





**IMPORTANCIA Y ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE EL  
ÁCIDO LINOLÉICO CONJUGADO EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO  
LECHERO**

**OSCAR ANTONIO MONCAYO OTERO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
VICERECTORÍA DE INVESTIGACIONES POSTGRADOS Y RELACIONES  
INTERNACIONALES  
San Juan de Pasto  
Septiembre de 2008**

**IMPORTANCIA Y ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE EL  
ÁCIDO LINOLÉICO CONJUGADO EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO  
LECHERO**

**OSCAR ANTONIO MONCAYO OTERO**

**Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de  
especialista en Producción de Recursos Alimentarios para Especies  
Pecuarias**

**Asesor:  
HECTOR JAIRO CORREA M. Sc., Ph. D.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
VICERECTORÍA DE INVESTIGACIONES POSTGRADOS Y RELACIONES  
INTERNACIONALES  
San Juan de Pasto  
Septiembre de 2008**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

HECTOR JAIRO CORREA. M.Sc., Ph D.(Asesor)

---

JULIO CESAR RIVERA Zoot., M. Sc. (Jurado delegado)

---

ALBERTO CAYCEDO VALLEJO I.A., M. Sc. (Jurado)

Pasto, Agosto de 2008.

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1° del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Dedico a :

**DIOS:** Por colmar mi existencia de bendiciones, inmensa felicidad y gratitud infinita con la vida

**Mis Padres:** Por enseñarme que en la vida siempre existe una segunda oportunidad

**Mi esposa:** Por confiarme un espacio en su vida y ser la cómplice incondicional de mis sueños

**Mis Hijos y sobrinos:** Por enseñarme que la capacidad de asombro y actitud de principiante son los motores de crecimiento espiritual

**Mis hermanas:** Por su confianza y apoyo definitivo en todas y cada una de mis metas alcanzadas y por alcanzar

**A mis Amigos:** Por hacerme participe de un colosal sueño y permitirme empujarlo con todas mi fuerza espiritual, capacidad física e intelectual hacia un rotundo éxito

OSCAR ANTONIO MONCAYO OTERO

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a :

Hector Jairo Correa Zoot., M.Sc., Ph.D.

Alberto Caycedo Vallejo I.A., M. Sc.

Julio Cesar Rivera Barreto Zoot., M. Sc.

Luis Alfonso Solarte Zoot

Rocio Yepes Secretaria

Cooperativa Lechera de Nariño COLENA, Departamento de planeación

Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.

Todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la culminación de este trabajo.



## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GENERAL	13
2.1.1 Objetivos específicos	13
3 MARCO TEORICO	14
3.1 LOS LIPIDOS, GENERALIDADES	14
3.1.1 Estructura química.	14
3.1.2 Grasas y aceites.	17
3.1.3 Funciones de los lípidos.	17
3.2 ISÓMEROS DE LOS ACIDOS GRASOS	18
3.2.1 Naturaleza y presencia de los ácidos grasos trans.	19
3.2.2 Efecto del consumo de grasas trans sobre la salud humana.	20
3.3 EL ACIDO LINOLEICO CONJUGADO	22
3.3.1 Estructura química del ácido linoleico conjugado (CLA).	23
3.3.2 Efecto de la ingestión de ácido linoléico conjugado sobre la salud humana.	23
3.3.3 Formación del ácido linoléico conjugado CLA.	26
3.4 EL ACIDO LINOLEICO CONJUGADO EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE	29
3.4.1 Factores alimenticios que determinan la concentración de CLA en leche.	29
3.4.2 Variación de los ácidos grasos bajo sistemas de alimentación pastoril.	32
3.4.3 Consideraciones al aumentar el contenido de CLA en la leche.	36
3.5 DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL PERFIL DE ACIDOS GRASOS	37
CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFIA	43

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Estructura química de los acilgliceroles	15
Figura 2 Configuración espacial cis trans de los ácidos grasos	19
Figura 3. Vía metabólica propuesta para la biosíntesis de C18:2 cis-9, trans-11.	28
Figura 4 Cromatograma parcial de los ésteres metílicos de ácidos grasos c18:1 a c24 de grasa de la leche de vaca	39

## INTRODUCCIÓN

El ácido Linoléico Conjugado (CLA) es uno de los compuestos de la grasa de la leche de vaca que ha mostrado una gran variedad de propiedades benéficas para la salud humana. Con este acrónimo se conoce a un grupo de isómeros de ácido linoleico conjugado. El CLA es un compuesto al cual se le han atribuido propiedades anticancerígenas además de efectos protectores contra la obesidad y la diabetes mellitus no dependiente de insulina. El descubrimiento de la presencia y propiedades del CLA en los alimentos obtenidos de los rumiantes ha significado un descubrimiento de gran relevancia para la producción obtenida de este tipo de animales. Se trata de la primera información positiva que se ha generado en las últimas décadas que hace referencia al consumo de alimentos de origen animal, lo que contrarresta en parte la acumulación de información negativa, muchas veces magnificada y difundida con intereses comerciales, pero que está produciendo un daño de gran magnitud en el sector (López, *et al* 2004)<sup>1</sup>.

Los hábitos en el consumo de grasas alimenticias han cambiado en los últimos años. El consumo de grasas, en particular de grasa de leche, ha disminuido y, como consecuencia, también ha disminuido la ingestión de CLA con el alimento. Al aumentar la concentración de CLA en la leche en una cantidad correspondiente a la disminución en el consumo de grasa de la leche, será posible recuperar la ingestión de CLA con el alimento, sin necesidad de aumentar el consumo de grasas. El aumento de la concentración de CLA en la leche puede tener por tanto una gran importancia para la salud pública, por lo que aumentar la concentración de CLA en la leche a un nivel superior supondrá un efecto especialmente positivo, ya que en los experimentos con animales, se ha observado que el efecto protector de CLA tiene una clara respuesta a dosis de CLA en la comida además de una reducción de colesterol negativo (LDL) en la sangre (Nórmela y Griinari)<sup>2</sup>.

Ante las anteriores circunstancias, es claro que la investigación de estas alternativas se convierte en una herramienta de gran importancia dado que las tendencias alimentarias de la población actual han evolucionado teniendo en cuenta su inocuidad más aun si se considera la grasa de origen animal,

---

<sup>1</sup> C.J. López Bote, A.I. Rey, L. Ortiz y D. Menoyo. Cambios en el perfil de ácidos grasos en productos animales en relación con la alimentación animal y humana. importancia del ácido linoleico conjugado. 1. rumiantes. *En*: XX Curso de especialización FEDNA [online]. Barcelona, 22 y 23 de Noviembre de 2004 [Citado febrero 18 de 2008], p.30-39. Available from World Wide Web: [http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/04CAP\\_5.pdf](http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/04CAP_5.pdf)

<sup>2</sup> Nurmela, Kari y Griinari, Mikko. Técnica que permite aumentar la concentración de ácido linoleico conjugado en la leche y/o el tejido adiposo de un rumiante. Oficina Española de Patentes y Marcas [online]. [Citado febrero 19 de 2008], p.30-39. Available from World Wide Web: [http://www.oepm.es/pdf/2/19/66/2196607\\_t3.pdf](http://www.oepm.es/pdf/2/19/66/2196607_t3.pdf)

componente de los alimentos a los cuales se atribuyen gran cantidad de problemas de salud, lo que exige un considerable esfuerzo científico para establecer con precisión los límites y el tiempo de inclusión, así como las interacciones con otros nutrientes con el fin de establecer estrategias efectivas de enriquecimiento de alimentos de origen animal en CLA, si se tiene en cuenta que la modificación de los ácidos grasos en los lípidos intramusculares y en la leche de rumiantes es posible y relativamente sencilla a través del adecuado manejo de la ración.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones el presente trabajo se estructura bajo un enfoque holístico del tema planteado con el objetivo de compilar y analizar la información general y especializada sobre la importancia y estado actual de la investigación sobre el ácido linoléico conjugado en la alimentación de ganado lechero, para lo cual se recurrió a información basada en artículos publicados en journals, revistas y documentos publicados tanto en forma física como en línea los cuales se sometieron a un riguroso análisis para extractar de ellos los conceptos de mayor relevancia y de mayor aplicabilidad a nuestras condiciones locales de producción lechera.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Compilar y analizar la literatura existente respecto a la importancia y estado actual de la investigación sobre el ácido linoléico conjugado (C18:2 cis-9, trans-11) en ganado lechero.

#### **2.1.1 Objetivos específicos**

- ✓ Determinar el origen y estructura bioquímica de los ácidos grasos en general y del Acido Linoléico Conjugado (C18:2 cis-9, trans-11) en particular.
- ✓ Describir los efectos nutricionales de la ingestión dietaria de Acido Linoléico Conjugado (C18:2 cis-9, trans-11) en humanos
- ✓ Establecer las variaciones composicionales en la leche derivadas de la ingestión de Ácido Linoléico Conjugado (C18:2 cis-9, trans-11) en ganado lechero
- ✓ Concluir sobre las fortalezas, debilidades y posibilidades de investigación en tema.

### 3 MARCO TEORICO

#### 3.1 LOS LIPIDOS, GENERALIDADES

**3.1.1 Estructura química.** Según menciona Bondi, “los lípidos son biomoléculas orgánicas formadas básicamente por carbono e hidrógeno y generalmente también oxígeno; pero en porcentajes mucho más bajos. Además pueden contener también fósforo, nitrógeno y azufre. Es un grupo de sustancias muy heterogéneas cuyas principales características son su insolubilidad en agua y su solubilidad en disolventes orgánicos, como éter, cloroformo y benceno”<sup>3</sup>.

Por su parte, Raisman y Gonzales<sup>4</sup> argumentan que estos compuestos pueden encontrarse unidos covalentemente con otras biomoléculas como en el caso de los glicolípidos (presentes en las membranas biológicas). También son numerosas las asociaciones no covalentes de los lípidos con otras biomoléculas, como en el caso de las lipoproteínas y de las estructuras de membrana. Constituyentes importantes de la alimentación (aceites, manteca, yema de huevo), representan una importante fuente de energía y de almacenamiento, funcionan como aislantes térmicos, componentes estructurales de membranas biológicas, son precursores de hormonas (sexuales, corticales), ácidos biliares, vitaminas etc.

Para Horton *et al*:

Una de las propiedades más prominentes y significativas de los triacilgliceroles es, ciertamente, su falta de afinidad por el agua. Este carácter hidrofóbico es esencial para la construcción de las complejas estructuras biológicas y para la separación del entorno acuoso. También es esencial para el uso por moléculas biológicas de superficies activas, tal como sucede en el tracto intestinal. La naturaleza hidrofóbica de los triacilgliceroles y su estado relativamente reducido los transforman en compuestos eficientes para el almacenamiento de energía<sup>5</sup>.

---

<sup>3</sup> BONDI, Aron. Nutrición animal. Zaragoza. España: Acribia. 1988. p. 135..

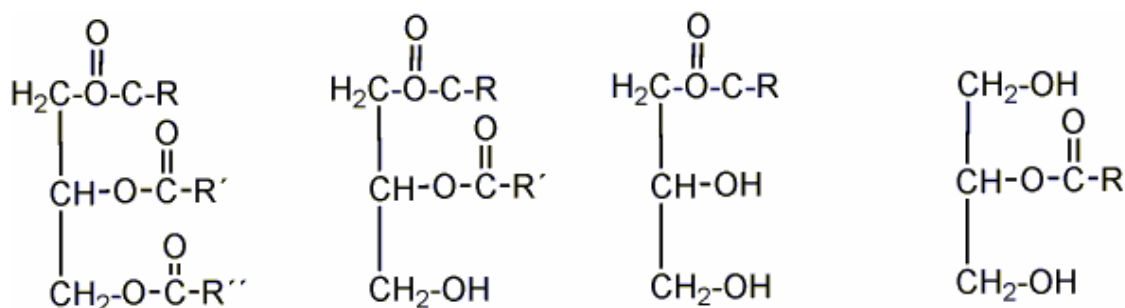
<sup>4</sup> RAISMAN, Jorge y GONZALEZ, Ana. Lípidos. Hipertextos del area de biología. [online]. Septiembre 30 de 2005 [citado mayo 2 de 2008], Disponible en la World Wide Web:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-06902007000100004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902007000100004&lng=en&nrm=iso)

<sup>5</sup> Horton, H. Robert; Moran, Laurence A; Ochs Raymond S; Rawn, J. David; Scrimgeour K. Gray , 1995, Bioquímica , México, D.F: Prentice-Hall Hispanoamericana. p. 234

Según menciona Calvo<sup>6</sup>, los ácidos grasos se encuentran principalmente en forma de ésteres del glicerol, como se muestra en la Figura 1.

