

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA E NICARAGUA, LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**



**Estudio preliminar del contenido de ácidos grasos en margarinas, mantecas, mantequillas y aceites que se consumen en Nicaragua.**

**Para optar al título de:  
Licenciatura en Química.**

**Presentado por:  
Br. Ana Yancie Ruiz Alfaro.**

**Tutor:  
Dr. José Maria Cabezas L.**

**León-Nicaragua, 21 de Agosto de 2009**



### **AGRADECIMIENTO.**

A mi tutor Dr. José María Cabezas por el aporte que le dio a esta tesis con sus conocimientos. A mis amigos y compañeros de trabajo por su motivación para poder llevar a cabo la culminación de esta tesis. A mi madre Laura Alfaro y a mi Hermana Uvania Ruiz por su ayuda y apoyo en todo el transcurso de mi carrera. Y a Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida.



### **DEDICATORIA.**

A ti madre mía te dedico esta tesis, porque sin vos no hubiese sido posible llegar a donde estoy en este momento.



## **RESUMEN**

Se analizaron la composición porcentual los esteres metílicos de ácidos grasos en muestras de margarinas, mantecas, mantequillas y algunos aceites que se comercializan en el país en el periodo que va de marzo a mayo de 2008, mediante la técnica analítica de cromatografía de gas con columna capilar.

Se comparó los resultados obtenido en este estudio con los de estudios anteriores, teniendo como parámetro el potencial aterogénico de cada una de las muestras estudiadas, al igual que su relación de ácidos grasos saturado e insaturados.



## Índice

<b>AGRADECIMIENTO</b> -----	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA</b> -----	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b> -----	<b>iii</b>
<b>I INTRODUCCIÓN</b> -----	<b>1</b>
<b>II JUSTIFICACIÓN</b> -----	<b>2</b>
<b>III OBJETIVOS</b> -----	<b>3</b>
<b>IV MARCO TEORICO</b> -----	<b>4</b>
<b>4. 1 Grasa y Aceites</b> -----	<b>4</b>
4.1.1 introducción-----	4
<b>4.1.2 Propiedades físicas de las grasas y aceites</b> -----	<b>5</b>
<b>4.1.3 Clasificación</b> -----	<b>5</b>
4.1.4 Aceites-----	5
<b>4.1.5</b> -----	5
<b>4.1.6 Ácidos</b> -----	6
4.1.6.1 Introducción-----	6
4.1.6.2 Ácidos Grasos Saturados-----	8
4.1.6.3 Ácidos Grasos Insaturados-----	8
<b>4.1.6.4 Ácidos Grasos Esenciales</b> -----	9
<b>4.1.7 Omegas y sus clasificaciones</b> -----	<b>9</b>
4.1.7.1 Introducción-----	9
4.1.7.2 Omega 9-----	10
4.1.7.3 Omega 3-----	11
4.1.7.4 Omega 6-----	12
4.1.7.5 Rutas Biosintéticas de los Omegas 3 y 6-----	13
4.1.7.6 Relación omega 3/6-----	14
<b>4.1. 8 Ácidos Grasos <i>trans</i></b> -----	<b>15</b>
4.1.8.1 Introducción-----	15
4.1.8.2 Principales Fuentes Industriales de Ácidos Grasos <i>trans</i> -----	16



4.1.8.3 Consecuencias Perjudiciales de los Ácidos <i>trans</i> en la Salud-----	16
4.1.8.4 Recomendaciones Dietéticas -----	17
<b>4.1.9 Ácidos Grasos, Colesterol y Aterogenicidad -----</b>	<b>19</b>
4.1.9.1 Generalidades -----	19
<b>4.1.9.2. Lipoproteínas de baja densidad (LDL) -----</b>	<b>21</b>
4.1.9.3 Lipoproteínas de alta densidad (HDL)-----	23
4.1.9.4 Índice de aterogenicidad -----	23
<b>4.1.10 Grasas Comestibles Naturales e Hidrogenadas -----</b>	<b>24</b>
4.1.10.1 Derivados Grasos Naturales: Aceites y Mantequillas -----	24
4.1.10.1.1 Aceites -----	24
4.1.10.1.2 Mantequilla -----	26
4.1.10.2 Derivados Grasos Hidrogenados: mantecas y margarinas -----	27
4.1.10.2.1 Hidrogenación -----	27
4.1.10.2.2 Margarina -----	28
4.1.10.2.3 Mantecas -----	30
<b>4.2 Análisis de la composición de los aceites y grasas -----</b>	<b>30</b>
4.2.1 Transesterificación -----	30
4.2.1.1 Transesterificación ácida -----	31
4.2.1.2 Transesterificación básica -----	31
4.2.1.3 Ventaja de la transesterificación básica sobre la ácida -----	32
<b>4.2.2 Análisis de ácidos grasos por cromatografía de gases -----</b>	<b>33</b>
<b>4.2.3 Identificación y cuantificación de ésteres metílicos de ácidos grasos -----</b>	<b>34</b>
<b>V. PARTE EXPERIMENTAL -----</b>	<b>35</b>
5.1 Equipos -----	35
<b>5.2 reactivos y solventes -----</b>	<b>35</b>
<b>5.3 Cristalería -----</b>	<b>36</b>
<b>5.4 Muestras analizadas -----</b>	<b>37</b>
<b>VI. METODOLOGÍA -----</b>	<b>38</b>
<b>6.1 Preparación de estándares -----</b>	<b>39</b>
<b>6.3 Optimización de los parámetros cromatográficos -----</b>	<b>39</b>



<b>6.4 Caracterización y cuantificación de los ácidos grasos en grasas por medio de sus ésteres metílicos</b> -----	<b>44</b>
<b>6.4.1 Proceso de transesterificación básica</b> -----	<b>44</b>
<b>6.4.2 Caracterización y cuantificación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos</b> -----	<b>44</b>
<b>VII RESULTADOS</b> -----	<b>45</b>
<b>VIII CONCLUSIONES</b> -----	<b>50</b>
<b>IX RECOMENDACIONES</b> -----	<b>52</b>
<b>X. BIBLIOGRAFÍA</b> -----	<b>54</b>
<b>XI. ANEXOS</b> -----	<b>56</b>



## I. INTRODUCCION

Una alimentación balanceada es una de las bases principales de una vida saludable; es por eso que debemos ser cuidadosos y selectivos en los tipos de alimentos que consumimos. Los alimentos básicos necesarios en nuestra dieta se clasifican en tres grandes grupos: carbohidratos, lípidos y proteínas; además de algunas vitaminas y minerales.

Los lípidos que comúnmente denominamos con el nombre de grasas o aceites son muy importantes en nuestra dieta diaria. Las grasas además del aporte energéticos que nos brindan, nos ofrecen también los ácidos grasos esenciales, que deben su nombre al hecho de que nuestro cuerpo no los puede fabricar, como es el caso de los ácidos poliinsaturados linoléico y linolénico que pertenecen a una familia de ácidos grasos conocidos como omegas-6 y omegas-3 respectivamente. Estos ácidos grasos esenciales son materia prima para la formación de una gran variedad de hormonas vitales para nuestro organismo como las prostaglandinas.

Pero no todo es de color de rosa con las grasas. Estas dependiendo de sus orígenes pueden tener un impacto bueno o malo para nuestra salud. Los aceites de orígenes vegetales son ejemplos de grasas buenas, ya que por su poco contenido de ácidos grasos saturados no son dañinos para nuestra salud. Por el contrario las grasas de origen animal, como las mantequillas o manteca de cerdo, son perjudiciales para nuestra salud por el alto contenido de ácidos grasos saturados. Además de estas últimas grasas, existen otras que también son dañinas para nuestro organismo. Estas otras grasas son las que contienen ácidos grasos *trans* que aunque están presentes en forma natural en pequeñas cantidades usualmente se forman en altas concentraciones durante el proceso de hidrogenación catalítica utilizado para la fabricación de las margarinas y mantecas y que se sabe, también tiene un papel perjudicial para nuestra salud.

Por todo lo anteriormente mencionado, el contenido de ácidos grasos en nuestra dieta es de mucha importancia, y el conocer la diferencia entre los diferentes ácidos grasos que existen y sus fuentes principales nos dará una perspectiva mejor del tipo y calidad de los alimentos que consumimos.



## II. JUSTIFICACION

Al igual que los aceites y sus derivados hidrogenados comestibles tales como las margarinas y mantecas para cocinar, las leches y sus derivados lácteos son productos de alta demanda en la población Nicaragüense.

La mayoría de los nicaragüenses consumen, según el nivel económico, más de uno de estos productos a diario y probablemente, por los malos hábitos alimenticios o ignorancia sobre sus beneficios o perjuicios, en cantidades excesivas o peligrosas para la salud. En Nicaragua no se brinda información sobre el contenido de mucho de estos productos y los que si los brindan no son verificados por ningún ente estatal.

La mayoría de la población nicaragüense no sabe cuáles son los productos grasos más adecuados para consumo humano y/o no saben interpretar la información que brindan los proveedores.

Adicionalmente existen muchos mitos sobre los productos grasos y manipulación de la información que se reporta con fines meramente comerciales.

En nuestra Universidad se han realizados estudios preliminares sobre la calidad de algunos productos lácteos y aceites vegetales para cocinar, dirigidos a ver la calidad de estos en base a sus composiciones de ácidos grasos saturados e insaturados.<sup>1,2</sup>

Este trabajo pretende completar el estudio preliminar de la mayoría de los productos grasos que se consumen en Nicaragua, al incorporar a él, las mantequillas, margarinas y mantecas que no fueron analizados en los estudios previos a éste.

La culminación de este estudio preliminar sobre los productos grasos comestibles que se consumen en Nicaragua nos transmitirá una imagen sobre la seguridad o riesgos involucrados en la población que los consume.



### III. OBJETIVOS

#### OBJETIVO GENERAL

- Ø Estimar con base a los estudios realizados en nuestra Universidad sobre las composiciones de los porcentajes relativos de los ácidos grasos saturados e insaturados de los aceites comestibles y productos lácteos<sup>1,2</sup> y los datos generados en este estudio, cuales son los productos más adecuados para el consumo de la población nicaragüense.

#### Objetivos Específicos:

- Ø Seleccionar y aplicar un método cuantitativo, que determinen los ésteres metílicos de ácidos grasos.
- Ø Analizar las concentraciones y porcentajes relativos de los ácidos grasos saturados e insaturados presentes en las margarinas mantecas y mantequillas estudiadas.
- Ø Determinar en base en los porcentajes relativos de los ácidos grasos saturados e insaturados, los índices de aterogenicidad de las mantecas, mantequillas y margarinas que se ofertan en el mercado.



## IV. MARCO TEORICO

### IV. 1 GRASAS Y ACEITES.

#### 4.1.1 Introducción.

Las grasas y aceites pertenecen a un grupo de compuestos naturales conocidos como lípidos; cuya principal característica es su solubilidad en compuestos no polares como los hidrocarburos.

