturation as fat supplements for lactating cows. In: *Journal of Dairy Science*, Vol. 64 (Suppl), 1984.
41. _____ Interest in fat continues to grow. In: *Hoard's Dairyman*. uary 25 (Jan 1994); p. 53.
42. PATTON S, Richard. Feeding of high fat rations requires careful management. In: *Feed Stuffs*, (Oct1987); p. 14-16.
43. PATTON, Richard and Poley, Gerald. Understanding of energy status of prepartum cow improves. In: *Feedstuffs*. (Jun 1996).; p. 12-14, 22.
44. PEDRON, Ottavia et al. Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, and milk fatty acid composition in dairy cows. In: *Journal of Dairy Science*. Vol. 76, No. 9 (1993); p. 2528-2534.
45. PHELPS, Anthony. Protected fats work well whit high-forage diets. In: *Feedstuffs*. (May 1991). p.10.
46. PRIETO SANCHEZ, Gabriel Mauricio. Efecto de la suplementación con grasas hidrogenadas de residuos de aceites de pescado sobre el consumo de alimento, cambio de peso corporal, producción de leche y perfiles metabólicos de vacas lecheras de alta producción. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica. Facultad de Agronomía. Departamento de Zootecnia. 1993. 138 p. Trabajo de postgrado (Magister en Producción Animal).
47. ROBB E.J. y Chalupa W. Reunión anual de la ADSA. Segunda reunión anual: 1987: Missouri. Respuestas en el primer periodo de lactación a las sales de Ca de ácidos grasos de cadena larga. Pensilvania: 1987. En: *Manual Técnico de Megalac*, 1995.
48. SALFER J.A. Early lactation responses of holstein cows fed a rumen-inert fat prepartum, or both. In: *Journal of Dairy Science*. Vol. 78, No. 2 (1995); p. 368.
49. SCHAUFF D.F. and Clark J.F. Effects of prilled fatty acids on rumen fermentation, nutrient digestibilities, milk production, and milk composition. In: *Journal of Dairy Science*. Vol 72, No. 4 (1989); p. 917-918.
50. SCHINGOETHE J., David and Casper P., David. Total lactation response to added fat during early lactation. In: *Journal of Dairy Science*. Vol. 74, No.8 (1991); p. 2617-2621.
51. STALLINGS C., Charles. Feed for profit, as well as production. In: *Hoard's Dairyman*. (Apr 1986); p. 421.
52. SKLAN, D. and Mcallem. Effect of feeding calcium soaps of fatty acids on production and reproductive responses in high producing lactating cows. In: *Journal of Dairy Science*. Vol. 74, No. 2 (1991); p. 510-516.
53. TAYLOR S.J. Empleo de la grasa protegida en la nutrición de los rumiantes. Curso de producción y clínica de rumiantes en la escuela de ciencias Veterinarias de Cataluña, España, 1987. En: *Manual Técnico de Megalac*. (1995).
54. TOMKINS T. Fat feeding facts. In: *Large Animal Veterinarian*. (May-Jun 1990); p.28-31.