Los compuestos con un ácido graso esterificado (monoacilgliceroles) o dos (diacilgliceroles) se encuentran solamente en cantidades relativamente pequeñas y aparecen en gran medida como intermediarios metabólicos en la biosíntesis y degradación de lípidos que contienen glicerol. La mayor parte de los ácidos grasos del cuerpo humano existen en forma de triacilgliceroles en los que los tres grupos hidroxilo del glicerol están esterificados con un ácido graso. Históricamente a estos compuestos se les ha denominado grasas neutras o triglicéridos.

**Figura 1 Estructura química de los acilgliceroles**



**Triacilglicerol**

**Diacilglicerol**

**1-Monoacilglicerol**

**2-Monoacilglicerol**

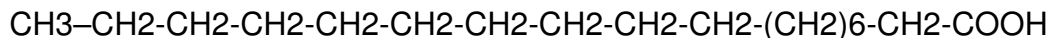
Tomado de: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/lipidos/acidosgrasos.html>

Los ácidos grasos son cadenas largas de átomos de carbono, unidos entre sí por uno o dos enlaces, completando su valencia cuaternaria con átomos de hidrógeno. En un extremo de la cadena carbonada hay un grupo metilo (CH<sub>3</sub>-), que se llama carbono omega y se le asigna el número 1 a efectos de localización de los átomos de carbono y en el otro extremo (carbono n) un grupo carboxilo (-COOH) que es el que le confiere su propiedad de ácido. Atendiendo a la estructura sin o con dobles enlaces se pueden clasificar en tres grandes grupos:

✓ **Saturados:** Son ácidos grasos sin dobles enlaces. Ejemplo:

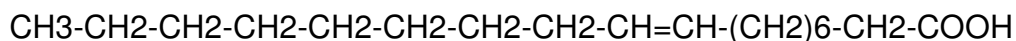
<sup>6</sup> CALVO, Miguel, BIOQUIMICA DE LOS ALIMENTOS, Ácidos grasos. [On line]. [Citado Junio 3 de 2008], Disponible en la World Wide Web: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/lipidos/acidosgrasos.html>

Ácido Esteárico (C18:0): (Ácido Octadecanoico)



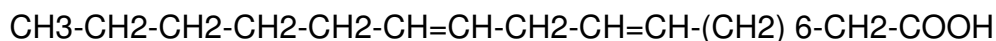
- ✓ **Monoinsaturados:** Son ácidos grasos con un doble enlace en su molécula. El número que viene precedido con una n ó una omega es el átomo de carbono en donde se inicia el doble enlace. Ejemplo:

Ácido Oleico (C18: 1 n9) (Ácido 9, Octadecenoico)



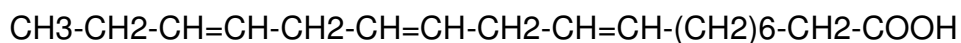
- ✓ **Poliinsaturados:** Son ácidos grasos con dos o más dobles enlaces en su molécula. Ejemplos:

Ácido Linoléico (C18: 2 n6) (Ácido 6, 9, Octadecadienoico). Ácido graso esencial



Este ácido graso es el cabeza de serie de los llamados ácidos grasos w6 (omega 6)

Ácido Linolénico (C18: 3 n3) (Ácido 3,6,9, Octadecatrienoico). Ácido graso esencial



Este ácido graso es el cabeza de serie de los llamados ácidos grasos w3 (omega 3)

El motivo de ser esenciales estos dos últimos, es que el organismo no puede introducir en la cadena carbonada dobles enlaces antes del carbono 9. Endógenamente se puede formar Oleico a partir del Esteárico (doble enlace en posición 9), motivo por el que el Oleico no es un ácido graso esencial.

Por otra parte según menciona la FAO:

Los ácidos grasos más abundantes presentan cadenas lineales con un número par de átomos de carbono. Existe un amplio espectro de longitudes de cadena, que varían entre un ácido graso de la leche con cuatro átomos de carbono, y los ácidos grasos de algunos aceites de pescado, con 30 átomos de carbono. Son frecuentes los ácidos grasos con 18 átomos de carbono. Los dobles enlaces situados en la cadena de carbonos o los sustituyentes de la misma se distinguen químicamente asignando al carbono del grupo carboxilo la posición 1.



Así, los dobles enlaces del ácido linoléico le proporcionan el nombre químico sistemático de ácido 9,12-octadecadienoico. Una abreviatura taquigráfica para designar el ácido linoleico sería 18:2 (18 átomos de carbono: dos dobles enlaces). Su último doble enlace se encuentra a seis átomos de carbono del metilo terminal, una característica importante para algunas enzimas. Este ácido se considera un ácido graso n-6 ó w 6<sup>7</sup>

### 3.1.2 Grasas y aceites. Según menciona Bondi:

Estos dos compuestos se diferencian uno del otro por que a temperatura ambiente los aceites son líquidos oleosos, esta característica está dada por que son triglicéridos no saturados, mientras que las grasas presentan ácidos grasos saturados. Ambos sirven de depósito de reserva de energía para células animales (grasas) y en vegetales (aceites). En general, la grasa es almacenada en los adipocitos (células que forman el tejido adiposo) de donde puede movilizarse para obtener energía cuando el ingreso calórico es menor que el gasto de calorías. Esta capa es utilizada en determinados animales como aislante térmico, como en los mamíferos marinos<sup>8</sup>.

### 3.1.3 Funciones de los lípidos. Tal como menciona Valdez<sup>9</sup> los lípidos desempeñan cuatro tipos de funciones:

- ✚ **Función de reserva.** Son la principal reserva energética del organismo. Un gramo de grasa produce 9'4 kilocalorías en las reacciones metabólicas de oxidación, mientras que proteínas y glúcidos sólo producen 4'1 kilocaloría/gr.
- ✚ **Función estructural.** Forman las bicapas lipídicas de las membranas. Recubren órganos y le dan consistencia, o protegen mecánicamente como el tejido adiposo de pies y manos.
- ✚ **Función biocatalizadora.** En este papel los lípidos favorecen o facilitan las reacciones químicas que se producen en los seres vivos. Cumplen esta función las vitaminas lipídicas, las hormonas esteroideas y las prostaglandinas.

---

<sup>7</sup> FAO. Departamento de Agricultura. Grasas y aceites en la nutrición humana. Consulta FAO/OMS de expertos, Roma. Capítulo 2 - Composición de las grasas alimentarias. [On line]. [Citado Junio 3 de 2008], Disponible en la World Wide Web: <http://www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s06.htm>

<sup>8</sup> BONDI, Aron, Op.cit., p. 136.

<sup>9</sup> VALDEZ, Alfredo, Los lípidos. [On line]. [Citado Junio 3 de 2008], Disponible en la World Wide Web: <http://www.monografias.com/trabajos16/lipidos/lipidos.shtml>

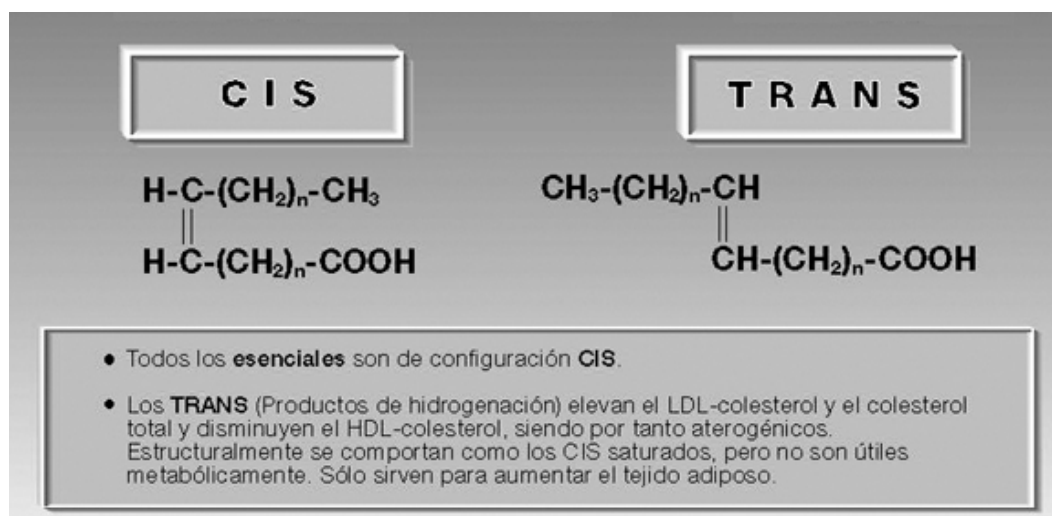
- ✚ **Función transportadora.** El transporte de lípidos desde el intestino hasta su lugar de destino se realiza mediante su emulsión gracias a los ácidos biliares y a los proteolípidos.

### 3.2 ISÓMEROS DE LOS ACIDOS GRASOS

Sanhueza, Nieto y Valenzuela afirman que:

La presencia de un doble enlace, ofrece la posibilidad estructural de que el (CH<sub>3</sub>-) y el (-COOH) en relación al doble enlace se sitúen en el mismo plano o en planos diferentes. Si el (CH<sub>3</sub>-) y el (-COOH) respecto al doble enlace se sitúan geoméricamente en el mismo lado se llaman ácidos grasos CIS. Si por el contrario el (CH<sub>3</sub>-) y el (-COOH) respecto al doble enlace se sitúan geoméricamente en lados distintos se llaman ácidos grasos TRANS. Tendremos por lo tanto parejas de ácidos grasos, exactamente con la misma fórmula química pero de configuración CIS y de configuración TRANS. Esto tiene una gran importancia metabólica ya que todos los ácidos grasos que forman parte de las estructuras funcionales del organismo han de ser CIS y salvo pocas excepciones todos los ácidos grasos de los alimentos naturales son también CIS, por coherencia de la propia naturaleza<sup>10</sup> (Figura 2).

**Figura 2 Configuración espacial cis trans de los ácidos grasos**



Fuente: SANHUEZA, NIETO y VALENZUELA, 2002 [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0717-75182002000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0717-75182002000200004&script=sci_arttext)

<sup>10</sup> SANHUEZA, Julio, NIETO, Susana y VALENZUELA, Alfonso. Acido linoleico conjugado: un acido graso con isomeria trans potencialmente beneficioso. Rev. chil. nutr. [online]. ago. 2002, vol.29, no.2 [citado 2 de julio de 2008], p.98-105. Disponible en la World Wide Web.: ISSN 0717-7518. [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0717-75182002000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0717-75182002000200004&script=sci_arttext)

Los ácidos grasos TRANS casi no se encuentran en la naturaleza, solamente en poca proporción en la leche. Mayoritariamente en nuestra dieta los encontramos en las margarinas que se forman industrialmente por la hidrogenación de aceites para convertirlos en grasas sólidas. Se utilizan para la confección de bollería y pastelería. Aunque tengan dobles enlaces –y en las etiquetas de los productos que los contienen figuran como "grasas insaturadas"– a efectos biológicos se comportan como ácidos grasos saturados y por lo tanto su exceso es perjudicial para la salud.

Teniendo en cuenta lo anterior, el perfil de un ácido graso en trans es similar al de un ácido graso saturado. Como resultado de lo anterior, los ácidos grasos en trans presentan puntos de fusión más elevados que sus isómeros en cis. El isómero en trans puede considerarse como un intermedio entre el ácido graso insaturado en cis original, y un ácido graso completamente saturado. Esta definición, sin embargo, excluye los ácidos grasos trans conjugados que se encuentran naturalmente en las grasas animales y sus respectivos productos, entre ellos el ácido linoléico conjugado (CLA).