Las **grasas y aceites** son compuestos orgánicos que forman cadenas más o menos largas que desempeñan un papel muy importante como reserva de energía en los animales (1 gramo de grasa es igual a 9.3 calorías). Son también imprescindibles para la absorción de algunas vitaminas y síntesis de hormonas. Sirven como material aislante y forman parte de las membranas celulares y las vainas que envuelven los nervios.<sup>3</sup>

Las grasas y aceites ya sean de origen animal o vegetal, son ésteres triglicéridos formados a partir de glicerinas y ácidos grasos saturados y/o insaturados. Su estructura general es similar a la que se muestra en la siguiente figura:



Figura 1. Estructura de un triglicérido.



#### **4.1.2 Propiedades físicas de las grasas y aceites.**

Las grasas son sustancias apolares y por ello son insolubles en agua y solubles en solvente no polares, tales como el hexano, benceno, éter etílico o cloroformo. Esta apolaridad se debe a que sus moléculas tienen cadenas de muchos átomos de carbono e hidrógeno unidos de modo covalente similares a las de los hidrocarburos alifáticos y por lo tanto no forman dipolos que interactúen con el agua.<sup>3</sup>

Son menos densas que el agua y se pueden presentar en los estados líquidos y semisólidos. Tienen elevados puntos de ebullición y bajos puntos de fusión. En estado puro las grasas y aceites son inodoras e incoloras cuando están líquidas, y blanquecinas cuando están semisólidas. Su viscosidad es alta comparada a la mayoría de los compuestos orgánicos obtenidos de fuentes naturales.

#### **4.1.3 Clasificación.**

Los triglicéridos se clasifican en grasas y aceites y estos se basan fundamentalmente en el estado físico en que se encuentran en la naturaleza. Este estado físico es a su vez dependiente de la composición o relación porcentual de los ácidos grasos saturados e insaturados presentes en la molécula.

#### **4.1.4 Aceites.**

Los triglicéridos que se presentan en estado líquido a temperatura ambiente se denominan aceites y son en su mayoría de origen vegetal como los de canola, oliva, maíz, maní y cartamo. Todos ellos tienen en común porcentajes mayores del 50% de ácidos grasos mono y poliinsaturados. Existen también aceites en algunos mariscos como el pescado azul que al igual que los vegetales son particularmente muy ricos en ácidos grasos poliinsaturados.<sup>3</sup>

#### **4.1.5 Grasas.**

En cambio, los triglicéridos sólidos a temperatura ambiente se conocen como grasas y usualmente son de origen animal como el sebo, la mantequilla y la manteca de cerdo. Existen algunos triglicéridos de origen



vegetal que son sólidos a temperatura ambiente como los provenientes del fruto de la palma y coco. Todos ellos, independientemente del origen, tienen en común porcentajes mayores del 50% de ácidos grasos saturados. Las grasas pueden también ser sintetizadas por hidrogenación industrial de algunos aceites vegetales para producir margarinas y mantecas vegetales de cocinar. De este proceso hablaremos más adelante.<sup>3</sup>

#### **4.1.6 Ácidos Grasos.**

##### **4.1.6.1 Introducción.**

Los ácidos grasos son un grupo de moléculas orgánicas caracterizadas por poseer una larga cadena hecha de carbono e hidrógeno y que poseen un grupo de ácido carboxílico (COOH) en un extremo de la molécula. Se diferencian entre ellos por las longitudes de sus cadenas, el número de átomos de carbonos, ausencia o presencia de insaturaciones (doble enlace carbono-carbono), número de ellas y posiciones de los enlaces dobles en las cadenas.<sup>4</sup> Cuando no se encuentran unidos a otros compuestos se denominan ácido grasos libres. Los ácidos grasos, tanto saturados como insaturados, de origen animal o vegetal tienen un número par de átomos de carbono y la configuración *cis* es la usual o preferente en los insaturados.<sup>5</sup> La tabla N° 1 muestra a continuación los ácidos grasos más conocidos y abundantes en la naturaleza.



**Tabla 1. Ácidos grasos más comunes y sus fuentes naturales.**

	<b>Nombre Común</b>	<b>Estructura</b>	<b>Fuentes Naturales</b>
Ácidos saturados	Butírico	C 4:0	Leche de rumiantes
	Caproico	C 6:0	Leche de rumiantes (caprinos)
	Caprílico	C 8:0	Leche de rumiantes, aceite de coco
	Cáprico	C 10:0	Leche de rumiantes, aceite de coco
	Láurico	C 12:0	Aceite de coco, aceite de nuez de palma
	Mirístico	C 14:0	Aceite de coco, nuez de palma, otros aceites vegetales.
	Palmítico	C 16:0	Abundante en todas las grasas
	Esteárico	C 18:0	Grasas animales, cacao
Ácidos mono-insaturados	Caproleico	C 10:1 n-1	Leche de rumiantes
	Lauroleico	C 12:1 n-3	Leche de vaca
	Palmitoleico	C 16:1 n-7	Nuez de macadamia, aceites de pescado
	Oléico	C 18:1 n-9	Aceites vegetales (muy extendido en la naturaleza)
	Vaccénico	C 18:1 n-7	Grasas de rumiantes
	Gadoléico	C 20:1 n-11	Aceites de pescado
	Cetoléico	C 22:1 n-11	Aceites de pescado
	Erúico	C 22:1 n-9	Aceite de colza
Ácidos poli-insaturados	Linoléico	C 18:2 n-6	Aceites vegetales (girasol, maíz, soja, algodón, cacahuete.)
	Linolénico	C 18: 3 n-3	Aceite de soja, otros aceites vegetales
	Gamma linolénico	C 18:3 n-6	Aceite de onagra, borraja
	Estearidónico	C 18:4 n-3	Aceites de pescado, semillas de borraja, onagra
	Araquidónico	C 20:4 n-6	Aceites de pescado
	Clupanodónico	C 22:5 n-3	Aceites de pescado
	Docosaheptaenoico	C 22:6 n-3	Aceites de pescado



#### 4.1.6.2 Ácidos Grasos Saturados.

Los ácidos grasos saturados se caracterizan por no poseer ninguna insaturación en sus cadenas hidrocarbonadas. Ellos pueden existir en un número infinito de conformaciones, porque cada uno de los enlaces sencillos de los esqueletos carbonados tiene una completa libertad de rotación. Esta falta de rigidez les permite empaquetarse mejor y les confiere un carácter semi-sólido a temperatura ambiente.<sup>3</sup>

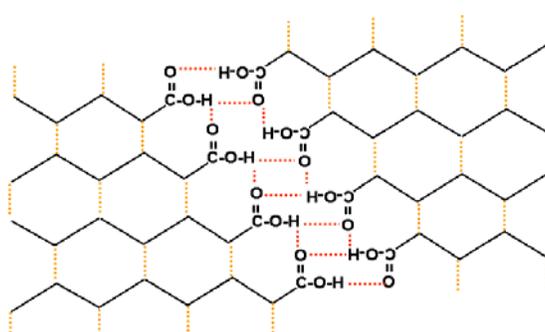


Figura 2. Empaquetamiento de ácidos grasos saturados en el estado sólido

#### 4.1.6.3 Ácidos Grasos Insaturados.

Se llaman así porque poseen una insaturación o doble enlace en uno o más pares de átomos de carbono (C=C) lo que les permite eventualmente bajo condiciones adecuadas fijar más hidrógeno. La insaturación produce una rígida torcedura en la cadena hidrocarbonada y limita el número de conformaciones por lo que no pueden empaquetarse bien y ello les confiere un estado líquido a temperatura ambiente.<sup>3</sup> La gran mayoría de estos ácidos grasos que se encuentran en la naturaleza poseen isomería *cis*, sin embargo en nuestra dieta habitual consumimos una pequeña, pero no despreciable porción (1 a 7 g/día) de ácidos grasos con isomería *trans*.<sup>5</sup> Estos isómeros *trans* son muy escasos en los triglicéridos de origen vegetal o animal pero se forman en cantidades apreciables durante los procesos de purificación y refinamientos de los aceites y en particular en el proceso de hidrogenación de los aceites para obtener grasas y margarinas o al calentarlos para cocinar los alimentos. De este tema en particular nos ocuparemos con más detalle en las próximas secciones.



Los ácidos grasos insaturados se clasifican en dos grandes grupos dependiendo del número de insaturaciones presentes en la cadena hidrocarbonada.

➤ **Los *monoinsaturados*:** denominados así porque sólo tienen una insaturación en su estructura hidrocarbonada. El más conocido y abundante es el ácido oléico (C18:1).

➤ **Los *poliinsaturados*:** son los que tienen más de un doble enlace en su cadena hidrocarbonada. Los ácidos linoléico (C18:2) y linolénico (C18:3) son los más conocidos en el reino vegetal y los araquidónico (C20:4) y clupanodónico (C22:5) son propios de los mariscos y en particular abundante en el pescado azul.<sup>9</sup>

#### **4.1.6.4 Ácidos Grasos Esenciales**

Estos tipos de ácidos grasos son llamados así porque nuestro organismo no los produce y su carencia está involucrada en un sin fin de enfermedades.

La carencia de estos ácidos está relacionada con algunas enfermedades tales como reumatismos, alergias, várices, hemorroides, fibromas, pólipos, hipertensión, eccema, caída del cabello, infecciones frecuentes, mala cicatrización, pérdida de visión, edema y piel seca. Además que están involucrados en funciones vitales para el ser humano como la síntesis de prostaglandinas, lecitina y mielina y son también parte vital de las estructuras de las membranas celulares.<sup>6</sup>

#### **4.1.7 Omegas y sus clasificaciones.**

##### **4.1.7.1 Introducción.**

Los ácidos grasos insaturados también se pueden clasificar en otros tres grandes grupos conocidos como Omega-3, Omega-6 y Omega-9. Esta clasificación no toma en cuenta el número de enlaces múltiples sino la posición del doble enlace más próximo a la posición omega de la cadena o sea al carbono terminal de la cadena hidrocarbonada, conocido usualmente como el carbono omega. Esta clasificación se basa en el



hecho de que algunas las propiedades fisiológicas más importantes son particularmente dependientes de la posición de este último enlace doble.

#### 4.1.7.2 Omega 9

Son un tipo de ácidos grasos que tiene un doble enlace C=C en la posición  $\omega$ -9, es decir que el doble enlace está en el carbono nueve del extremo más próximo al metilo de la cadena hidrocarbonada. El ácido oléico, un ácido graso monoinsaturado, es el ejemplo más conocido de los omega 9 ( $\omega$ -9).<sup>7</sup> Su estructura se muestra en la siguiente figura:

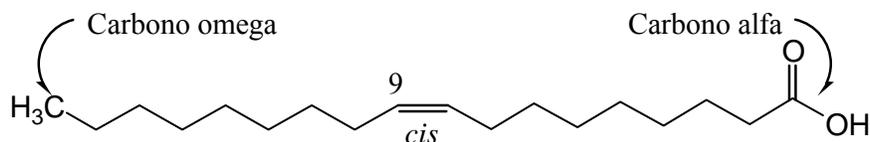


Figura 3. Posición del carbono alfa y omega en el ácido oléico.

El ácido oléico, un omega 9, es un tipo de ácido graso con amplios efectos biológicos positivos para la salud, como el alivio de la inflamación relacionada con la artritis reumatoide y los síntomas del síndrome premenstrual. Algunos omegas 9 ( $\omega$ -9) son componentes comunes de las grasas animales y aceites vegetales que son consumimos en nuestra dieta diaria.<sup>7</sup>

A diferencia de los ácidos grasos  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6, los ácidos grasos  $\omega$ -9 no se clasifican como ácidos grasos esenciales. Eso se debe a que pueden ser creados por el cuerpo humano a partir de otras grasas saturadas o insaturadas, por lo que no son esenciales en la dieta. Los efectos biológicos del  $\omega$ -9 son generalmente mediados por sus interacciones con los ácidos grasos omega 3 y omega 6. En la Tabla No 2 se muestran los omegas 9 más abundantes en la naturaleza.<sup>7</sup>



**Tabla 2. Omegas 9 más abundante en la naturaleza.**

Nombre Común	Nomenclatura	Nombre Químico
ácido oleico	18:1 (n-9)	9-ácido octadecenoico
ácido eicosenoico	20:1 (n-9)	11-ácido eicosenoico
ácido eicosatrienoico	20:3 (n-9)	5,8,11-ácido eicosatrienoico
ácido erucico	22:1 (n-9)	13-ácido docosenoico
ácido nervónico	24:1 (n-9)	15-ácido tetracosenoico

#### 4.1.7.3 Omega 3.

Los omegas 3 son ácidos grasos esenciales poliinsaturados. Los principales derivados en la vía omega-3 ( $\omega$ -3) son los ácidos eicosapentaenoico (EPA 20:5  $\omega$ -3), docosahexaenoico (DHA 22:6  $\omega$ -3) y ácido linolénico (ALA. 18:3  $\omega$ -3). Los humanos, a diferencia de otras especies animales, poseen una limitada capacidad para producir EPA, DHA y ALA a partir de otros ácidos grasos, por lo que la principal fuente de estos es la alimentaria.

El EPA y DHA se encuentran en alta proporción en los tejidos de ciertos pescados como el pescado azul y el ALA en los aceites de semillas vegetal como chía, linaza, lino y semillas de calabaza. Algunas fuentes de omega-3 pueden también tener omega-6.<sup>8</sup>

El **ácido eicosapentaenoico** (EPA o también ácido icosapentaenoico) y sus metabolitos actúan en el organismo mayormente en virtud de su asociación con el ácido araquidónico. El ácido eicosapentaenoico es un ácido graso insaturado y el precursor de la prostaglandina-3 (un agregador plaquetario), del tromboxano-3 y el leucotrieno-5, todos ellos eicosanoides.<sup>9</sup>

Una de las características dietéticas de los **omega-3 ( $\omega$ -3)** es que su consumo aumenta considerablemente el tiempo de coagulación de la sangre, lo cual explica por qué en comunidades que consumen muchos alimentos con omega-3 (esquimales, japoneses, etc.) la incidencia de enfermedades cardiovasculares es sumamente baja.<sup>3</sup>



Los ácidos grasos omega-3, particularmente C18:3 (ALA), C20:5 (EPA) y C22:6 (DHA), aportan muchos beneficios a la salud humana ya que juegan un papel importante en la prevención de enfermedades cardiovasculares, cáncer del colon y enfermedades inmunológicas. Son también de vital importancia en el desarrollo del cerebro y la retina.<sup>8</sup>

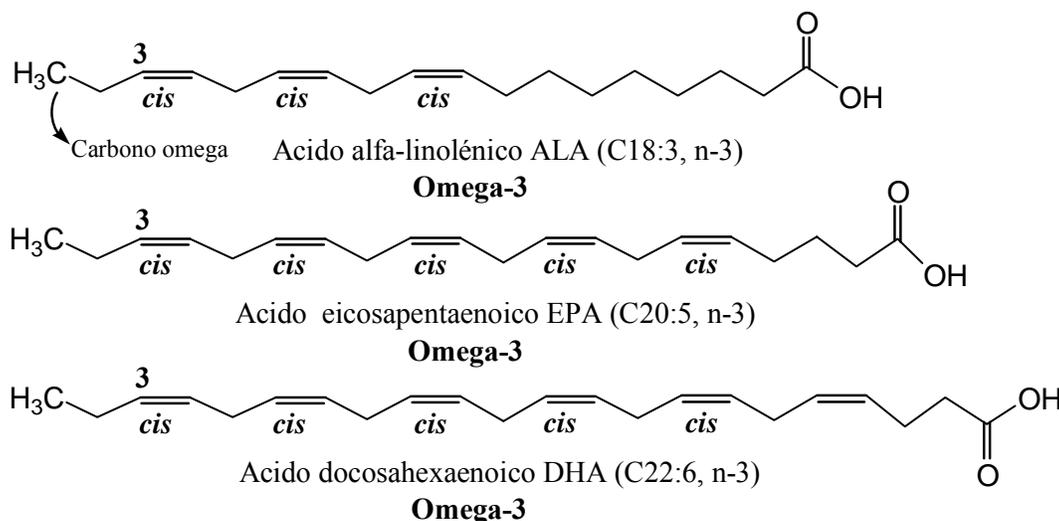


Figura 4. Estructuras de omegas 3.

#### 4.1.7.4 Omega 6.

Los ácidos grasos del tipo  $\omega$ -6 son también ácidos grasos poliinsaturados. Tienen la peculiaridad de tener el primer doble enlace en el carbono de la posición 6, contando los carbonos desde el final (omega) de la cadena del ácido graso.

El principal representante de los omegas 6 es el ácido linoléico el cual es un ácido graso insaturado esencial que eventualmente se transforma en los mamíferos en ácido araquidónico. Este ácido no se encuentra en los aceites vegetales y es el precursor de las prostaglandinas que son compuestos vitales en el metabolismo de los humanos.<sup>6</sup>

El ácido linoléico es un omega 6 porque el primer enlace dobles está tras el carbono 6, contando desde el extremo metilo (-CH<sub>3</sub>). Su estructura y la del ácido araquidónico se muestran en la siguiente figura:

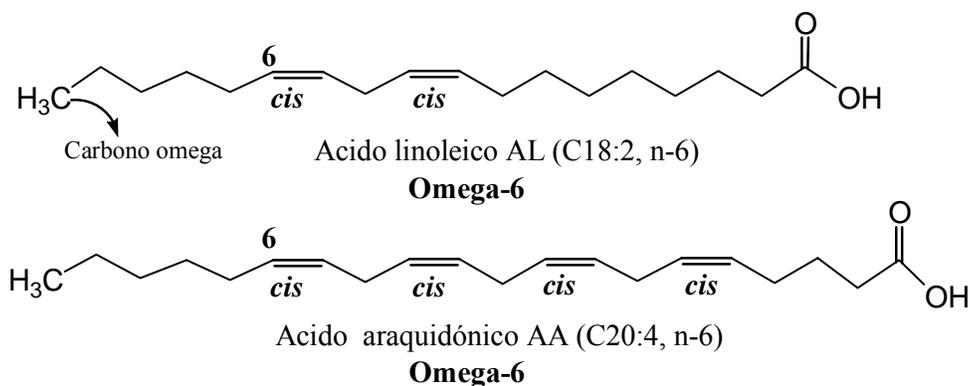


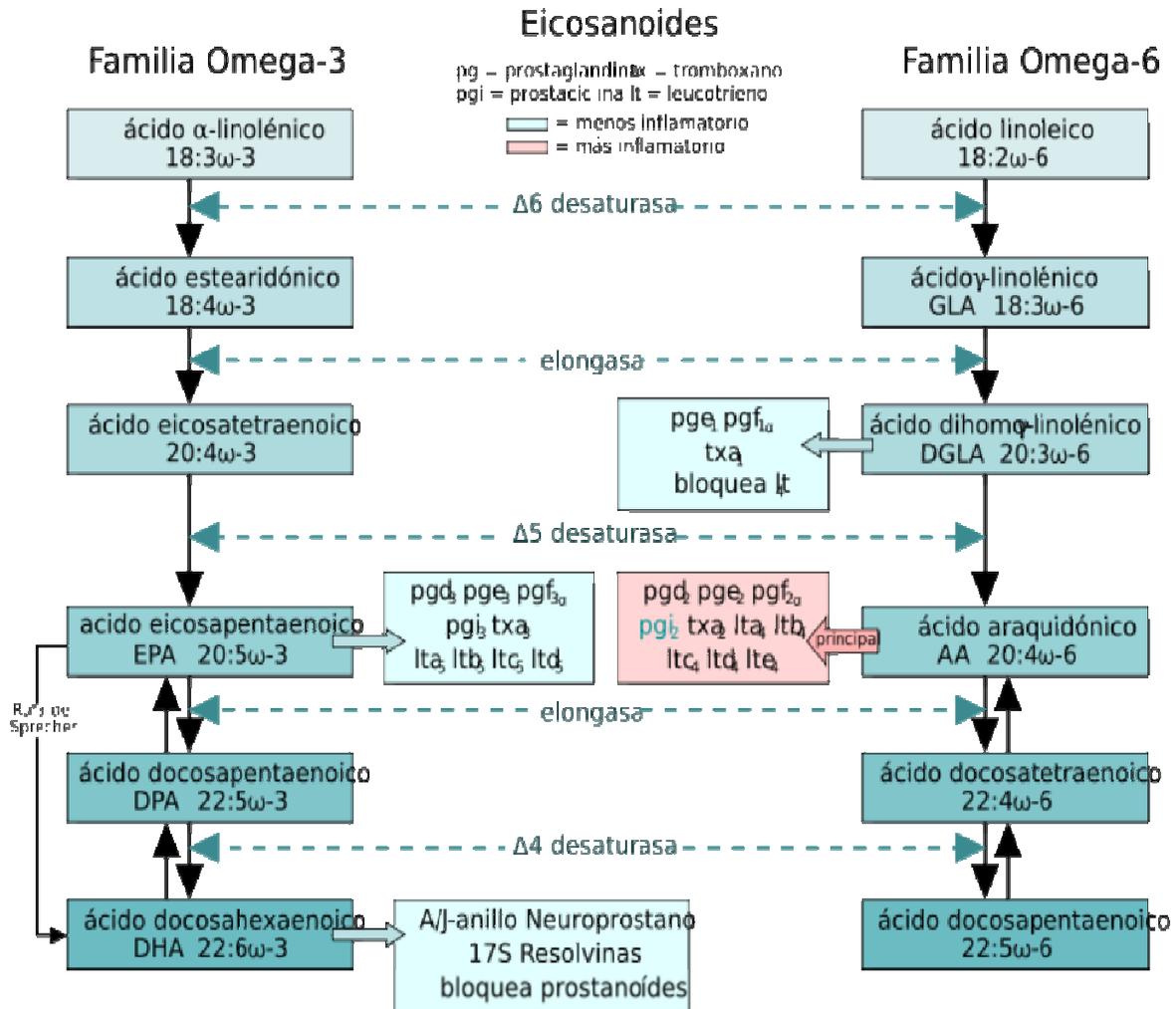
Figura 5. Estructuras de omegas 6.