**3.2.1 Naturaleza y presencia de los ácidos grasos trans.** Sobre este tema Parody menciona que:

Se suele denominar ácidos grasos trans (TFA) a un grupo heterogéneo de ácidos grasos insaturados que posee una configuración tipo trans en un doble enlace carbono-carbono como mínimo en su estructura molecular. Los TFA se encuentran naturalmente en las grasas animales como producto de la biohidrogenación de ácidos grasos por microorganismos en el rumen. Lo que se forma principalmente son ácidos grasos trans monoenoicos C18 entre los que predomina el isómero delta 11 (ácido vaccénico trans).<sup>11</sup>.

De acuerdo a lo anterior es importante mencionar que la información nutricional presentada en los alimentos que poseen en su composición isómeros trans nocivos para la salud debe ser veraz y muy tenida en cuenta por parte del consumidor puesto que según mencionan Katan, Zock y Mensink:

La investigación nutricional desarrollada después de 1990 indicaba que el efecto de los ácidos grasos trans sobre el colesterol sanguíneo era, al menos, tan negativo como el de los ácidos grasos saturados. Actualmente se considera que los efectos de los trans son peores que

---

<sup>11</sup> PARODI, P. 1999. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk. J Dairy Sci, 82:1339-1349.

los de los saturados. En numerosos trabajos se ha demostrado que la ingesta de dichos isómeros trans está asociada con un aumento del riesgo de enfermedades cardiovasculares. Una ingesta alta provoca un alto contenido de colesterol-lipoproteínas de baja densidad (LDL) y un bajo contenido de colesterol-lipoproteínas de alta densidad (HDL), es decir, un aumento importante del riesgo<sup>12</sup>

Los mismos autores<sup>13</sup> informan que La Organización Panamericana de la Salud (OPS), integrante de la Organización Mundial de la Salud (OMS), conformó un grupo de expertos sobre el tema “Las Américas libres de grasas trans”. Las conclusiones enfatizan sobre la eliminación de ácidos grasos trans de producción industrial de la formulación de productos de consumo habitual y se recomienda sustituirlos por ácidos grasos insaturados. Solamente en los casos en los que, por razones tecnológicas, no se puede realizar dicha sustitución, se recomienda sustituirlos por ácidos grasos saturados. Las medidas reglamentarias recomendadas por dicho Grupo son: un contenido máximo de 2% de trans en aceites vegetales y margarinas untables, un máximo de 5% para las grasas y los aceites que se utilizan como ingredientes en alimentos.

**3.2.2 Efecto del consumo de grasas trans sobre la salud humana.** Las grasas trans normalmente se usan como componentes en la formulación de alimentos por su bajo costo sin embargo lo que el consumidor pocas veces sabe es que este tipo de grasas actúan sobre el colesterol malo (LDL) y hacen descender el colesterol bueno (HDL), lo que implica que se produzca un desequilibrio metabólico asociado en los últimos tiempos a un mayor riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y a altos niveles de colesterol.

Desde este punto de vista Mensink y Katan argumentan que:

La hidrogenación de los ácidos grasos insaturados afecta a los enlaces de carbono, en los que se incorporan átomos de hidrógeno, dando lugar a una estructura artificial (el isómero trans) ajena al organismo humano. Las grasas saturadas o poliinsaturadas que se encuentran en la naturaleza son reconocidas por nuestro organismo; no sucede lo mismo con las trans, que tienen un enlace extraño, y quizá lo que pasa es que se acumulan y acaban interfiriendo en reacciones metabólicas de forma muy perjudicial<sup>14</sup>.

---

<sup>12</sup> Katan, M. B.; P. L. Zock and R. P. Mensink. 1995. Trans fatty acids and their effects on lipoproteins in human. *Ann. Rev. Nutr.* 15: 473-493

<sup>13</sup> *Ibid.*, p. 478

<sup>14</sup> Mensink, R P and Katan, M B (1990). Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *N. Eng. J. Med.* 323: 439-445.

Los mismos autores argumentan que:

Se ha encontrado la evidencia de que los TFA pueden afectar el corazón, basándose para ello en ensayos clínicos realizados con seres humanos. Veinticinco pacientes varones y treinta y cuatro pacientes mujeres consumieron cada una de las dietas de ensayo durante tres semanas; la grasa total aportaba el 36% de la energía. La dieta con ácidos grasos trans incrementó no sólo el nivel total de colesterol y el de colesterol "malo" (LDLC, lipoproteína de baja densidad) sino que redujo notablemente las concentraciones de colesterol "bueno" (HDL, lipoproteína de alta densidad), arrojando por consiguiente un índice TC/HDL menos favorable.

El informe de ambos investigadores fue seguido de numerosas publicaciones en revistas científicas, a tenor de las cuales el consumo de aceites y grasas hidrogenadas que contienen TFA eleva el perfil de riesgo cardiovascular. Datos recientes han probado la existencia de una relación dosisdependiente entre la ingesta de TFA y la relación LDL/HDL<sup>15</sup>.

De igual manera Salmeron *et al*<sup>16</sup> mencionan que en el Nurses Health Study, un equipo de investigadores de la Harvard School of Public Health examinó la relación a largo plazo existente entre diferentes tipos de grasa dietética y el riesgo de contraer diabetes tipo 2. Más de 84.000 mujeres que estaban sanas en la línea base fueron sometidas a 14 años de seguimiento durante los cuales se documentaron 2.507 casos de diabetes tipo 2.

El estudio reveló que la ingestión de grasa total, de ácidos grasos saturados y de ácidos grasos monoinsaturados no guardaba relación con el riesgo de contraer diabetes tipo 2 entre las mujeres observadas. Existía, sin embargo, un alto riesgo asociado a una ingestión elevada de TFA, mientras que la ingestión de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) entrañaba un bajo nivel de riesgo. Los datos sugieren que el riesgo de contraer diabetes tipo 2 se reduce en casi un 40% reemplazando el 2% de energía proveniente de TFA por ácidos grasos poliinsaturados (PUFA).

---

<sup>15</sup> Ibid., p. 478.

<sup>16</sup> Salmeron J, Hu FB, Manson JE et al. (2001) Dietary fat intake and risk of type 2 diabetes in women. *Am J Clin Nutr*, 73:1019-1026.

### 3.3 EL ACIDO LINOLEICO CONJUGADO

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, el tema del contenido de grasas trans en los alimentos debe ser considerada y analizada por el consumidor sin embargo, existen variantes de estos compuestos los cuales son de origen natural, es decir no han pasado por ningún tipo de manipulación industrial que pudiera modificar su estructura química original; tal es el caso de el Acido linoléico conjugado o CLA por sus siglas en ingles como se lo conoce comúnmente.

Al respecto Santora, Palmquist y Roehrig afirman que:

No todas las especies de TFA son "malas". Un grupo de isómeros geométricos y posicionales trans del ácido linoléico tipo cis que son de origen natural, poseen dobles enlaces de carbono que son "conjugados" y a los que se ha dado el término colectivo de "ácido linoleico conjugado" (CLA). El CLA, que consta básicamente de los isómeros cis-9, trans-11 y trans-10, cis-12, se genera en las células mamarias bajo la acción de la enzima delta-9 desaturasa, y se encuentra por lo tanto naturalmente en la grasa láctea y en los productos lácteos en general. A partir de diversos estudios con cultivos de células y estudios en animales se ha sugerido que el CLA ejerce efectos benéficos para la salud humana, entre otras cosas, inhibiendo la carcinogénesis y la aterogénesis<sup>17</sup>.

Sanhueza define al ácido linoleico conjugado (CLA), como:

Un ácido graso de cadena larga poliinsaturada con numerosas propiedades benéficas en la salud y es un componente natural derivado de los productos alimenticios de rumiantes. En la actualidad se le considera un regulador metabólico, con efectos hipocolesterolémicos, antiaterogénicos, anticarcinogénicos, antioxidantes, e incluso presenta efectos favorables en la prevención y/o tratamiento de ciertas alergias alimentarias. Este ácido se encuentra presente en aceites vegetales comunes como; el aceite de soya o de maíz y de forma natural en la carne de los rumiantes (vacas, ovejas y cabras), así como en la leche de los mismos, lugar donde puede alcanzar hasta 0,65% de los lípidos totales<sup>18</sup>.

---

<sup>17</sup> SANTORA, J; PALMQUIST, D. ROEHRIG, K. 2000. Trans-vaccenic acid is desaturated to conjugated linoleic acid in mice. J Nutr. 130:208-215.

<sup>18</sup> SHANUEZA, María. Determinación de ácido linoleico conjugado (cla) en leche de bovinos del sector vilcún, novena región. Temuco, Chile: 2004, 131 p. Trabajo de grado (Licenciado en Medicina Veterinaria). Universidad Católica De Temuco. Facultad De Acuicultura Y Ciencias Veterinarias. Escuela De Medicina Veterinaria

Según Pinto *et al*<sup>19</sup> el ácido linoleico conjugado, CLA esta formado por un grupo de compuestos que contienen una mezcla de isómeros posicionales y geométricos, incluso se han identificado más de 20 diversos isómeros de este ácido, siendo el isómero C18:2 (cis-9, trans-11), ácido octadecadienóico, producto intermedio de la biohidrogenación del ácido linoleico por la bacteria ruminal *Butyrivibrio fibrisolvens*, el más abundante en este grupo. Este isómero, encontrado en la grasa láctea, ha sido reconocido por la Academia Nacional de Ciencias, de EE UU, como el único ácido graso que ha presentado inequívocamente la propiedad de inhibir la carcinogénesis en animales experimentales.

**3.3.1 Estructura química del ácido linoleico conjugado (CLA).** Según menciona Sanhueza:

El ácido linoleico, es un ácido graso esencial omega-6 muy abundante en el reino vegetal y también animal. La gran mayoría de los aceites vegetales aportan cantidades significativas de ácido linoleico. En la grasa animal también se le encuentra, junto con los ácidos grasos saturados y monoinsaturados. Con la incorporación de una mejor tecnología para el análisis y la identificación de los ácidos grasos componentes de grasas, aceites o de muestras de tejidos, fue posible identificar que en toda muestra de aceite o de grasa, particularmente en aquellas de origen animal, siempre está presente una pequeña cantidad de ALC.

Este ácido graso se presenta con diferente isomería (7c-9t, 9c-11t, 11c-13t, principalmente), aunque siempre predomina la estructura 9c-11t. Si bien el ALC se encuentra en pequeñas proporciones en los aceites vegetales, su concentración es particularmente alta en la carne y en la leche de los rumiantes, donde puede alcanzar hasta un 0,65% de los lípidos totales<sup>20</sup>.

**3.3.2 Efecto de la ingestión de ácido linoléico conjugado sobre la salud humana.** Históricamente existen reportes de 1990, año en el cual según numerosos investigadores por primera vez se encontró información relacionada con los posibles efectos beneficiosos del ácido linoléico conjugado obtenido de la leche de vaca, y desde entonces son muchas las comunicaciones científicas que se han publicado sobre las propiedades atribuidas a este ácido graso

---

<sup>19</sup> PINTO, M.; A. RUBILAR.; E. CARRASCO.; K. S. AH – HEN.; C. BRITO.; L. MOLINA. 2002. Efecto estacional y del área geográfica en la composición de ácidos grasos en la leche de bovinos. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Instituto de Ciencias y Tecnología de los Alimentos. Valdivia, Chile. Agro sur. v.30 n.2 jul 30 – 35pp

<sup>20</sup>SHANUEZA, María. Op. cit., p. 16

En este sentido Banni, Heys y Whale<sup>21</sup> argumentan que el consumo habitual de CLA puede tener efectos positivos sobre el peso corporal, reducción de la masa grasa total y nivel de colesterol. Adicionalmente, diversas evidencias indican que una ingesta adicional de CLA ayuda a reducir los niveles de colesterol (LDL y HDL) así como los triglicéridos, efectos sobre el sistema inmunitario, efecto Antioxidante por su gran capacidad para captar radicales libres.