Otros omegas 6 son los ácidos  $\gamma$ -linolénico (18:3 n-6), eicosadienoico (20:2 n-6), dihomo-gamma-linolénico (20:3 n-6), docosadienoico (22:2 n-6), adrénico (22:4 n-6), docosapentaenoico (22:5 n-6), y caléndico (18:3 n-6).

#### 4.1.7.5 Rutas Biosintéticas de los Omegas 3 y 6

La producción de ácidos grasos esenciales y los metabolismos para la formación de eicosanoides se puede apreciar en el siguiente diagrama; donde en cada paso de la cascada los  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6, compiten por las mismas enzimas.<sup>9</sup>

El diagrama muestra la síntesis de las cadenas de los omegas-3 y omegas-6, así como los principales eicosanoides del AA, EPA y DGLA:



#### 4.1.7.6 Relación omega 3/6

Para un correcto funcionamiento del organismo se tiene que establecer una relación adecuada entre los ácidos grasos esenciales omega-3 y omega-6, actualmente existe una proporción bien elevada en la ingestión de omega-6 que puede oscilar entre un 10:1 o 20:1, cuando la proporción adecuada se situaría según la FAO y la OMS en 4:1 es decir cuatro parte de omega-6 por una parte de omega-3. La enorme superioridad de omega-6 puede causar enfermedades como la diabetes, depresiones y del corazón. La solución, consiste en aumentar los alimentos que contengan más omega-3, como los aceites de pescado o tomar suplementos de este componente y disminuir la ingesta de omega-6.<sup>8</sup>



## 4.1. 8 Ácidos Grasos *trans*

### 4.1.8.1 Introducción

La industria modifica los ácidos grasos contenidos en los triglicéridos naturales durante los procesos de extracción y purificación de los mismos, como un efecto secundario al proceso estos producen transformaciones indeseables que alteran las propiedades biológicas y químicas de dichos triglicéridos. Una de las más importantes alteraciones es la transformación de los ácidos grasos *cis* a *trans*, fenómeno que también ocurre durante el proceso térmico de la elaboración de los alimentos.<sup>10</sup>

Estos ácidos *trans* son muy poco comunes en los tejidos de los seres vivos. Aunque tiene fuentes naturales tales como las grasas provenientes de animales poligástricos. Estas contienen una pequeña proporción de isómeros *trans*, producidos por acción microbiológica en el rumen. Esta cantidad usualmente no sobrepasa el 3 ó 4% del total.<sup>11</sup>

Esta forma *trans* de la molécula le da a la estructura hidrocarbonada una forma muy similar a la de los ácidos grasos saturados. Es decir, una forma extendida de mínima energía y por ello mucho más estable y más difícil de degradar; acumulándose con ello en el organismo. Por ejemplo, el aceite de oliva parcialmente hidrogenado, que es muy rico en ácido oléico, es muy utilizado en bollería industrial y en restaurantes de comida rápida. La hidrogenación parcial de este aceite da un isómero de forma "*trans*", el ácido eláidico, que no existe de forma natural en el aceite antes de la hidrogenación.<sup>10</sup>

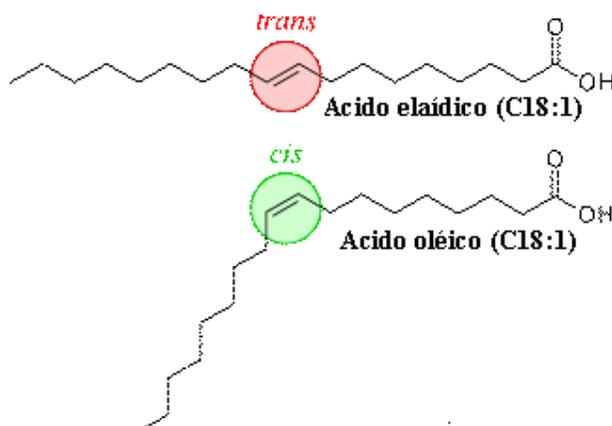


Figura 6. Ácido oléico y ácido eláidico.



#### **4.1.8.2 Principales Fuentes Industriales de Ácidos Grasos *trans***

Estos ácidos grasos insaturados *trans* se encuentra principalmente en alimentos industrializados que han sido sometidos a hidrogenación. La industria alimentaria usa este proceso (hidrogenación) para solidificar grasas que a temperatura ambiente son líquidas; esto es necesarios para poder utilizar esas grasas en los procesos de manufactura, y para aumentar la estabilidad del producto frente a la oxidación. La hidrogenación genera gran cantidad de ácidos grasos *trans*, que pueden alcanzar hasta un 40% de las grasas totales.<sup>11</sup>

En general la principal fuente alimenticia de ácidos grasos *trans* son los alimentos manufacturados que contienen aceites vegetales hidrogenados tales como margarinas, mantecas, galletitas, golosinas, barras de cereal, baños de repostería, cereales precocidos para niños, etc.<sup>11</sup>

#### **4.1.8.3 Consecuencias Perjudiciales de los Ácidos *trans* en la Salud**

Muchos de los alimentos, que contienen cantidades importantes de ácidos grasos *trans*, se comercializan como productos "light", "diet" o con bajo contenido de colesterol. Esta afirmación se basa en la suposición de que, al no usar grasas animales y reemplazarlas por margarinas, se disminuye la presencia de grasas saturadas y colesterol, lo que solucionaría el problema de la colesterolemia. Pero en la última década, numerosos estudios clínicos y epidemiológicos coinciden en demostrar que los ácidos grasos *trans* poseen efectos adversos sobre las lipoproteínas plasmáticas, lo que produce un incremento del colesterol LDL ("malo") y descenso del colesterol HDL ("bueno"). De la misma manera, otros estudios muestran un mayor riesgo de padecer enfermedad cardiovascular aterosclerótica al consumir niveles elevados de ácidos grasos *trans*.<sup>11</sup>

La información acumulada hasta el día de hoy sobre los daños a la salud y ampliamente verificada por muchos investigadores a conducido a algunos países y estados a legislar sobre su uso para asegurar la salud pública.

Por ejemplo, en el año 2006 que se prohibieron en Dinamarca, y unos meses después ocurrió lo mismo en Canadá y existen varias ciudades en Estados Unidos que le han declarado la guerra a los ácidos grasos



"*trans*" como Nueva York y Filadelfia. Países como Islandia y Finlandia han redactado legislaciones muy restrictivas contra el empleo de estas grasas. Así mismo varias multinacionales norteamericanas de comida rápida como McDonalds, Burger King y Taco Bell ya han anunciado que se suman a esta medida retirando estos lípidos de sus productos. Lo mismo se han comprometido a hacer de forma inmediata empresas como Nestle y Kellogs. En el Reino Unido ya empiezan a funcionar fuertes grupos de oposición que piden legislaciones tan duras como la danesa o la canadiense. California prohibió en 2007 la utilización por parte de los restaurantes de las grasas obtenidas por hidrogenación de ácidos grasos.

Vale la pena mencionar que es posible conseguir resultados muy similares a los logrados por la hidrogenación obteniendo grasas mucho menos perjudiciales para la salud con métodos como la transesterificación. Lo que ocurre es que su costo es mucho mayor.

**Esta claro que los ácidos grasos *trans* tienen las horas contadas.**

#### **4.1.8.4 Recomendaciones Dietéticas.**

En la actualidad lo más recomendable es evitar o reducir severamente la ingesta de alimentos que contienen altos porcentajes de ácidos grasos saturados y aumentar o preferir aquellos con bajos contenidos de compuestos *trans* y enriquecidos en monoinsaturados *cis* y poliinsaturados omega-6 y omega-3. La FAO y la OMS han diseñado recomendaciones al respecto como las que se describen a continuación:

1. Que hasta 30% de las calorías totales de la dieta estén representadas por materia grasa.
2. Que menos del 10% de las calorías totales estén representadas por grasas saturadas.
3. Que menos del 1% de las calorías provengan de grasas *trans*.
4. Que entre 6 y 8% de las calorías totales estén representadas por grasas omega 6.
5. Que entre 1 y 2% de las calorías totales provengan de grasas omega 3



Las recomendaciones de la FAO y la OMS no dan especificaciones acerca de las grasas omega 9, su cantidad se obtiene por diferencia.<sup>11</sup>

En los anexos se muestran los productos más recomendados por la U.S. Food and Drug Administration que se puede acceder en la página web: <http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/sfftrans.html>

A continuación se muestra también el top ten de las comidas prohibidas para la salud:

Patatas fritas (150 g): 7 gr. de grasas *trans*.

Pastel de manzana industrial (1 unidad): 6 gr. de grasas *trans*.

Bollo industrial (1 unidad): 5-6 gr. de grasas *trans*.

Hamburguesa (200 gr.): 3 gr. de grasas *trans*.

Quesito (1 unidad): 2,2-5,2 gr. de grasas *trans*.

Magdalena (1 unidad): 1-2,1 gr. de grasas *trans*.

Galletas (2 unidades): 1,3 gr. de grasas *trans*.

Margarina (1 cucharada): 0,9 gr. de grasas *trans*.

Panecillo comercial (1 unidad): 0,85 gr. de grasas *trans*.



## 4.1.9 Ácidos Grasos, Colesterol y Aterogenicidad.

### 4.1.9.1 Generalidades

El colesterol es el principal esteroide del organismo humano y precursor de todos los demás esteroides corporales. Se encuentra formando parte de las membranas celulares, lipoproteínas, ácidos biliares y hormonas esteroideas.<sup>12</sup>

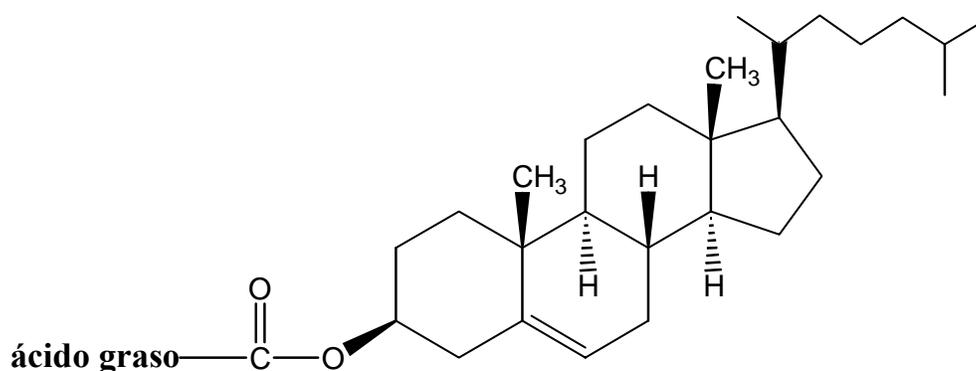


Figura 7. Estructura del colesterol esterificado con un ácido graso.

El colesterol es un importante constituyente de los cálculos biliares, pero su principal función patológica, lo constituye la producción de aterosclerosis de arterias vitales, causando enfermedades coronarias, cerebro-vasculares y vasculares periféricas.<sup>12</sup>

El origen del colesterol en el organismo tiene dos fuentes, la externa (exógena) y el que produce el propio organismo (endógena). Debido a que el organismo puede producir su propio colesterol, existe la posibilidad de que personas que no consuman colesterol, tengan niveles sanguíneos elevados por tener algún desorden genético-metabólico que conlleva a dicha elevación. Estos desórdenes son más común de lo que se cree y son la principal causa de ateroma y de enfermedades vasculares, entre ellas el infarto agudo al miocardio. Por esto la importancia de determinar en forma precoz los niveles elevados de colesterol en los humanos.<sup>12</sup>

Los alimentos derivados de animales son ricos en colesterol especialmente los huevos, los lácteos y las carnes. La mayoría de éste está en forma esterificada. El organismo absorbe aproximadamente la mitad



del colesterol contenido en la dieta. Los esteroides vegetales son escasamente absorbidos por el organismo.<sup>12</sup>

El colesterol es sintetizado prácticamente por todas las células nucleadas del organismo. El hígado es el principal órgano productor (10 % del total) pero no el único, otros órganos importantes en la producción son el intestino, la corteza suprarrenal, los testículos y los ovarios. La síntesis del colesterol, en un individuo sano, se halla regulada sobre todo por la ingesta de colesterol en la dieta.<sup>12</sup>

El colesterol, por ser un lípido, es poco soluble en agua, por lo que si se transportara libremente por la sangre sería en forma de gotas de colesterol y se vería en nuestra sangre como gotas de grasa. Pero el caso, es que la naturaleza ha ideado una manera de hacer soluble en agua al colesterol y transportarlo por la sangre y esto es por medio de las lipoproteínas (fosfolípidos + proteínas).<sup>13</sup>

Las lipoproteínas son complejos lipoprotéicos globulares que transportan los lípidos en el cuerpo. Están compuestos de proteínas, colesterol, ésteres de colesterol, triglicéridos (grasas) y fosfolípidos.

La capa externa de una lipoproteína consiste de una capa (hidrofílica) soluble en agua de apolipoproteínas, de fosfolípidos y de colesterol. El centro de una lipoproteína se compone de los ésteres del colesterol, los triglicéridos, los ácidos grasos y las vitaminas solubles en la grasa como la vitamina E.<sup>12</sup>

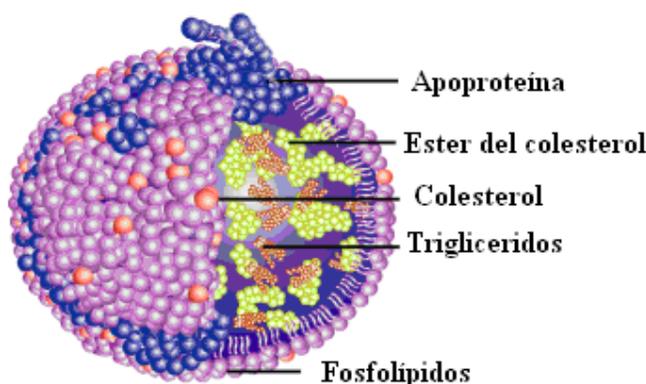


Figura 8. Estructura de las lipoproteínas.



Las lipoproteínas que transportan el colesterol se conocen con los términos colesterol “bueno” y colesterol “malo” y se refieren respectivamente a las lipoproteínas de alta densidad (HDL) y a las lipoproteínas de la baja densidad (LDL).<sup>12</sup>

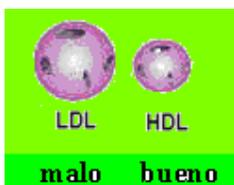


Figura 9. Tamaños relativos de LDL y HDL.

#### 4.1.9.2. Lipoproteínas de baja densidad (LDL).

Las lipoproteínas de baja densidad son partículas que se encuentran en la sangre y que contienen colesterol. Estructuralmente, tienen una forma esférica con el borde externo compuesto por una mono capa de fosfolípidos. En el centro de la esfera se encuentra el colesterol esterificado. Insertados en la capa fosfolípida están las llamadas proteínas apoB<sup>12</sup>

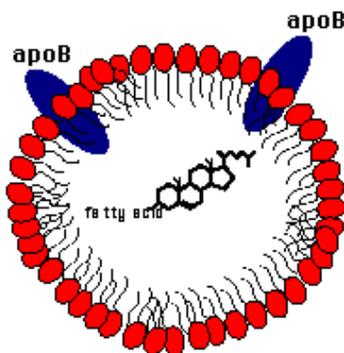


Figura 10 Estructura del LDL.

El colesterol que va unido a estas lipoproteínas se le denomina **LDL-colesterol o colesterol malo** porque el aumento del LDL-colesterol a nivel sanguíneo lleva a un conjunto de procesos que desembocan en la formación de placas inestables en las paredes de los vasos sanguíneos, conocidos como ateromas dando origen a la arterosclerosis. Una vez ocurrido esto las arterias se obstruyen y no pueden proporcionar una



adecuada cantidad de sangre a diversos órganos, siendo especialmente peligroso cuando se produce en las arterias coronarias que abastecen al corazón<sup>12</sup>

Estas placas reducen la luz de las arterias y venas, y si una de estas placas se desprende puede producir ya sea un infarto agudo al miocardio o un derrame cerebral.<sup>12</sup>

El colesterol está estrechamente relacionado con los ácidos grasos. Debido a que el consumo de ácido grasos saturados como el láurico, mirístico y palmítico aumentan el colesterol dañino (LDL) y disminuyen el colesterol beneficioso (HDL). Estos ácidos, además de ser insolubles en el torrente sanguíneo, no se metabolizan a ninguna otra sustancia. Los ácidos grasos insaturados *trans* también elevan los niveles de LDL. Los niveles elevados de colesterol LDL son las pruebas clínicas más firmes de aterogenicidad.<sup>12</sup>

Cuando el colesterol total y la LDL están elevados, la probabilidad de sufrir una complicación vascular aumenta. La figura muestra la relación que hay entre el exceso de colesterol sanguíneo y la probabilidad de sufrir un evento coronario.<sup>13</sup>

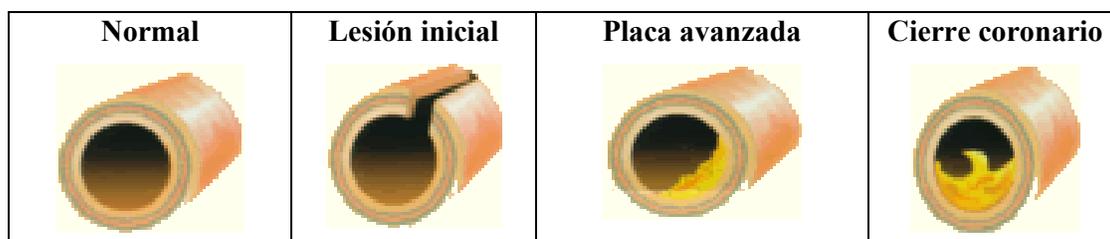


Figura 11. Evolución de una placa de ateroma.

Algunos factores de riesgo, como el sedentarismo, la obesidad y los hábitos nutricionales inapropiados, llevan a que el proceso de aterosclerosis tenga su comienzo, con la formación de las estrías grasas en la pared vascular. Este colesterol malo aumenta cuando se come mucha grasa de origen animal.<sup>13</sup>



#### 4.1.9.3 Lipoproteínas de alta densidad (HDL)

Las lipoproteínas de alta densidad tienen una composición similar a la de las lipoproteínas de baja densidad con la excepción de que la proteína apo A está insertada dentro de la capa fosfolípida en las lipoproteínas de alta densidad.<sup>12</sup>

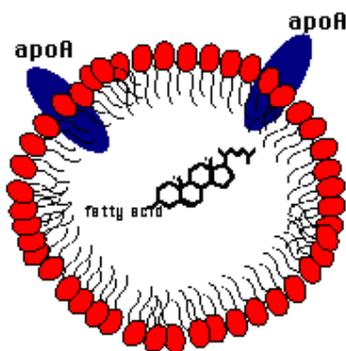


Figura 12. Estructura de HDL.

El colesterol que se une a esta partícula se le denomina **HDL-colesterol o colesterol bueno**. Estas lipoproteínas liberan a las paredes de los vasos sanguíneos de los excesos de colesterol, ya que transportan el exceso de colesterol de nuevo al hígado para ser destruido. Este tipo de colesterol se incrementa con ejercicio físico y una dieta baja en grasas saturadas y ácidos grasos *trans* y ricas en ácidos grasos insaturados y fibras.<sup>12</sup>

#### 4.1.9.4 Índice de aterogenicidad

La tendencia que tienen las arterias a ser bloqueadas u obstruida por grasas se puede calcular como índice de aterogenicidad de los ácidos grasos e indica el potencial de estos para obstruir las arterias.

Los ácidos grasos de 10 carbonos o menos, no son aterogénicos debido a su solubilidad en agua.<sup>3</sup>



Los ácidos grasos saturados (láurico, mirísticos y palmitito) si son aterogénicos. El ácido esteárico de 18 carbonos, a pesar de ser saturado no es aterogénico porque tiene la capacidad de transformarse en otros ácidos grasos mono o poliinsaturados.<sup>4</sup>

Los monoinsaturados y poliinsaturados, por el contrario, realizan la función inversa de los ácidos grasos saturado con respecto al colesterol bueno y malo, es decir; disminuyendo el colesterol malo (LDL) y aumentando el colesterol bueno (HDL)

Entre más bajo es el índice de aterogenicidad (I.A.) menor es el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares<sup>20</sup>

Su cálculo según Ulbricht Southgate, es el siguiente.

$$\text{I.A.} = \frac{\text{Acido Láurico} + 4 (\text{Acido Mirístico}) + \text{Acido Palmítico}}{\text{Acido Linolénico (omega 3)} + \text{Acido Linoléico (omega 6)} + \text{Acido Oléico} + \text{otros ácidos monoinsaturados}}$$

#### **4.1.10 Grasas Comestibles Naturales e Hidrogenadas.**

##### **4.1.10.1 Derivados Grasos Naturales: Aceites y Mantequillas.**

###### **4.1.10.1.1 Aceites.**

Existe una gran variedad de aceites comestibles en el mercado. Están los aceites de origen vegetal y los aceites de origen animal. Los aceites de origen vegetal se diferencian por la materia prima que los componen y por su mecanismo de obtención. Las materias primas de los aceites son las semillas o frutos oleaginosos. Entre las semillas más comunes están las semillas de girasol, soya, canola, lino y sésamo entre otros y frutos como las aceitunas, coco o palma. También están los aceites de origen animal, como es el aceite de pescado, rico en ácidos grasos poliinsaturados.<sup>3</sup>



La obtención de aceites comestibles de frutos y de semillas básicamente tiene dos procedimientos: mecánicos y químicos.