Por su parte, Montenegro *et al*, encontraron que:

La mezcla de isómeros derivados del linoleato poseía propiedades que prevenían la fase de iniciación en el modelo de dos etapas (iniciación y promoción) del cáncer de piel en ratones. Después descubrieron que el ácido administrado en la dieta también inhibía la fase de promoción (proliferación) de los tumores de piel en los ratones. Así mismo, este efecto anti-iniciador del CLA se encontró en los casos de cáncer de estómago de ratones en los que los tumores fueron inducidos por el mutágeno benzo(a)pireno. Una mezcla de isómeros del CLA suministrada por sonda antes de la administración del benzo(a)pireno, redujo en 50% la incidencia y el número de neoplasias en el estómago.

En las ratas con cáncer de colon tratadas con CLA por sonda antes de la administración del carcinógeno 2-amino-3-metilimidazol[4,5-f]quinolina, hubo una reducción en la cantidad de focos aberrantes de criptas del colon, lo cual sugiere un efecto protector (anti-iniciador) contra este tipo de cáncer. Extrapolando estos valores al organismo humano se requerirían consumir 3 g de CLA por día para prevenir el cáncer de mama<sup>22</sup>

Aparte del efecto anticarcinogénico se ha evaluado también el efecto antioxidante de la ingestión de CLA tal como lo presentan Quinn *Et al* quienes mencionan que:

En modelos *in vivo* el CLA produce una disminución significativa de los niveles de peróxidos y de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico, dos procedimientos analíticos utilizados para evaluar efectos de antioxidantes o de inhibidores del estrés oxidativo. Estudios realizados

---

<sup>21</sup> Banni, S., Heys, C.S.D., Wahle, K.W.J., 2003. Conjugated linoleic acid as anticancer nutrients: studies in vivo and cellular mechanisms. In: Sebedio, J., Christie, W.W., Adolf, R. (Eds.), *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, vol. 2. AOCS Press, Champaign, IL, pp. 267–281.

<sup>22</sup> Montenegro, M. A. - Catuogno, M. S. - Lértora, W. J. Guanziroli, S. M. C. - Burna, A. N. - Sánchez Negrette, M. Efectos de la Leche de Vaca y de Bufala Sobre la Carcinogénesis Experimental del Intestino Grueso en Ratas. Universidad Nacional Del Nordeste, *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*. 2004 [On line]. [Citado Junio 26 de 2008], Disponible en la World Wide Web <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2004/4-Veterinaria/V-023.pdf>



*in vitro*, han demostrado que el CLA posee una efectiva capacidad atrapadora de radicales libres peroxidantes, lo cual es atribuible a una actividad antioxidante. El CLA ha sido considerado como un efectivo inhibidor del estrés oxidativo cuando se le compara con los tocoferoles y con antioxidantes sintéticos como el butilhidroxitolueno (BHT), y en numerosas revisiones se menciona su actividad antioxidante comparable a la de los antioxidantes sintéticos convencionales.

Sin embargo, aunque existe evidencia sobre los efectos antioxidantes del CLA la controversia deriva del hecho que el ácido graso *in vitro* oxida con mayor velocidad aún que ácidos grasos de mayor poliinsaturación como es el caso de los ácidos eicosapentaenoico (20:5) y docosahexaenoico (22:6), por lo cual podría hasta atribuírsele al CLA un efecto pro-oxidante. La inducción de la oxidación por efecto de la temperatura en aceites vegetales, es más rápida si al aceite se adiciona CLA, lo cual demostraría su posible efecto peroxidante<sup>23</sup>.

Como se puede observar, esta es otra área de investigación sobre el CLA que requiere de mucho más información y exactitud en el desarrollo de los modelos de estudio y en la interpretación de los resultados.

Desde otro punto de vista, los avances investigativos relacionados con los efectos metabólicos del CLA cobran una importancia de gran trascendencia en el mundo occidental más aun cuando las enfermedades derivadas del sobrepeso y la obesidad han cobrado cantidades alarmantes de víctimas mortales.

Respecto a lo anterior Quinn *et al* afirman que:

Este es quizás el efecto del ALC que despierta más curiosidad y de mayor impacto nutricional. La acción reductora del peso corporal atribuida al CLA, ha derivado en una creciente explotación comercial del ácido graso. Estudios realizados con personas que presentan sobrepeso, o que son obesas, han demostrado que la ingestión diaria de 3,4 g de CLA produce una disminución de la masa grasa total sin afectar otros parámetros metabólicos, como el recuento eritrocitario y la cantidad de masa magra.

La información obtenida respecto al efecto del CLA en la reducción del peso corporal sugiere que el ácido graso afectaría la interconversión metabólica de los ácidos grasos y produciría una activación de la lipólisis, probablemente por una activación de la beta oxidación mitocondrial.

---

<sup>23</sup> O` Quinn, PR, Nelssen JL, Goodband RD, Tokach MD. Conjugated linoleic acid. Anim Health Res Rev 2000; 1: 35-46.

Produciría, además, una disminución de los niveles de leptina, y una estimulación de la actividad de la enzima carnitina palmitoil-transferasa<sup>24</sup>.

**3.3.3 Formación del ácido linoléico conjugado CLA.** Se ha mencionado con anterioridad que la mayor cantidad de CLA en la naturaleza se encuentra inequívocamente en la carne y leche de animales rumiantes; puesto que a nivel de rumen se lleva a cabo una actividad importante de la población bacteriana sobre los componentes de la dieta consumida.

En este sentido Gagliostro *et al* afirman que:

Los altos niveles de CLA en los rumiantes, se deben a que son productos intermediarios en la hidrogenación ruminal del ácido linoléico (cis-9, cis-12 C 18:2.) a ácido esteárico (C 18:0). Resultados recientes sugieren que las células mamarias de los rumiantes (y también las adiposas) serían capaces de sintetizar el cis-9, trans-11 CLA a partir del ácido vacénico y otros isómeros, por acción de la enzima delta-9 desaturasa sobre los trans C18:1. Esta enzima se encuentra en el intestino y glándula mamaria, entre otros tejidos, y actúa sobre el ácido transvacénico, (trans - 18:1) formando el ácido linoléico producido en el rumen por la acción bacteriana, y que posteriormente, forma parte de la grasa de la leche<sup>25</sup>

Desde este punto de vista, puede considerarse predecible que la concentración de CLA en los productos lácteos resultaría ser una función directa de su concentración la dieta suministrada; punto sobre el cual Gagliostro *et al*, se refieren argumentando que:

La formulación de un concentrado, tal vez sea la medida más efectiva, rápida y de fácil implementación a fin de modificar la composición de la grasa butirosa en forma natural. Los resultados muestran un aumento potencial del orden del 300% en el contenido de CLA en leche a través de manipulaciones precisas en la alimentación. Actualmente, diversos estudios están modificando la dieta del animal para que la cantidad de CLA en la leche producida se incremente de forma considerable, con el fin de obtener un producto que resulte aun más beneficioso para la salud humana<sup>26</sup>.

---

<sup>24</sup> Ibid., p. 40

<sup>25</sup> GAGLIOSTRO, G.; L. VIDAURRETA.; G. SCHROEDER.; A. RODRÍGUEZ Y P. GATTI. 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). 25° Congreso Argentino de Producción Animal. Buenos Aires, Argentina. pp: 59-60.

<sup>26</sup> Ibid., p. 60.

En otro experimento Gagliostro *et al*<sup>27</sup>, encontraron que el nivel basal de CLA obtenido en alimentación con pasturas resultó dentro de un rango de valores entre 0,5 a 2,2%. La concentración de CLA en leche fue exitosamente amplificada (+58%) mediante el aumento a nivel ruminal de la biodisponibilidad de C18:2. Sin embargo, se concluye que la característica transitoria o permanente de los aumentos de CLA experimentados, así como una eventual relación dosis-respuesta deberá profundizarse experimentalmente a fines de lograr productos lácteos altamente diferenciados en cuanto a sus propiedades benéficas para la salud de los consumidores.

De acuerdo a lo anterior, se puede deducir que existe evidencia de la posibilidad de manipular la composición de la fracción lipídica de la leche mediante el manejo programado y estratégico de la alimentación del ganado, sin embargo, es necesario conocer previamente el proceso bioquímico de la formación de CLA, a lo cual Sanhueza se refiere mencionando que:

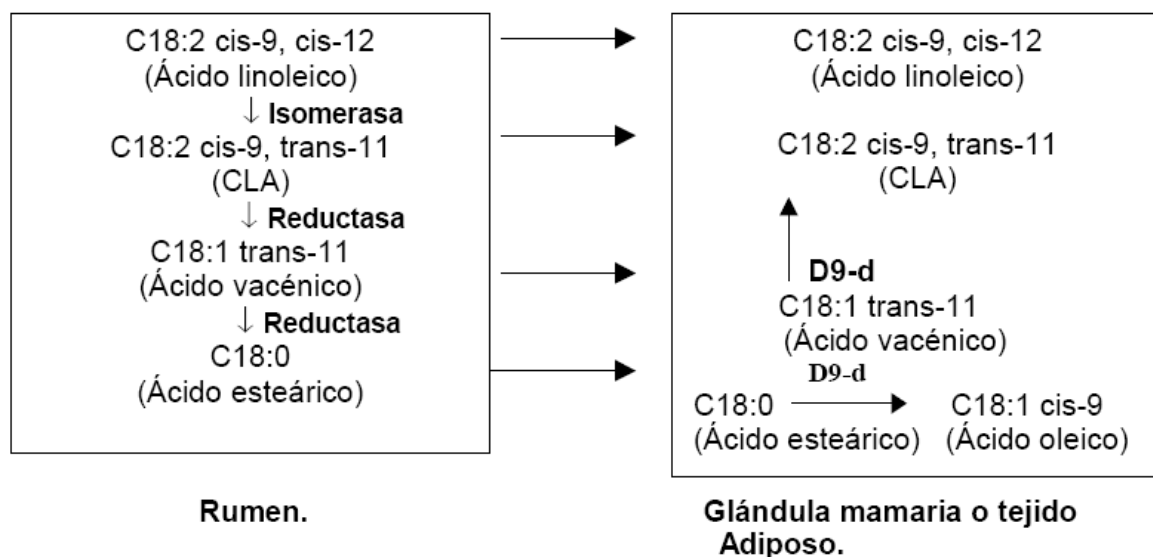
Los CLA representan productos que se forman como intermediarios durante la biohidrogenación ruminal del ácido linoléico (cis-9, cis-12 C 18:2) a ácido esteárico (C 18:0), por la bacteria *Butyrivibrio fibrisolvens* y otras bacterias del rumen o de la conversión endógena del ácido transvacénico, (t-11 C, 18:1 TVA) por la enzima delta-9 desaturasa en la glándula mamaria, la mayor parte de este ácido en la grasa de la leche se sintetiza a través de la vía delta 9-desaturasa (D9- d), a partir del ácido transvacénico (TVA), un intermediario en la biohidrogenación ruminal del ácido linoléico y linolénico. El resto del CLA en la grasa de la leche surge directamente del CLA absorbido por el tracto digestivo, para luego ser producido en el rumen como un intermediario en la biohidrogenación del ácido linoléico. La Figura 3 resume este proceso<sup>28</sup>.

---

<sup>27</sup> Ibid. P. 59.

<sup>28</sup> Sanhueza, M. Op. cit., p. 30

**Figura 3. Vía metabólica propuesta para la biosíntesis de C18:2 cis-9, trans-11.**



Fuente: Bauman y Griinari, 2001.