### **Métodos de preparación.**

- **Mecánicos:** estos procesos de extracción se dan mediante la trituración y prensado, en frío o caliente de los frutos o semillas, con el fin de romper las células vegetales y extraer los aceites para luego aislarlo de los otros componentes de las semillas o frutos.
- **Químicos:** se da mediante la extracción con solvente de los residuos de aceites que quedan en el hollejo o restos de semillas o frutos después de los procesos mecánicos de extracción por prensado. Una vez extraído el aceite, los solventes se eliminan por medio de la evaporación.<sup>3</sup>

Los aceites obtenidos por los procesos mecánicos o químicos pasa por un proceso de refinado mediante el cual se eliminan las impurezas que se forman durante la extracción y de esta manera también se suaviza el sabor del aceite. Pero en el refinado se pierden sustancias que protegen al aceite de la oxidación. Debido a esto se le agrega a los aceites sustancias antioxidantes permitidas para conservarlos. Desde el punto de vista nutritivo, los aceites más recomendados para el consumo son los de prensados en frío, ya que los prensados en caliente y refinados reducen el contenido de componentes más saludables, como ácidos grasos poliinsaturados. La sensibilidad a la degradación de los aceites vegetales ante el tratamiento térmico aumenta notablemente cuando en su composición hay elevadas concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados ya que estos son muy sensibles al calentamiento. Así, en el aceite de girasol (86% insaturados) al calentarse a 240 °C (temperatura de fritura) durante 2 h, produce 5% de isómeros *trans*, mientras aceite de palma (50 % insaturados), sometido al mismo tratamiento produce 0,3 % de estos isómeros. Los isómeros *trans* están asociados a la arteriosclerosis y al infarto cerebral.<sup>10,14</sup> Otros componentes saludables que se ven reducidos en estos aceites cuando son calentados son las vitaminas E, provitaminas A, fitoesteroles, o sustancias que confieren sabor, aroma y color.<sup>14</sup>

Sin embargo hay que tener en cuenta que los cultivos de cereales y oleaginosas son los que mayores niveles de herbicidas y pesticidas utilizan en la agricultura convencional. Cuando se extraen a bajas



temperaturas, se conservan los nutrientes originales, pero también las sustancias tóxicas aplicadas al cultivo y sus metabolitos que usualmente son sensibles al calentamiento.

#### **4.1.10.1.2 Mantequilla.**

La mantequilla es un derivado lácteo, que tiene importancia como alimento por la grasa que contiene, nutricionalmente esta grasa es importante porque contiene o transporta las vitaminas liposolubles de la leche como son la Vitamina A, D y E principalmente, en cuanto a su valor energético es equivalente al de otras grasas y aceites. Se define también como el producto graso obtenido exclusivamente de leche o crema de vaca. Técnicamente la mantequilla es una emulsión del tipo “agua en aceite”, obtenida por batido de la crema, y que contiene no menos del 82% de materia grasa y no más del 16% de agua.<sup>15</sup>

Se han desarrollado también muchos tipos de mantequillas especiales, que en su mayoría son intentos de contrarrestar las ventajas de las margarinas, principalmente en lo que respecta a su untabilidad y sus características "sanas". Uno de los métodos más efectivos para obtener una mantequilla "extensible" es la utilización de mezclas de mantequilla y aceites vegetales. Estos productos no pueden definirse como mantequilla y son realmente productos lácteos para extender con toda su grasa, comercializados con nombres patentados como Bregott (Suecia) y Clover (RU). La tecnología de su fabricación es la misma que para la elaboración de la mantequilla, aunque también puede utilizarse las técnicas basadas en la fabricación de margarina.

La elaboración de la mantequilla se da a partir de la crema o nata de la leche, la cual debe tener entre un 35 a 40% de grasa. El proceso de elaboración esta dado por los siguientes procesos: normalización; neutralización, en el caso que la crema esté ácida; pasteurización y maduración de la crema.<sup>15</sup>

➤ **Normalización:** Consiste en regular el nivel graso de la crema, normalmente la crema se obtiene con un nivel de grasa mayor al establecido para el proceso, la crema debe ser normalizada de 35 a 40% de grasa. La crema se normaliza generalmente con leche descremada.<sup>15</sup>



➤ **Neutralización:** Se conoce como neutralización, la reducción de la acidez en las cremas ácidas. Esta operación, se convierte en una práctica corriente en las fábricas, cuando la acidez de las cremas es elevada.<sup>15</sup>

➤ **Pasteurización:** La pasteurización de la crema se realiza con el objeto de destruir los gérmenes patógenos, así como destruir enzimas como las peroxidasas y lipasas que son perjudiciales para la conservación de las grasas.<sup>15</sup>

La pasteurización se efectúa a temperaturas superiores a 85°C, normalmente a 90 °C por 20 minutos, esta temperatura favorece el aporte de sustancias antioxidantes en la grasa y elimina dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros ácidos volátiles presentes en la crema.

➤ **Maduración de la crema:** La crema no debe batirse inmediatamente después del descremado, sea espontáneo o mecánico, porque se obtiene una mantequilla dulce, de buen gusto, pero sin aroma ni consistencia.<sup>15</sup>

#### **4.1.10.2 Derivados Grasos Hidrogenados: mantecas y margarinas**

La necesidad que conservar los alimentos por más tiempo ha conducido a la humanidad a apoyarse de procesos industriales como la hidrogenación de los aceites. Este proceso es una de las mayores fuentes de los isómeros *trans* en la dieta humana. Sin embargo la industria alimentaria ha usado este proceso para solidificar grasas que a temperatura ambiente son líquidas; con el propósito poder utilizar esas grasas en procesos de manufactura, y para aumentar la estabilidad del producto frente a la oxidación.

##### **4.1.10.2.1 Hidrogenación**

Este proceso consiste en introducir aceite de un determinado grado de insaturación o índice de yodo en un reactor, donde se le aplica en forma alternada hidrógeno gaseoso a alta presión y temperatura (350°C) en presencia de un catalizador de níquel. El objetivo de lo anterior es cambiar su composición química, saturando los grupos mono-eténicos, diénicos y triénicos naturalmente presentes en el aceite con hidrógeno, cambiando las propiedades de punto de fusión del aceite original con respecto a una manteca



que se desea que sea sólida a temperatura ambiente. Este proceso fue inventado en Alemania por Kraft para suplir las crecientes necesidades de mantequillas y mantecas naturales.<sup>14</sup>

El grado de hidrogenación que se aplique depende de la curva de sólidos que se desee lograr, es decir que tan sólida o fundibles a temperatura ambiente se desea que sea. Como resultado del proceso se tiene como producto mantecas sintéticas de un determinado punto de fusión, por lo general se busca que sea entre 32 y 55 °C, el valor más bajo de punto de fusión es para consumo directo y el más elevado para que actúen en repostería.<sup>14</sup>

#### **4.1.10.2.2 Margarina**

Las margarinas son grasas semisólidas emulsionadas, con un aspecto similar a la mantequilla pero más gustosas que se elaboran a partir de grasas insaturadas por hidrogenación.

El ingrediente mayoritario de la margarina es la materia grasa hidrogenadas provenientes de aceites vegetales como los de maíz, girasol, soja y oliva y de otras grasas, que pueden ser de origen animal (margarina mixta) o sólo vegetal (margarina 100% vegetal).<sup>16</sup> El segundo ingrediente en las margarinas es el agua. Con la materia grasa y el agua, los ingredientes propiamente dichos más la adición de un emulgente se forma la emulsión.<sup>16</sup>

Los emulgentes, aditivos alimentarios emulsificadores, además de permitir que el agua y el aceite, líquidos inmiscibles, permanezcan unidos, nos brindan alimentos con menos grasa y por ende menos calorías. Los emulgentes de mayor empleo son mono y diglicéridos de ácidos grasos y la lecitina, ambos presentes en la naturaleza. Por otro lado, a muchas de las margarinas se les añade un poco de sal. El conservante que se utiliza con mayor frecuencia es el sorbato potásico, eficaz contra el ataque de mohos y levaduras pero ineficaz para controlar las bacterias.

Las margarinas 100% vegetales, se obtienen a partir de grasas con un elevado porcentaje de ácido linoléico, que es un ácido graso esencial para nuestro organismo, una parte del cual debe ser saturado con hidrógeno para que el alimento sea más estable. La saturación de estos ácidos grasos es un proceso tecnológico muy complejo, ya que se elabora a partir de aceites vegetales que a temperatura ambiente son líquidos y que por tanto, para adquirir esa consistencia sólida y untuosa similar a la de la mantequilla, han



de sufrir importantes transformaciones. Se les inyecta hidrógeno, lo que provoca que parte de las grasas del aceite se transformen en "grasas hidrogenadas" y de "configuración *trans*", que en nuestro organismo se comporten como las grasas saturadas, con igual efecto sobre el colesterol sanguíneo que las saturadas.<sup>16</sup>

Existen diferentes tipos de margarinas con mayor o menor proporción de grasas hidrogenadas e insaturadas; por tanto, a la hora de la compra, se ha de leer bien el etiquetado y escoger preferiblemente aquellas que tengan mayor proporción de grasas insaturadas.

A pesar de todo, la cantidad de grasa saturada en estas margarinas es inferior a la que aporta la mantequilla. Pero hay que tener en cuenta que la margarina contiene por cada cucharada 6,9 g de grasas *trans*.<sup>17</sup>

Existe según la marca y el porcentaje de grasa, diferentes tipos de margarinas como se muestran a continuación:

1. Margarina: 80% de materia grasa.
2. Margarina tres cuartos: contienen entre un 60% y un 62% de grasa.
3. Materia grasa para untar con un porcentaje de materia grasa de un 42 a un 55% aproximadamente.
4. Margarinas o materia grasa para untar enriquecidas en vitaminas (A, D, E, B<sub>2</sub>), minerales (calcio), fibras y fitosteroles.

El proceso de elaboración se resume en tres etapas:

- **Refinado del aceite**, para eliminar los ácidos grasos libres, fosfolípidos, compuestos volátiles y eliminar otros contaminantes, como metales o pigmentos.<sup>18</sup>
- **Endurecimiento del aceite**, consiste en alterar el punto de fusión del aceite para obtener una curva de sólidos determinada. El endurecimiento se consigue por hidrogenación, interesterificación o



fraccionamiento. Lo más común es la hidrogenación, en la que el aceite se satura parcial o totalmente con hidrógeno.<sup>18</sup>

➤ **Fabricación de margarinas**, donde se le adiciona leche, agua, aceite vegetal, emulgentes (mono o di-estearatos de glicérido), saborizantes, preservantes y sal común, en una mezcla que es batida íntimamente en frío hasta conseguir la llamada margarina.<sup>18</sup>

#### **4.1.10.2.3 Mantecas**

Al igual que las margarinas, las mantecas son grasas semisólidas, elaboradas a partir de procesos de hidrogenación. Teniendo como materia prima aceites vegetales ricos en ácidos grasos insaturados como el aceite de maíz, girasol, soya y oliva entre otros.

El proceso de elaboración de las mantecas es igual que el de las margarinas en las primeras etapas, refinado y endurecimiento del aceite. En la tercera etapa se le adiciona aceite de coco, maní, antioxidantes, monoestearatos, saborizantes u otro aceite fino; se realizan para darle un sabor final de alta aceptación comercial.<sup>14</sup>

### **4.2 Análisis de la composición de los aceites y grasas.**

La composición de ácidos grasos que existen en las sustancias lipídicas suelen hacerse por cromatografía gas-líquido, con columna capilar o empacada a partir de sus ésteres metílicos o etílicos, ya que los ácidos grasos libres no son volátiles y por lo tanto no pueden ser analizados fácilmente. En la actualidad la transesterificación de las grasas para preparar sus ésteres metílicos y la cromatografía de gases con columna capilar son las técnicas más usadas para estas determinaciones.<sup>3</sup>

#### **4.2.1 Transesterificación.**

La transesterificación es la sustitución del resto alcohólico de un éster por otro alcohol en el seno de la reacción.



La preparación por transesterificación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos a partir de las grasas, se pueden realizar de dos formas diferentes: básica y ácida.

#### 4.2.1.1 Transesterificación ácida.

La transesterificación ácida se usa cuando hay abundancia mayor de 3% de ácidos grasos libres en las grasas. Ya que los ácidos grasos libres no afectan la separación de las capas cuando la transesterificación se realiza en un medio ácido acuoso. Este hecho se debe a que los ácidos grasos libres también se esterifican sin problema en un medio ácido <sup>12</sup>

Los catalizadores ácidos más usados son: ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido toluensulfónico y trifloruro de boro (ácidos de Lewis) <sup>12</sup>

#### 4.2.1.2 Transesterificación básica.

La transesterificación básica se da en un medio heterogéneo como el hexano y una solución alcohólica básica.

Entre los catalizadores más usados están: hidróxido de potasio, hidróxido de sodio, carbonatos, metóxido de sodio y óxidos de diversos metales.

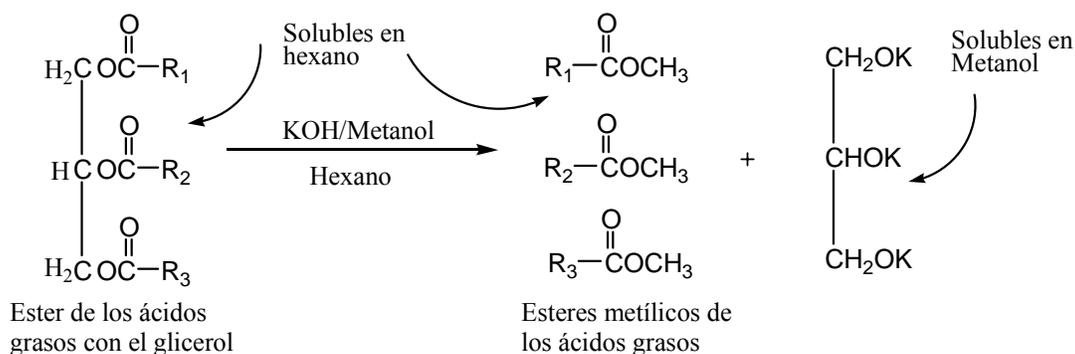


Figura 13. Reacción de transesterificación básica.



Esta reacción no puede realizarse con un porcentaje mayor del 3% de ácidos grasos libres. Esto se debe a que los ácidos grasos libres forman jabón en medio básico, a tal punto que la formación del gel o la emulsión impiden la separación de la capa acuosa de la capa orgánica no polar. Esto significa que los ésteres metílicos que deberían permanecer en la capa orgánica por afinidades de polaridades no pueden ser separados de la mezcla de reacción.

#### 4.2.1.3 Ventaja de la transesterificación básica sobre la ácida.

Trabajar con los catalizadores básicos en la transesterificación de los aceites es mucho más ventajoso que la transesterificación ácido. Esta ventaja se debe a que la reacción de transesterificación básica se lleva a cabo en un tiempo considerablemente corto y bajo condiciones de reacción más fáciles de manejar. El inconveniente de esta reacción es que cuando hay un exceso de ácidos grasos libres se perderá una parte del catalizador por la formación de jabón. El uso de catalizadores básicos presentan la ventaja de que la reacción se realiza a temperaturas y presiones ambientales, a diferencia de los catalizadores ácidos que requieren temperatura y/o presiones altas. Otra ventaja que tiene los catalizadores básicos es que la base reacciona con el alcohol para formar alcoholóxido, como se ve en la siguiente reacción:



El metóxido de potasio ( $\text{CH}_3\text{OK}$ ) es una especie química que tiene la cualidad de ser muy reactiva en metanol haciendo que la reacción de transesterificación sea más fácil. Además, en un gran exceso de alcohol la concentración de alcóxido permanece esencialmente constante, permitiendo que el equilibrio se desplace hacia la derecha.

De acuerdo con Reid con los catalizadores alcalinos a diferentes concentraciones y a temperatura de  $60^\circ\text{C}$  con una relación molar alcohol-aceite de 6 (100% de exceso) se obtiene un porcentaje de ésteres metílicos mayor del 90% en un tiempo de 6 minutos. En cambio con los catalizadores ácidos se logra obtener un porcentaje de ésteres de 50% en 30 minutos y del 90% en 5 horas a temperaturas  $114^\circ\text{C}$  utilizando alcohol butílico. Usando alcohol metílico se logra un porcentaje del 5% en 5 horas y del 90% en 50 horas a  $60^\circ\text{C}$ .<sup>21</sup>



Con respecto al tipo de catalizador básico se recomienda usar el hidróxido de potasio antes que hidróxido de sodio, ya que el hidróxido de potasio tiene una masa molecular más alta, por lo que aumenta el peso específico de la capa polar (glicerol, metanol y KOH en exceso), proporcionando una mejor separación entre la fase éster y el glicerol.<sup>12</sup>

#### **4.2.2 Análisis de ácidos grasos por cromatografía de gases**

Este análisis se inicia con la transformación de los ácidos grasos esterificados en los triglicéridos (aceites) a ésteres metílicos correspondientes, esto se da mediante el proceso de la transesterificación, el objetivo de esta transesterificación es convertir los ácidos grasos en una forma más volátil, tal como son sus ésteres metílicos, para luego ser inyectados al cromatógrafo de gas. Estos ésteres son transportados por un gas inerte generalmente He, N<sub>2</sub> u otro gas como el H<sub>2</sub> (fase móvil) a través de la columna. Para la partición de la mezcla vaporizada de ésteres metílicos entre la fase gaseosa móvil y una fase líquida estacionaria que utiliza una capa de poliéster de punto de fusión elevado o un polímero de silicona depositado sobre partículas de tierra de diatomeas o sobre la superficie interior de un largo tubo capilar (columna) calentado. Las columnas que se destacan para estos análisis son las columnas con fases líquidas polares tales como Carbowax o DB\_FFAP y las de CNPr PhMe Siloxano tales como HP-225, DB-225 o sus equivalentes.

Los ésteres metílicos de los diversos ácidos grasos se distribuyen entre la fase gaseosa móvil y la fase líquida estacionaria, de acuerdo con sus coeficientes de reparto líquido-gas característico. Los ésteres metílicos separados que eluyen en la columna pueden medirse por una gran variedad de detectores de gran sensibilidad. Entre ellos está el detector de ionización de llama (FID). En este detector la corriente del gas transportador que contiene los ésteres de ácidos grasos, se mezclan con una corriente de hidrógeno y de aire, y se queman en un campo eléctrico de elevado voltaje. La corriente producida por el flujo de fragmentos ionizados de los ácidos grasos en la llama, queda registrado automáticamente en una gráfica que muestra una serie de picos separados. Cada pico corresponde a un ácido graso separado y el área o la altura es proporcional a su cantidad.



#### **4.2.3 Identificación y cuantificación de ésteres metílicos de ácidos grasos.**

La identificación cualitativa de un componente se basa en la comparación, bajo los mismos parámetros cromatográficos, de los tiempos de retención de uno o varios estándares conocidos y los tiempos de retención de los componentes individuales de las mezclas bajo estudio. Los tiempos de retención son siempre los mismos bajo las mismas condiciones independientemente de si las sustancias analizadas son estándares puros o componentes de una mezcla con concentraciones diferentes. El análisis cuantitativo es ligeramente más complejo y se basa en el análisis comparativo de las áreas o alturas de los picos de los estándares de concentraciones conocidas contra las áreas de las sustancias de concentraciones desconocidas. Las medidas de las superficies de los picos se pueden hacer por cálculos geométricos ó integraciones manuales o mecánicas, electromecánicas o electrónicas. Los datos cuantitativos se obtienen a partir de las superficies o alturas de los picos que serán mayores cuanto mayores sean las concentraciones de los componentes.<sup>12</sup>

Para la cuantificación de las muestras se prepara primero una mezcla de estándares con los ésteres metílicos de los ácidos grasos que se quieren determinar y se inyecta al cromatógrafo de gas para conocer sus tiempos de retención. Seguidamente se prepara una curva de calibración, con no menos de tres niveles para poder hacer una comparación cuantitativa con las muestras que se han de analizar.

Usualmente en la literatura se utilizan sólo los porcentajes relativos para describir la composición de los ácidos grasos de los aceites o grasas. Estos porcentajes relativos son muy útiles para comparar aceites, mantequillas, margarinas y mantecas y presumir sus fuentes de orígenes. Los cálculos donde sólo se toman en cuenta los ácidos grasos identificados para la composición porcentual se le conocen como perfil porcentual de la composición de los ácidos grasos de una grasa o aceite y se refleja en el perfil cromatográfico de todas las muestras analizadas.



## V. PARTE EXPERIMENTAL

### 5.1 EQUIPOS

**1) Orno Thelco (59-250°C)**

Modelo: 130

Serie: 598071304

**2) Balanza analítica MG1**

Type AC2105

Fab Nr 40120235

**3) Agitador de vibración VORTEX**

**Genie Mixer**

Modelo: 9667

S 8223

**4) Cromatógrafo de gas**

Marca: Hewlett PACKARD (HP) 5890

Serie II L, equipado con un detector

FID

**5) Columna capilar** HP-225, 25 m x

0.20 mm x 0.2 µm

Fase estacionaria: 50%

(CNPrPhMeSilonane) útil para separar

ésteres metílicos de ácidos grasos

(FAME)

**6) Generador de hidrógeno**

Marca: Whatman

Modelo: 75-34-220-V452

**7) Generador de Nitrógeno**

Marca: Whatman

Modelo: 76-94-220

**8) OTROS**

Micro jeringa de 1ul, 10ul,

500ul, 500ul

### 5.2 REACTIVOS Y SOLVENTES

n-Hexano (grado técnico) Fisher bidestilado

Metanol anhidro Merck

KOH (hidróxido de sodio) Merck.

Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Sulfato de sodio anhidro) Baker Analyzed Reagent.