Por su parte Sanhueza, Nieto y Valenzuela argumentan que:

El CLA se encuentra en una proporción muy pequeña en los granos y en el forraje que constituyen la alimentación de los rumiantes, lo que significa que son estos animales los que transforman el ácido linoleico en alguno de los isómeros del CLA. Es en el poderoso ambiente reductor del rúmen donde se produce el proceso de biohidrogenación del ácido linoleico. Dentro de la abundante y variada flora microbiológica del rúmen, constituida por bacterias y protozoos principalmente, es la bacteria identificada como *Butyrivibrio fibrisolvens*, quien al realizar la hidrogenación del ácido linoleico para transformarlo en un ácido graso monoinsaturado, genera como intermediario del proceso a los diferentes isómeros del CLA.

Por su origen ruminal al CLA se le identifica como "ácido ruménico". Existe otra vía metabólica para la formación de CLA. Esta puede ocurrir en el hígado de los rumiantes, y posiblemente también en los mamíferos no rumiantes. El ácido vaccénico (18:1, 11t) es producido por la hidrogenación del ácido linoleico en el rúmen. Este ácido graso puede ser desaturado en el carbono 9 por las enzimas desaturasas intestinales y/o hepáticas de los rumiantes, transformándose en CLA (forma 9c-11t). Esta podría ser la razón por la que en los mamíferos no rumiantes, incluidos los humanos, también se encuentra CLA en sus tejidos y secreciones (leche), aunque en menor proporción que en los

rumiantes. Al consumir carne de rumiantes (o productos lácteos), conteniendo ácido vaccénico, este sería transformado a CLA por la desaturación enzimática, proceso que incrementaría el aporte de CLA proveniente de la carne y de la leche de rumiantes<sup>29</sup>.

### 3.4 EL ACIDO LINOLEICO CONJUGADO EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE

Como se ha anotado anteriormente, las variaciones en la composición de los ácidos grasos de la materia grasa de la leche de bovinos, son la resultante de los sistemas de alimentación, además de otros factores tales como el período de lactancia, variación estacional y área geográfica, influyendo también el grado de mastitis y la raza, entre otros.

En este orden de ideas, Pinto *et al*<sup>30</sup> señalan que numerosos factores parecen influenciar el contenido de CLA en la leche, en la carne, y en otros productos alimenticios de varias especies animales, los cuales se podrían clasificar de manera amplia en; la dieta, el animal y el procesamiento de los productos como un factor relacionado.

De los factores antes mencionados, el más importante es la dieta del animal la cual es susceptible de manipular en gran parte, para aumentar la concentración de CLA en productos alimenticios de rumiantes. Mientras la variación individual animal-animal, es también de gran consideración, el procesamiento como un factor relacionado parece ser de importancia secundaria. La comprensión de los diversos factores que afectan el contenido de CLA en productos alimenticios, tiene implicaciones prácticas en lechería y al considerarlos, es posible enriquecer los productos alimenticios que pueden derivar en beneficios potenciales de la salud asociados con CLA.

**3.4.1 Factores alimenticios que determinan la concentración de CLA en leche.** Durante los últimos años se han identificado muchos factores dietéticos que afectan el contenido de CLA en la grasa de la leche. Como se resume en la tabla 4, estos efectos dietéticos se agrupan en categorías concernientes al mecanismo potencial por el cual pueden actuar tal como lo mencionan Bauman *et al* quienes argumentan que:

Existe una primera categoría que incluye los factores dietéticos que proporcionan sustratos lipídicos para la biohidrogenación en el rumen. Los aceites vegetales con alto contenido de ácidos linoleicos y linolénicos son particularmente eficaces. Éstos conducen al aumento de la salida desde el rumen de ácido vacénico y en menor grado a los

---

<sup>29</sup> SANHUEZA, Julio, NIETO, Susana y VALENZUELA, Alfonso, Op . cit., p. 99.

<sup>30</sup>PINTO, M.; A. RUBILAR.; E. CARRASCO.; K. S. AH – HEN.; C. BRITO.; L. MOLINA, Op. cit., p. 37.

isómeros de CLA. Un segundo grupo que consiste en los factores dietéticos que alteran el ambiente ruminal de tal modo que afectan las bacterias implicadas en la biohidrogenación del rumen.

El forraje juega un rol importante y puede afectar marcadamente el ambiente ruminal y la biohidrogenación en el rumen y un tercer grupo que incluye los factores dietéticos que implican una combinación de sustratos lipídicos y de la modificación de la población de bacterias en el rumen. El pasto, es un ejemplo, ya que aquellos animales que se alimentan de una pradera exuberante obtendrían una proporción de CLA en la grasa de la leche doble o triplemente mayor que aquellas dietas basadas en maíz. Sin embargo, cuando el pasto madura esta diferencia en CLA disminuye<sup>31</sup>.

Por su parte Sanhueza<sup>32</sup> afirma que también la grasa de la leche y el contenido de CLA puede ser aumentado agregando suplementos dietéticos de CLA. Las últimas investigaciones han establecido que los suplementos dietéticos de CLA tienen como resultado un aumento de la dosis relacionada en la concentración de CLA en la grasa de leche. Los suplementos han contenido varios isómeros de CLA, principalmente trans-8,cis-10 CLA, cis-9, trans-11 CLA, trans-10, cis-12 CLA y cis-11, trans-13 CLA, y los resultados demostraron que todos los isómeros de CLA eran transferidos a la grasa de la leche.

Cabe anotar, que si se habla de un ácido graso en este caso específico el ácido linoléico conjugado es deducible que al incluir alimentos con altas concentraciones de estos compuestos como podrían ser las grasas, aceites y semillas de oleaginosas en la formulación de una dieta suplementaria se van a propiciar condiciones tanto de cantidad como de biodisponibilidad de CLA para que estos se reflejen en la composición de la secreción láctea.

Al respecto Santos *et al* afirman que:

La manipulación de la dieta animal implica principalmente el suplementar ácido linoleico o ácidos linolénicos (cis-9, cis-12, cis-15 C18:3, LNA) como sustratos para la biohidrogenación en el rumen. Dependiendo del tipo de aceite vegetal o de semillas oleaginosas, que posean ácido linoleico o ácido linolénico (LNA), como las pasturas en las que predomina el LNA y aceite de pescado, el que contiene ácidos grasos insaturados de 20 o 22 carbonos, el efecto dietético se

---

<sup>31</sup> BAUMAN, D.; B. L. CORLBAUMGARD AND J. GRIINARI. (2001). Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. Recent Advances in Animal Nutrition, P. C. Garnsworthy and J. Wiseman, eds. ottingham University Press, Nottingham, UK. Pp: 221–250.

<sup>32</sup> Sanhueza, M. Op. cit., p. 33

relacionaba más a la composición de los ácidos grasos insaturados de la materia utilizada, que a cualquier otro factor en la alimentación<sup>33</sup>

Khanal y Olson<sup>34</sup> estudiaron el efecto de la suplementación de lípidos en la ración y comprobaron que estos incrementaban los ácidos esteáricos, ácido oleico y CLA, contenidos en la leche. La adición de aceite de soya en la dieta, disminuyó el contenido de ácido linoleico y ácidos grasos saturados, e incrementó el nivel de CLA y ácidos grasos no identificados. En consecuencia, aumentaba el contenido de CLA en la grasa de la leche.

De lo anterior, es deducible que a nivel experimental se requiere que los componentes de las dietas se encuentren con un alto grado de purificación puesto que como menciona Bunting:

La grasa suplementaria aumenta la suministra de los ácidos grasos de cadenas largas (AGCL) a la glándula mamaria. Teóricamente, esto puede causar un aumento en la síntesis de la grasa por la glándula mamaria. Sin embargo, hay circunstancias donde la grasa suplementaria puede reducir el nivel de grasa en la leche. Un exceso de AGCL afectará negativamente la fermentación en el rumen. La adsorción de la grasa sobre las partículas del alimento puede disminuir la digestibilidad del alimento, especialmente la fracción fibrosa.

Adicionalmente, bajo las condiciones que normalmente pueden causar una disminución en la grasa en la leche, tal como una cantidad insuficiente de fibra efectiva o un exceso del almidón, grasa suplementaria puede causar una reducción más fuerte en la nivel de grasa en la leche. Así mismo la concentración de la proteína en la leche puede ser disminuida cuando las raciones contienen la grasa suplemental. Probablemente, éste es el resultado de un suministro más bajo de aminoácidos a la glándula mamaria. La grasa suplementaria se usa generalmente como reemplazo para el grano (almidón) en la ración. Por lo tanto, con menos almidón a fermentar, habrá una reducción en el crecimiento de las bacterias del rumen y del flujo de aminoácidos hacia el intestino provenientes de proteína microbiana.

---

<sup>33</sup> SANTOS, F.L.; R DE P. LANA.; M.T.C. SILVA. 2002. Estratégias para elevacao do ácido linoleico conjugado em leite do vacas. [citado 2 de julio de 2008], p.98-105. Disponible en la World Wide Web: <http://www.biotecnologia.com.br/bio24/acidol.pdf>

<sup>34</sup> KHANAL, R.C. AND K.C. OLSON. 2004. Factors Affecting Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content in Milk, Meat, and Egg: A Review . Department of Animal, Dairy and Veterinary Sciences, Asian Network for Scientific Information. Utah State University, Logan, UT 84322, USA. Pakistan Journal of Nutrition. 3 (2): 82-98. [citado 2 de julio de 2008], Disponible en la World Wide Web: <http://www.pjbs.org/pjonline/fin182.pdf>

Como una regla, las raciones no deben contener más del 3% al 5% de la grasa de los ingredientes típicos<sup>35</sup>.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, parece indudable el efecto de la composición dietaria sobre los contenidos de CLA en la leche, sin embargo, los diversos autores citados mencionan la utilización de materias primas que a nivel de nuestra región en especial lo referente al trópico alto son de muy difícil consecución o son muy costosas. Se requiere entonces diagnosticar las posibilidades de abordar este tipo de investigación bajo las condiciones locales, es decir teniendo en cuenta que la base alimentaria de nuestros bovinos en el trópico alto está representada en su gran mayoría por pastos naturales con alto contenido fibroso.

De igual manera, si se habla de las fuentes de ácidos grasos como aceites, necesariamente se debe mencionar su alto costo el cual se ha disparado especialmente en la última década por el auge de los biocombustibles para lo cual estos productos sirven de materia prima, lo cual aleja aun mas la posibilidad de utilización en la alimentación del ganado; puesto que el precio de la leche y o carne juega en desventaja con los insumos alimenticios para lograr un producto con valor agregado en el mercado.

En este orden de ideas, es importante analizar las investigaciones realizadas sobre el tema donde se han utilizado animales en pastoreo así como la variabilidad en ácidos grasos presentes en los forrajes

### **3.4.2 Variación de los ácidos grasos bajo sistemas de alimentación pastoril.**

Según menciona Martínez:

En los forrajes verdes predomina el ácido linolénico (C18:3n-3) que supone más del 50% del total de ácidos grasos y el ácido linoleico que oscila del 10 al 20%, por el contrario, en los mismos forrajes conservados la cantidad de ácido linoleico (C18:2n-6, y de ácido oleico (C18:1n-9) aumentan su proporción (+5 y +2 puntos de media, respectivamente) mientras que el ácido linolénico desciende una media de 20 puntos porcentuales. Por otra parte, la eficacia de la biohidrogenación se relaciona negativamente ( $r=-0.34$ ) con la proporción de concentrados en la ración. Además el contenido de forraje de la ración influye en la cantidad y proporción de isómeros C18:1trans que pasan a intestino delgado.

---

<sup>35</sup> BUNTING, Dwain. Estrategias Nutricionales Para Cambiar los Componentes de la Leche. II Seminario sobre alimentación y manejo de ganado lechero. Guadalajara, Jal. 2004. México. p. 3 [citado 2 de julio de 2008], Disponible en la World Wide Web: <http://www.soyamex.com.mx/sp/Animal/seminarios/ganado%20lechero/ENCL.pdf>



Cuando disminuye la proporción de forraje, ocurre un aumento (hasta el duplo) del flujo de isómeros C18:1trans totales. Ello es debido sobre todo a un incremento lineal del flujo del isómero C18:1trans-10, cuya proporción en dichas circunstancias puede pasar del 4 al 25% del total de isómeros del grupo. La inhibición de la biohidrogenación que ocurre cuando disminuye la proporción de forraje de la ración se relaciona con el bajo pH ruminal ocasionado por el consumo de raciones muy concentradas, ya que un pH inferior a 6 inhibe la isomerización y la segunda reducción<sup>36</sup>.

De acuerdo a lo anterior, se deduce que una alimentación basada en pastoreo puede influir positivamente en la presencia de CLA en leche y carne incrementando su concentración, lo anterior concuerda con lo reportado por Dhiman *et al*<sup>37</sup>, quienes encontraron que las vacas que han sido alimentadas permanentemente a pastoreo natural presentan 500% más de CLA comparadas con aquellas que se alimentaron con una mezcla de ración total que contenía forraje conservado y grano. Y que el heno, en cambio, no influyó en el contenido de CLA en la leche.

Por su parte, Gagliostro, Páez y Taverna<sup>38</sup> menciona un ensayo en el cual se efectuó una comparación entre el perfil de AG de leche producida por vacas pertenecientes a los rodeos de la EEA Rafaela del INTA alimentadas por pasturas perennes base alfalfa (70% dieta) (sistema pastoril) y la producida en tambos de la Universidad de Illinois alimentadas con silaje y concentrados (sistema no pastoril). Los resultados mostraron una importante diferencia en calidad dietética sobre los niveles basales de CLA registrados en leche producida por vacas alimentadas con pasturas la cual resultó 2,84 veces superior al valor obtenido con una dieta no pastoril.

En otro ensayo, se comparó el efecto combinado de la raza (Holando vs Jersey) y la alimentación (100% dieta constituida por pastura alfalfa “Sistema Pastoril” vs. una dieta compuesta por 51% de henolaje de alfalfa, 39% de silaje de maíz y 10% de semilla de algodón base materia seca “Sistema a Corral”) sobre la composición de la grasa butirosa. La leche Jersey se caracterizó por contener más AG

---

<sup>36</sup> MARTÍNEZ, Marín. Influencia de la nutrición sobre el contenido y tipo de ácidos grasos en la carne de los rumiantes. Revista Archivos de Zootecnia. Vol 56 : 45-66. 2007. [citado 8 de julio de 2008], Disponible en la World Wide Web:

[http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/05\\_12\\_57\\_956RevisionInfluenciaMartinez.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/05_12_57_956RevisionInfluenciaMartinez.pdf)

<sup>37</sup> DHIMAN, T.; G. ANAND.; L. SATTER AND M. PARIZA. 1999. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets, J.Dairy Sci. 82(10). pp:2146- 2156.

<sup>38</sup> GAGLIOSTRO, Gerardo; PÁEZ, Roxana y TAVERNA, Miguel. La composición de la grasa butirosa, una alternativa para diferenciar sistemas pastoriles. [online]. [Citado 11 julio de 2008], Available from World Wide Web [http://www.avizora.com/publicaciones/agricultura/textos/grasa\\_butirosa\\_composicion\\_0016.htm](http://www.avizora.com/publicaciones/agricultura/textos/grasa_butirosa_composicion_0016.htm)

saturados totales, menos AG insaturados totales, CLA y Omega 3. La composición de la GB en las Jersey parece alejarse más de los valores ideales con respecto a la raza Holando. Se confirma que la leche producida por animales que consumen pasturas presentan un menor contenido de AG saturados totales, mayores valores de AG insaturados, CLA. Las diferencias entre sistemas de alimentación resultaron más netas para la raza Holando que para la Jersey. En ambas razas, la relación n6/n3 obtenida en alimentación pastoril (cerca de 2) se encuentra bien por debajo del límite superior juzgado como saludable para alimentación humana (< 4).

Los trabajos presentados confirman la posibilidad de modificar el equilibrio natural de los AG de la leche a través de una alimentación que maximice la participación de la pastura con una suplementación estratégica. La concentración de CLA encontrada en la leche proveniente de sistemas con alimentación basada en pastoreo resulta ventajosa en comparación a la obtenida en otros sistemas más intensivos con baja o nula participación de forraje fresco. De lo que se deduce que la valorización de la GB enriquecida en CLA es un objetivo ciertamente alcanzable que puede tener alto impacto en mercados cada vez más sensibles a la calidad dietética de los alimentos.

En este orden de ideas Rico *et al*, afirman que:

El tipo de alimentación es un factor que afecta de manera significativa el contenido de ácido ruménico de la grasa láctea. Se ha demostrado que con una alimentación basada en forrajes conservados y granos (dietas TMR), el contenido de ácido ruménico de la leche es bajo (10, 29, 45) en comparación con aquella basada en el consumo de forrajes frescos, ya sea bajo estabulación, o pastoreo. Estas diferencias entre dietas se presentan debido a variaciones en los precursores del ruménico, linoleico y linolénico de los alimentos. Los forrajes son muy ricos en ácido  $\alpha$ -linolénico (50-68%), y contienen cantidades moderadas de ácido linoléico (11-17%) (12, 44). Los granos de cereales tienen un contenido intermedio de ácido linoleico (34.9-55.8%), y bajo de  $\alpha$ -linolénico (2.1-4.5)

Los ensilajes y henolajes de forrajes de pastoreo tienen un contenido menor de ácidos grasos que el forraje fresco, especialmente de  $\alpha$ -linolénico (9, 12), aunque mayor que el encontrado en el ensilaje de maíz. El ensilaje de maíz, ampliamente utilizado en dietas para el invierno (TMR), tiene un contenido moderado de linoleico (40.9%) y muy bajo de linolénico (6.1%). Adicionalmente, el grano presente en el ensilaje de maíz (20-40%) puede contribuir a la disminución del pH ruminal, que por debajo de seis puede cambiar las poblaciones de bacterias, afectando especialmente a las celulolíticas, que son las

principales responsables de la hidrogenación de los lípidos en el rumen y de la producción de ácido ruménico y vaccénico.<sup>39</sup>

Los mismos autores<sup>40</sup> encontraron una tendencia ( $r$  -0.48 a -0.62,  $p < 0.05$ ) a la disminución del contenido de ácido ruménico con el aumento del consumo de ensilaje de maíz, el consumo de MS de suplementos, y la proporción de forrajes conservados en la suplementación, sugiriendo que estas características podrían influenciar negativamente el contenido de ácido ruménico de la grasa láctea. Los valores más bajos en el contenido de ácido ruménico correspondieron a las fincas que más suplementaban, y fueron particularmente bajos en las fincas cuya alimentación incluía forrajes conservados.

Posiblemente, las diferencias encontradas en estas fincas con alta suplementación y uso de forrajes conservados, influyan de manera significativa en el contenido del ácido ruménico lácteo, por aumentarse el consumo de suplementos con menor contenido de linolénico y linoleico, en relación a la pastura. La tendencia a la disminución en el contenido de ruménico al aumentar la suplementación podría explicarse, en parte, por el efecto de los suplementos en la disminución del pH ruminal, especialmente los granos de cereales.

Lo anterior confirma aun más, la hipótesis de la variabilidad en el contenido de CLA en leche en virtud de las características de la dieta suministrada y en especial de la disminución de dicho ácido al incrementar la suplementación con granos y concentrados. En este sentido Rico *et al* argumentan que:

Aunque fue clara la tendencia a la disminución en el contenido de ácido ruménico con el aumento de la suplementación, esto no ocurrió en el rango de 15 a 20 kg de MS/vaca/día. Esto podría explicarse por el tipo de suplementación utilizado en las fincas ubicadas en este rango. Aunque en estas fincas suministraban una alta cantidad de suplementos, la proporción de forrajes conservados en la MS suplementada fue alta (60% promedio), y, adicionalmente, una de ellas utilizaba henolaje de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) como único forraje conservado. Es posible que al suplementarse grandes cantidades de un forraje de pastoreo como el kikuyo, se logre un aporte mayor de linolénico y linoleico en comparación con el ensilaje de maíz que fue utilizado por la fincas en el rango de 10 a 15 kg de MS/vaca/día, y que seguramente sustituyó en parte el consumo del forraje de pastoreo en cada caso.

---

<sup>39</sup> RICO, Jorge E, MORENO, Bárbara, PABON, Martha L et al. Composition of the fat milk of the Bogotá's savannah with emphasis on rumenic acid (cis-9, trans-11 CLA). Rev Colom Cienc Pecua. [online]. Mar./Jan. 2007, vol.20, no.1 [cited 16 February 2008], p.30-39. Available from World Wide Web: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-06902007000100004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902007000100004&lng=en&nrm=iso)

<sup>40</sup> Ibid., p. 3.

No obstante lo anterior, es importante destacar la influencia del estado fenológico del pasto cosechado por los animales, puesto que como mencionan Dhiman *et al*<sup>41</sup>, al parecer, cuando las vacas se alimentan de un pasto fresco obtenido en época de invierno que posee cadenas de C-3 contiene 50% más de ácidos grasos totales y de ácidos linoleicos, lo que aumentaría el contenido de CLA en la leche mucho más que los pastos de estaciones secas, que poseen carbonos-4 y que contienen menos de 40% de ácidos grasos totales como de ácidos linoleicos. Un pasto maduro, tiene las proporciones más altas de C y menos ácidos linoleicos, además no es probable que produzca tanto CLA en la leche como lo hace el pasto que es verde y exuberante pastoreado por las vacas lecheras.

De igual manera, Sanhueza dice que: “La diversidad de especies de forrajeras disponibles en el pasto aumenta el contenido de CLA en la leche, lo mismo ocurre cuando aumenta la altitud del pasto”<sup>42</sup>.

Por su parte, Riel<sup>43</sup> estudió el efecto de la variación estacional de dobles enlaces conjugados en la leche canadiense y encontró que poseían dobles a triples incrementos de estos enlaces en la grasa de la leche durante el verano, cuando las vacas pastoreaban. Este autor observó también que la concentración más baja (0,6%) de dobles enlaces conjugados en la grasa de la leche se presentaba durante marzo, que es más alto de lo que se observa en la leche actualmente (0,4 a 0,5%) producto de vacas alimentadas con una mezcla de ración total.

**3.4.3 Consideraciones al aumentar el contenido de CLA en la leche.** La meta general de las estrategias de alimentación se pueden sintetizar en un aumento de la concentración grasa de CLA en la leche con un mínimo efecto sobre el rendimiento de la leche o su contenido graso. Se ha anotado sobre la posibilidad de conseguirlo suplementando las vacas que se alimentan de pasturas a través de algunos alimentos, que no sólo mantengan una alta concentración de CLA mientras pastoreen, sino que también aminoren la reducción en el rendimiento de la leche o incluyendo los sustratos para la síntesis de CLA de una forma accesible a los microorganismos del rumen sin afectar su crecimiento y multiplicación, tal como el extruido de semillas oleaginosas o aceites libres siempre y cuando su consecución se facilite y su costo lo amerite.

En este sentido Sanhueza argumenta que:

Es necesario considerar dos aspectos en las estrategias de alimentación que se han diseñado para aumentar el CLA en la grasa de

---

<sup>41</sup> Dhiman., Op. cit. pp:2146- 2156.

<sup>42</sup> Sanhueza., Op. cit. p. 41.

<sup>43</sup> RIEL, R.R. 1963. Physico-chemical characteristics of Canadian milk fat. Unsaturated fatty acids, J. Dairy Sci., 46: 102-106

la leche. Primero, la reducción en el rendimiento de la leche, lo que generalmente es asociado a las vacas que han sido alimentadas con pasturas. La disminución del rendimiento de la leche puede ser, a veces, un alto precio pagado por los productores lecheros al aumentar el contenido de CLA en la grasa de la leche, a menos que se les dé un estímulo extra por ello. El segundo aspecto, es la reducción en el contenido graso de la leche, lo que se asocia generalmente con el aumento de la proporción de aceites libres tales como, aceite de pescado o aceite vegetal en la dieta que se utilizan normalmente para aumentar el contenido de CLA en la leche

### 3.5 DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL PERFIL DE ACIDOS GRASOS

Una de las mayores limitantes en la investigación sobre la determinación del perfil de ácidos grasos en alimentos es su alto costo económico y ecológico puesto que para su extracción y purificación se requiere de la utilización de reactivos contaminantes. Sin embargo, en la actualidad existen procesos no contaminantes netamente físicos como el NIRS (Espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano) el cual se describirá en este aparte del documento, sin dejar atrás los métodos convencionales de base química los cuales de igual manera se describirán algunos de los más utilizados.

En este sentido Eryck, *et al*<sup>44</sup>, describen un protocolo de determinación del perfil de ácidos grasos en el cual se desarrolla como sigue: La extracción de la materia grasa de la leche se lleva a cabo utilizando la metodología descrita por Folch *et al.*) con una solución de cloroformo y metanol en una relación 2:1 (24 mL/2 mL de muestra) seguido por 8 mL de una solución de NaCl al 0.88%. Los ácidos grasos obtenidos son transesterificados con metóxido de sodio de acuerdo a la metodología propuesta por Christie y Chouinard *et al.* Los ésteres metilados de ácidos grasos en hexano (conocidos como FAME, por sus siglas en inglés, Fatty Acid Methyl Esters) son inyectados en un cromatógrafo de gases Varian 3600 equipado con un detector de ionización de flama.

Los FAME se separan en una columna capilar Supelco SP2560 (100 m x 0.25 mm x 0.2 mm) usando helio como gas acarreador con un flujo de 1 mL por minuto. La temperatura inicial de la columna es de 40°C y se mantiene durante 4 minutos, posteriormente se incrementa hasta 175°C a 13°C/min manteniéndose por 25

---

<sup>44</sup> ERYCK, R. SILVA, SUAREZ, Miriam, HERRERA, Rosa, NAKANO, Takuo, OZIMEK, Lech y VERDALET, Iñigo. Alto contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche y productos derivados al incorporar semillas de girasol a la dieta vacuna. Implicaciones sobre el riesgo trombo/aterogénico. *En: Revista Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Venezuela 16 de febrero de 2008 [online]. Citado julio 12 de 2008]. Available from World Wide Web: [http://www.alanrevista.org/ediciones/2007-2/acido\\_linoleico\\_conjugado.asp#](http://www.alanrevista.org/ediciones/2007-2/acido_linoleico_conjugado.asp#)

minutos, transcurrido este tiempo, se incrementa la temperatura hasta 215 °C a 4 °C/min permaneciendo así durante 23 minutos. Finalmente la temperatura se incrementa a 230 °C a 5 °C/min y se mantiene por 17.5 minutos. La temperatura inicial del inyector es de 50 °C manteniéndose durante 0.2 minutos para después incrementarse a una velocidad de 150 °C/min hasta una temperatura máxima de 230 °C que permanece durante 96 minutos.

Los picos de cada ácido graso se identifican por sus tiempos de retención con referencia a los estándares de metil ésteres puros (NuChekPrep 463). Los isómeros de CLA (cis-9, trans-11 y trans-10, cis-12) se identifican por su tiempo de retención utilizando sus respectivos estándares. La identificación y análisis de los picos se realiza usando el software Shimadzu. El porcentaje de cada ácido graso se calcula dividiendo el área bajo la curva de cada pico entre la suma total de las integrales de los ácidos grasos identificados.

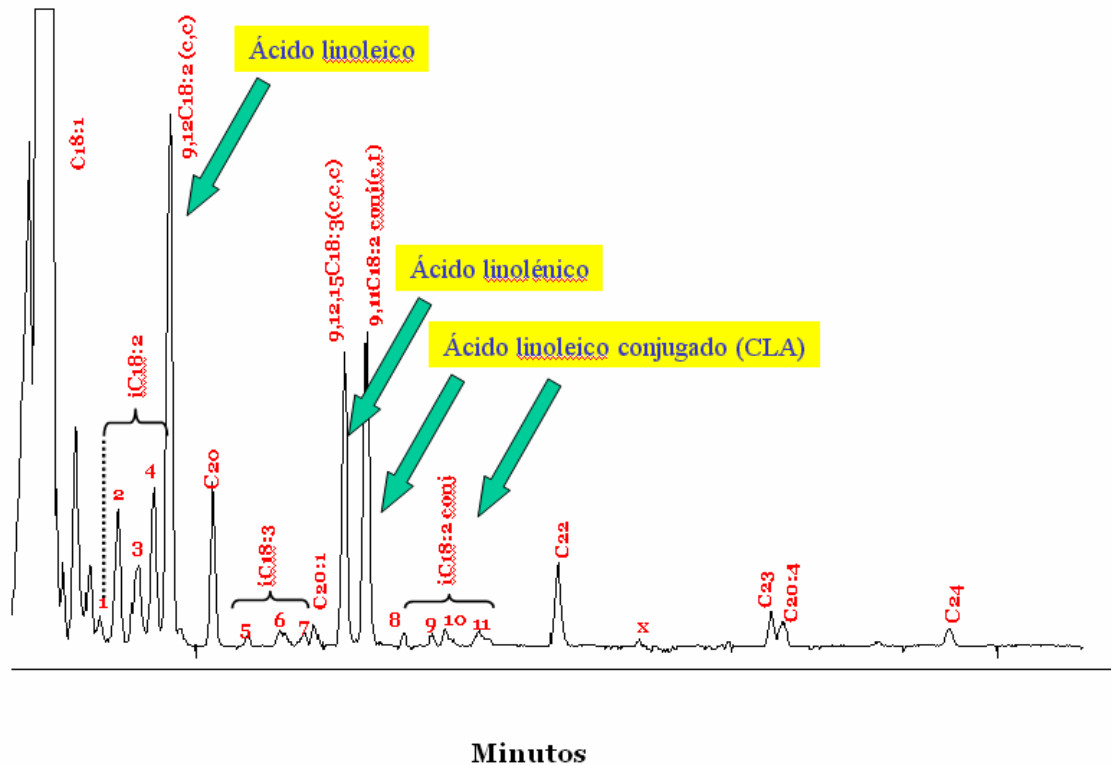
Por su parte, Gatti, *et al*<sup>45</sup>, mencionan una metodología basada en la extracción de la grasa de la muestra láctea, por medio de un agente tensioactivo en un baño de agua a 80 °C. Posteriormente se purifica con hexano / propanol y una sln de sulfato de sodio. Se elimina el contenido de agua con sulfato de sodio anhidro y se evapora el solvente con nitrógeno, obteniendo así la grasa anhidra. A partir de la misma se procede a la esterificación y metilación de los ácidos grasos, quedando suspendidos en sulfuro de carbono para su posterior identificación y cuantificación en CGL.

La cromatografía gaseosa representa uno de los métodos de mayor aplicación en la determinación del perfil de ácidos grasos de la leche de vaca puesto que la estandarización en los protocolos de laboratorio ha permitido obtener datos confiables en la investigación sobre este tema (Figura 4), situación que representa una importante herramienta para la clasificación de la leche por su calidad y ofrecer así al productor un mejor precio en dependencia del contenido y características de distribución de ácidos grasos

---

<sup>45</sup> GATTI, P.; RODRÍGUEZ, M. A; PALADINO, M Y GAGLIOSTRO, G. Desarrollo de una metodología para la determinación de los ácidos grasos conjugados del linoleico (CLA) en grasas lácteas. Centro de Investigación y Desarrollo de la Industria Láctea (CITIL) INTA – Balcarce [online]. [Citado julio 19 de 2008], p. 2. Available from World Wide Web <http://www4.inti.gov.ar/GD/4jornadas2002/pdf/citil-181.pdf>

**Figura 4 Cromatograma parcial de los ésteres metílicos de ácidos grasos c18:1 a c24 de grasa de la leche de vaca**



Fuente: Fontecha, 2005

El análisis de ácidos grasos se enfrenta entonces a nuevos retos que exigen la aplicación de técnicas de separación más sofisticadas para obtener datos que permitan conocer mejor la composición de los alimentos y el metabolismo de sus componentes en los seres vivos

Sin embargo, García y Díaz precisan que:

La forma más extendida de cálculo de la composición de ácidos grasos es la de los porcentajes normalizados. Sin embargo, cada vez es más importante el cálculo de las concentraciones de ácidos grasos lo que requiere la validación del método de modo más complejo. Los diferentes métodos de extracción pueden producir concentraciones diferentes, por ello es un aspecto a considerar como previo. El método de extracción más extendido, sin considerar el método oficial para la

determinación de grasa total, es el descrito por Folch *et al.* 1957. Este método ha sido modificado con variantes pero que mantienen el mismo principio de extracción basado en la mezcla de cloroformo y metanol para poder extraer tanto lípidos neutros como polares. Dado el uso de cloroformo se han propuesto otras soluciones de extracción como el hexano:2-propanol, pero que no han sido aplicadas de modo importante.

Una vez extraídos los lípidos se han de saponificar para liberar los ácidos grasos y a continuación formar los ésteres metílicos que se separaran mediante cromatografía de gases. Para producir los ésteres metílicos de los ácidos grasos existen varios métodos que ofrecen resultados comparables pero no completamente similares. Por lo cual este es otro elemento a considerar, sobre todo si se desea identificar ácidos grasos mediante cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas (GC-MS)<sup>46</sup>.

Desde otro punto de vista, existen otros métodos no destructivos para la determinación del perfil de ácidos grasos tal es el caso de la espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS), es un método más rápido y no destructivo, lo cual permite que las muestras de leche que se han empleado en la técnica puedan reutilizarse e incluso ser consumidas, en el caso que se utilice para caracterizar otro tipo de alimento más costoso.

De acuerdo a numerosos artículos científicos, esta es una de las técnicas de mayor innovación y netamente física, no requiere la manipulación excesiva ni procesamiento de la muestra a analizar. Esta técnica consiste en iluminar la muestra de leche con luz en el rango del infrarrojo cercano con el objeto de obtener un espectro de absorción. Una vez obtenidos los datos espectrales, los investigadores desarrollan modelos matemáticos para estimar el contenido en ácido linoleico conjugado y el perfil de ácidos grasos. Así los expertos identifican los diferentes sistemas productivos en base a las características espectrales de la leche.

---

<sup>46</sup> GARCÍA, J y DÍAZ, I. Nuevas tendencias en el análisis de ácidos grasos. [online].[Citado Julio 19 de 2008], p.2. Available from World Wide Web:  
<http://www.recercat.net/bitstream/2072/4751/1/NUEVAS+TENDENCIAS+EN+EL+ANÁLISIS+DE+ÁCID+OS+GRASOS.pdf>



En este sentido Garrido, *et al*, mencionan que

La técnica NIRS es mucho más rápida y no destructiva, ya que no altera las características de la leche que se ha tomado de muestra para realizar el método. Consiste en irradiar la muestra de leche a diferentes longitudes de onda para obtener así un espectro de absorción que servirá para desarrollar ecuaciones matemáticas que permitan estimar el perfil de ácidos grasos que posee la leche, así como el contenido en ácido linoleico conjugado.<sup>47</sup>

Sobre este acápite, se concluye que las innovaciones tecnológicas respecto a las técnicas de análisis en los perfiles de ácidos grasos constituyen una herramienta fundamental para el desarrollo de la investigación en este tema. En este sentido, la tecnología NIRS ofrece gran practicidad ya que incluso se pueden realizar pruebas en campo, lo que agiliza en gran medida el análisis y toma de decisiones, desafortunadamente en Nariño existe un rezago total en este sentido, lo que pone de manifiesto la necesidad de la estructuración y ejecución de un programa holístico que integre todos los eslabones de la cadena láctea con miras a incrementar la competitividad y la calidad de vida de nuestros productores y al tiempo ofrecer al consumidor un producto de mayor calidad.

---

<sup>47</sup> GARRIDO, Varo, PÉREZ, Marín, GUERRERO, Ginel y GÓMEZ, Cabrera. Avances en la utilización de la tecnología nirs. Aplicaciones en producción animal. En: XX Curso de especialización FEDNA [online]. Barcelona, 22 y 23 de Noviembre de 2004 [Citado julio 31 de 2008], pp 1-24. Available from World Wide Web: [http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/03CAP\\_1.pdf](http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/03CAP_1.pdf)

## CONCLUSIONES

El ácido linoléico conjugado (CLA), representa un importante agente en la protección contra patologías crónicas en humanos y en especial, la prevención de enfermedades cancerígenas y su progresión, además de sus efectos benéficos en la reducción del porcentaje de grasa corporal.

El ácido linoléico es un componente de la mayoría de aceites vegetales y semillas de oleaginosas, sin embargo, su proporción se presenta modificada benéficamente e incrementada en los productos obtenidos de animales rumiantes, especialmente en leche y carne; puesto que esta especie posee capacidad fisiológica para su síntesis a nivel ruminal y de glándula mamaria.

La posibilidad de la manipulación en los contenidos de CLA en leche mediante el manejo de la alimentación a libre pastoreo abre una importante brecha investigativa, puesto que a nivel regional dentro de los sistemas de alimentación que se manejan, el pastoreo es predominante fundamentalmente en predios de minifundio.

La alimentación del ganado lechero basada en cantidades altas de concentrado va en detrimento de la cantidad de CLA en leche; puesto que en una situación así, las condiciones de pH ruminal no son favorables para las poblaciones de microorganismos responsables de la biohidrogenación de la grasa de la dieta y la consecuente formación de CLA como producto intermediario

La presencia de CLA en la grasa de origen lácteo es un claro ejemplo de que esta fracción de la leche contiene componentes que suministran beneficios, más allá de aquellos asociados con nutrientes tradicionales. Es por ello que, los esfuerzos dedicados a mejorar los niveles de este tipo de componentes en leches de consumo y productos lácteos, pueden repercutir favorablemente en la calidad nutricional y en el valor añadido de los alimentos que los contengan.

La complejidad de las rutas bioquímicas implicadas en la síntesis de CLA en leche, hace imprescindible estudios exhaustivos que esclarezcan los diferentes mecanismos de formación, la clarificación de las vías de biosíntesis de los principales isómeros de CLA, así como de sus precursores, tanto en el aparato digestivo como en diferentes tejidos, es hoy en día ineludible para el diseño de estrategias que permitan incrementar los contenidos de estos compuestos en leche y productos lácteos.

## BIBLIOGRAFIA

BAUMAN, D.; B. L. CORLBAUMGARD AND J. GRIINARI. (2001). Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. Recent Advances in Animal Nutrition, P. C. Garnsworthy and J. Wiseman, eds. ottingham University Press, Nottingham, UK. Pp: 221–250.

BANNI, S., HEYS, C.S.D.,WAHLE, K.W.J., 2003. Conjugated linoleic acid as anticancer nutrients: studies in vivo and cellular mechanisms. In: Sebedio, J., Christie,W.W., Adolf, R. (Eds.), Advances in Conjugated Linoleic Acid Research, vol. 2. AOCS Press, Champaign, IL, pp. 267–281.

BONDI, Aron. Nutrición animal. Zaragoza. España: Acribia. 1988. p. 135..

C.J. LÓPEZ BOTE, A.I. REY, L. ORTIZ Y D. MENOYO. Cambios en el perfil de ácidos grasos en productos animales en relación con la alimentación animal y humana. importancia del ácido linoleico conjugado. 1. rumiantes. *En:* XX Curso de especialización FEDNA [online]. Barcelona, 22 y 23 de Noviembre de 2004 [Citado febrero 18 de 2008], p.30-39. Available from World Wide Web: [http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/04CAP\\_5.pdf](http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/04CAP_5.pdf)

DHIMAN, T.; G. ANAND.; L. SATTER AND M. PARIZA. 1999. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets, J.Dairy Sci. 82(10). pp:2146-2156.

ERYCK, R. SILVA, SUAREZ, Miriam, HERRERA, Rosa, NAKANO, Takuo, OZIMEK, Lech y VERDALET, Iñigo. Alto contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche y productos derivados al incorporar semillas de girasol a la dieta vacuna. Implicaciones sobre el riesgo trombo/aterogénico. *En:* Revista Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Venezuela 16 de febrero de 2008 [online]. Citado julio 12 de 2008]. Available from World Wide Web: [http://www.alanrevista.org/ediciones/2007-2/acido\\_linoleico\\_conjugado.asp#](http://www.alanrevista.org/ediciones/2007-2/acido_linoleico_conjugado.asp#)

FAO. Departamento de Agricultura. Grasas y aceites en la nutrición humana. Consulta FAO/OMS de expertos, Roma. Capítulo 2 - Composición de las grasas alimentarias. [On line]. [Citado Junio 3 de 2008], Disponible en la World Wide Web: <http://www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s06.htm>

GARCÍA, J y DÍAZ, I. Nuevas tendencias en el análisis de ácidos grasos. [online].[Citado Julio 19 de 2008], p.2. Available from World Wide Web: <http://www.recercat.net/bitstream/2072/4751/1/NUEVAS+TENDENCIAS+EN+EL+ANÁLISIS+DE+ÁCIDOS+GRASOS.pdf>

GAGLIOSTRO, Gerardo; PÁEZ, Roxana y TAVERNA, Miguel. La composición de la grasa butirosa, una alternativa para diferenciar sistemas pastoriles. [online]. [Citado 11 julio de 2008], Available from World Wide Web [http://www.avizora.com/publicaciones/agricultura/textos/grasa\\_butirosa\\_composicion\\_0016.htm](http://www.avizora.com/publicaciones/agricultura/textos/grasa_butirosa_composicion_0016.htm)

GAGLIOSTRO, G.; L. VIDAURRETA.; G. SCHROEDER.; A. RODRÍGUEZ Y P. GATTI. 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). 25º Congreso Argentino de Producción Animal. Buenos Aires, Argentina. pp: 59-60.

GATTI, P.; RODRÍGUEZ, M. A; PALADINO, M Y GAGLIOSTRO, G. Desarrollo de una metodología para la determinación de los ácidos grasos conjugados del linoleico (CLA) en grasas lácteas. Centro de Investigación y Desarrollo de la Industria Láctea (CITIL) INTA – Balcarce [online]. [Citado julio 19 de 2008], p. 2. Available from World Wide Web <http://www4.inti.gov.ar/GD/4jornadas2002/pdf/citil-181.pdf>

HORTON, H. ROBERT; MORAN, LAURENCE A; OCHS RAYMOND S; RAWN, J. DAVID; SCRIMGEOUR K. GRAY , 1995, Bioquímica , México, D.F: Prentice-Hall Hispanoamericana. p. 234

BUNTING, Dwain. Estrategias Nutricionales Para Cambiar los Componentes de la Leche. II Seminario sobre alimentación y manejo de ganado lechero. Guadalajara, Jal. 2004. México. p. 3 [citado 2 de julio de 2008], Disponible en la World Wide Web: <http://www.soyamex.com.mx/sp/Animal/seminarios/ganado%20lechero/ENCL.pdf>

KATAN, M. B.; P. L. ZOCK and R. P. MENSINK. 1995. Trans fatty acids and their effects on lipoproteins in human. Ann. Rev. Nutr. 15: 473-493

KHANAL, R.C. AND K.C. OLSON. 2004. Factors Affecting Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content in Milk, Meat, and Egg: A Review . Department of Animal, Dairy and Veterinary Sciences, Asian Network for Scientific Information. Utah State University, Logan, UT 84322, USA. Pakistan Journal of Nutrition. 3 (2): 82-98. [citado 2 de julio de 2008], Disponible en la World Wide Web: <http://www.pjbs.org/pjnonline/fin182.pdf>

MARTÍNEZ, Marín. Influencia de la nutrición sobre el contenido y tipo de ácidos grasos en la carne de los rumiantes. Revista Archivos de Zootecnia. Vol 56 : 45-66. 2007. [citado 8 de julio de 2008], Disponible en la World Wide Web: [http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/05\\_12\\_57\\_956RevisionInfluenciaMartinez.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/05_12_57_956RevisionInfluenciaMartinez.pdf)

MENSINK, R P AND KATAN, M B. 1990. Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. N. Eng. J. Med.323: 439-445.

MONTENEGRO, M. A. - CATUOGNO, M. S. - LÉRTORA, W. J. GUANZIROLI, S. M. C. - BURNA, A. N. - SÁNCHEZ NEGRETTE, M. Efectos de la Leche de Vaca y de Bufala Sobre la Carcinogénesis Experimental del Intestino Grueso en Ratas. Universidad Nacional Del Nordeste, Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. 2004 [On line]. [Citado Junio 26 de 2008], Disponible en la World Wide Web <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2004/4-Veterinaria/V-023.pdf>

MIGUEL, Calvo. Bioquímica De Los Alimentos, Ácidos grasos. [On line]. [Citado Junio 3 de 2008], Disponible en la World Wide Web: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/lipidos/acidosgrasos.html>

O` QUINN, PR, NELSEN JL, GOODBAND RD, TOKACH MD. Conjugated linoleic acid. Anim Health Res Rev 2000; 1: 35-46.

PARODI, P. 1999. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk. J Dairy Sci, 82:1339-1349

PINTO, M.; A. RUBILAR.; E. CARRASCO.; K. S. AH – HEN.; C. BRITO.; L. MOLINA. 2002. Efecto estacional y del área geográfica en la composición de ácidos grasos en la leche de bovinos. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Instituto de Ciencias y Tecnología de los Alimentos. Valdivia, Chile. Agro sur. v.30 n.2 jul 30 – 35pp

RAISMAN, Jorge y GONZALEZ, Ana. Lípidos. Hipertextos del área de biología. [online]. Septiembre 30 de 2005 [citado mayo 2 de 2008], Disponible en la World Wide Web: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-06902007000100004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902007000100004&lng=en&nrm=iso)

Salmeron J, Hu FB, Manson JE et al. (2001) Dietary fat intake and risk of type 2 diabetes in women. Am J Clin Nutr, 73:1019-1026.

RICO, Jorge E, MORENO, Bárbara, PABON, Martha L et al. Composition of the fat milk of the Bogotá's savannah with emphasis on rumenic acid (cis-9, trans-11 CLA). Rev Colom Cienc Pecu. [online]. Mar./Jan. 2007, vol.20, no.1 [cited 16 February 2008], p.30-39. Available from World Wide Web: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-06902007000100004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902007000100004&lng=en&nrm=iso)

RIEL, R.R. 1963. Physico-chemical characteristics of Canadian milk fat. Unsaturated fatty acids, J. Dairy Sci., 46: 102-106

SANTOS, F.L.; R DE P. LANA.; M.T.C. SILVA. 2002. Estrátégia para elevacao do ácido linoleico conjugado em leite do vacas. [citado 2 de julio de 2008], p.98-105. Disponible en la World Wide Web: <http://www.biotecnologia.com.br/bio24/acidol.pdf>

SHANUEZA, María. Determinación de ácido linoleico conjugado (cla) en leche de bovinos del sector vilcún, novena región. Temuco, Chile: 2004, 131 p. Trabajo de grado (Licenciado en Medicina Veterinaria). Universidad Católica De Temuco. Facultad De Acuicultura Y Ciencias Veterinarias. Escuela De Medicina Veterinaria

SANHUEZA, Julio, NIETO, Susana y VALENZUELA, Alfonso. Acido linoleico conjugado: un acido graso con isomeria trans potencialmente beneficioso. Rev. chil. nutr. [online]. ago. 2002, vol.29, no.2 [citado 2 de julio de 2008], p.98-105. Disponible en la World Wide Web:.. ISSN 0717-7518. [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0717-75182002000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0717-75182002000200004&script=sci_arttext)

SANTORA, J; PALMQUIST, D. ROEHRIG, K. 2000. Trans-vaccenic acid is desaturated to conjugated linoleic acid in mice. J Nutr. 130:208-215.

VALDEZ, Alfredo, Los lípidos. [On line]. [Citado Junio 3 de 2008], Disponible en la World Wide Web: <http://www.monografias.com/trabajos16/lipidos/lipidos.shtml>