**Tabla 3. Estándares de ésteres metílicos de ácidos grasos.**

<b>Estándares (FAME)</b>	<b>Pureza</b>	<b>Casa comercial</b>
Ester metílico del ácido láurico C12:0	98.5%	Dr.Ehrenstorfer GmbH
Ester metílico del ácido mirístico C14:0	99.5%	Dr.Ehrenstorfer GmbH
Ester metílico del ácido palmítico C16:0	99.5%	Dr.Ehrenstorfer GmbH
Ester metílico del ácido esteárico C18:0	99.5%	Dr.Ehrenstorfer GmbH
Ester metílico del ácido oléico C18:1	99.0%	Dr.Ehrenstorfer GmbH
Ester metílico del ácido linoléico C18:2	99.5%	Dr.Ehrenstorfer GmbH
Solución ya estandarizada del Ester metílico del ácido linolénico C18:3	10 ppm	Dr.Ehrenstorfer GmbH
Solución Madre reestandarizada del éster metílico del ácido linolénico C18:3	19,518 mg/ml	Dr.Ehrenstorfer GmbH

### 5.3 Cristalería

- Equipo de vidrio para destilación de hexano.
- Viales de 2 ml y 4 ml con tapas con sellos de teflón.
- Embudos de espiga larga.
- Beaker.
- Termómetro.
- Pipeta graduada de 1 ml.
- Pipeta graduada de 10 ml.
- Pipeta pasteur.
- Espátula.



#### 5.4 Muestras analizadas:

Tabla 4. Composición de muestras analizadas.

	<b>Nombre comercial</b>	<b>Fuentes de preparación declaradas.</b>
<b>Aceites</b>	Mazola	Soya
	Purela	Fruta de palma, maíz , soya y canola
<b>Mantequillas</b>	Eskimo	Crema láctea
	Parmalat	Crema de leche
	Artesanal	No aplica
	2 Pinos	No reporta
	Anchor	Crema de leche pausterizada
<b>Margarinas</b>	Cremy	Aceite vegetal, suero y leche emulsificada
	Numar	Aceites vegetal refinado, sólidos lácteos mono y digliceridos
<b>Mantecas</b>	Maxpan	Aceite refinado de palma
	Cerdo artesanal	No aplica
	Doral	Aceite de palma
	Corona	Aceite de palma
	Sabemas	Aceite de palma



## VI. Metodología

Se analizaron 14 muestras de productos grasos los cuales se enumeran a continuación:

- 2 aceites comestibles
- 2 margarinas
- 5 mantequillas
- 5 mantecas.

Las muestras fueron recolectadas en el periodo que va de marzo a mayo de 2008. Las muestras se seleccionaron tomando en consideración la oferta y demanda que estos productos tienen en la población Nicaragüense. Previo a la selección de las muestras se realizó una pesquisa entre los establecimientos que usualmente los ofertan tales como supermercados, mercados y algunas pulperías. Dado que éste es un estudio preliminar o exploratorio y debido también a la falta de presupuesto, no se muestreó por duplicado los productos seleccionados para el estudio.

Los ácidos grasos contenidos en los productos grasos seleccionados se transformaron posteriormente a sus ésteres metílicos (FAME) por transesterificación básica con metanol en un medio heterogéneo. Los FAME se almacenaron en refrigeración a  $-25^{\circ}\text{C}$  por seis meses, previa diluciones en hexano, hasta su posterior inyección, identificación y cuantificación por cromatografía de gases (GC) con columna capilar

Antes de inyectarse los ésteres metílicos al GC se preparo una mezcla de los 7 estándares de los ésteres metílicos correspondientes a los ácidos grasos saturados e insaturados más abundantes y seleccionados para este estudio. Estos ácidos se muestran a continuación:

### **SATURADOS**

Acido Láurico  
Acido Mirístico  
Acido Palmítico  
Acido Estearico

### **INSATURADOS**

Acido Oléico  
Acido Linoléico  
Acido Linolénico



La mezcla de estándares se utilizó para optimizar los parámetros óptimos de separación que fueron muy parecidos a los encontrados en un estudio previo y similar a éste,<sup>1,2</sup> del que nos ocuparemos posteriormente en el análisis y conclusión de los resultados.

Se prepararon también mezclas de los FAME de diferentes concentraciones para hacer las curvas de calibración y estimar los LC y LD.

En base a los resultados de los análisis cromatográficos se calcularon las concentraciones absolutas de cada uno de los ácidos grasos presentes en las muestras inyectadas al GC y estos datos se utilizaron para calcular los porcentajes relativos de los ácidos grasos presentes en cada uno de los aceites, mantequillas, margarinas y mantecas muestreadas. Estos porcentajes relativos se utilizaron posteriormente para calcular los índices de aterogenicidad y porcentajes relativos de ácidos grasos saturados e insaturados.

### **6.1 Preparación de estándares.**

La selección de los siete estándares de los ésteres metílicos de los ácidos grasos se realizó utilizando como criterio la abundancia natural de ellos y su presencia en común tanto en los aceites de origen vegetal como en las grasas de origen animal. No se incorporaron más estándares a este estudio, como por ejemplo los estándares correspondientes a los ácidos grasos *trans*, por razones económicas.

Se prepararon soluciones madres a partir de los estándares puros recién adquiridos y a partir de las soluciones madres se prepararon soluciones de trabajo más diluidas. Estas se utilizaron a sus veces para preparar soluciones para determinar los tiempos de retención y preparación de las curvas de calibración de cada uno de los ésteres metílicos de los ácidos grasos. Las soluciones madres de cada estándar se diluyeron 5, 6 o 10 veces para preparar las soluciones de trabajo (Ver tabla 12).

### **6.3 Optimización de los parámetros cromatográficos**

Se utilizó un cromatógrafo de gases HP modelo 5890 Serie II equipado con un detector FID, diseñado para trabajar con columnas capilares y acoplado a una Estación Química HP ChemStation (Versión A.06.03.509). Por problemas técnicos con el flujo total del GC 5890 no se pudo utilizar la técnica de



inyección con división y por lo tanto se trabajó con la técnica de inyección sin división (splitless). Se utilizó como gas de arrastre y combustible, hidrógeno de alta pureza generado por un equipo de generación de hidrógeno ultra puro marca Whatman modelo 75-34 y utilizamos como gas auxiliar (make up) nitrógeno de alta pureza producido por un generador de nitrógeno marca Whatman modelo 76-94-228.

El cromatógrafo se equipó con una columna capilar semi-polar HP-225 de 25x0.20x0.20.

Se buscaron y se encontraron los parámetros cromatográficos óptimos para la identificación y resolución de las mezclas de estándares utilizados en los análisis de los ésteres metílicos de los ácidos grasos. Estos parámetros a optimizarse fueron la temperatura inicial y final del horno, tiempo de purga, rampa de calentamiento, volúmenes de inyección y flujo de la columna. Como se mencionó anteriormente se seleccionó la técnica splitless (sin división) por problemas técnicos con el flujo del equipo.

La mezcla de estándares que se utilizó para la optimización de los parámetros fue una solución equivalente al nivel 3 utilizado para hacer posteriormente la curva de calibración. Después de la optimización de la mezcla se inyectó una dilución 1/10, equivalente al primer nivel de la curva de calibración, para verificar la resolución y eficiencia a concentraciones menores. En el cuadro siguiente se muestran las concentraciones de las mezclas utilizadas.

**Tabla 5. Concentraciones de mezcla de ésteres metílicos para optimización de parámetros.**

<b>Estándares</b>	<b>Láurico C12:0</b>	<b>Mirístico C14:0</b>	<b>Palmítico C16:0</b>	<b>Esteárico C18:0</b>	<b>Oléico C18:1</b>	<b>Linoléico C18:2</b>	<b>Linolénico C18:3</b>
Concentraciones para optimizar parámetros	83.26 ppm	79.20 ppm	106.02 ppm	73.97 ppm	237.28 ppm	537.28 ppm	63.20 ppm
Concentraciones para verificar eficiencia y resolución	8.32 ppm	7.92 ppm	10.60 ppm	7.40 ppm	13.55 ppm	14.32 ppm	6.32 ppm

Cabe destacar que no se hizo necesario hacer nuevamente la inyección individual de los estándares, ya que el único propósito de hacer esto era para conocer el orden de elusión de cada uno de los estándares de



los ésteres metílicos. Este propósito se alcanzó en estudios anteriores con el mismo equipo (GC 5890) y columnas de iguales fases estacionarias (HP 225) o similares (DB-225). El orden de elusión de los ésteres fue el siguiente: ácido láurico, ácido mirístico, ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oléico, ácido linoléico y ácido linolénico.<sup>1,2</sup> A pesar de que el orden de elusión fue el esperado en concordancia con los parámetros cromatográficos y columna utilizada, los tiempos de retención tuvieron una ligera desviación con respecto a los encontrados en estudios previos propio del desgaste de la columna.

A continuación mostramos los valores de los parámetros optimizados y los tiempos de retención (Tr) encontrados.

Temperatura del inyector: 250°C	Flujo del hidrógeno: 30 ml/min
Temperatura del detector: 300°C	Flujo del aire: 400 ml/min
Temperatura inicial: 100°C	Flujo de la columna: 0.6 ml/min
Temperatura final: 230°C	Flujo del make up: 30 ml/min
Rampa: 45°C/min	Tiempo de purga: 0.01min
Tiempo inicial: 3 minutos	Volumen de inyección: 1µl
Tiempo Final: 4 minutos	

**Tabla 6. Tiempos de retención de ésteres metílicos de ácidos grasos.**

Ésteres metílicos	Láurico (C12:0)	Mirístico (C14:0)	Palmítico (C16:0)	Esteárico (C18:0)	Oléico (C18:1)	linoléico (C18:2)	Linolénico (C18:3)
Tr (min.)	5.55	6.08	6.59	7.19	7.27	7.43	7.64

#### **Determinación de límite de detección y cuantificación.**

Previo a la determinación de las concentraciones de los ésteres metílicos de los ácidos grasos por cromatografía de gases se procedió a determinar los límites de detección (LD), cuantificación (LC) y la linealidad.



Los LD y LC se pueden determinar en un GC HP 5890 equipado con ChemStation por 2 métodos:

- a) El clásico que consiste en preparar e inyectar diluciones continuas de estándares de soluciones diluidas y comparar sus alturas con los niveles de ruido del equipo. En este sistema el LD equivale por definición a 3 veces la altura del pico del ruido y el LC equivale a 10 veces la altura del ruido.
- b) El otro método utiliza el programa del equipo y consiste en inyectar soluciones individuales o una mezcla de concentraciones conocidas para determinar el LC y LD en base a la altura y concentraciones de los picos y la altura del ruido estimada por el equipo, en un intervalo de tiempo definido próximo a la salida de cada éster metílico de ácido graso.

En este trabajo se utilizó el segundo método para cuantificar el LD y LC. Para ello se utilizó una solución diluida de la mezcla de estándares iguales a las del nivel 1 de la curva de calibración. Se utilizó una mezcla en lugar de los estándares individuales para hacer más rápidas las determinaciones y tener una matriz similar a la mezcla de los ésteres transesterificados. Un ejemplo de los cálculos se muestra en los **anexos**.

En la tabla siguiente se presenta los límites de cuantificación y detección de los ésteres metílicos de los ácidos grasos.

**Tabla 8. Límites de detección y cuantificación de estándares de ésteres metílicos de ácidos grasos.**

Estándares de ésteres metílicos de ácidos grasos	Límite de detección(LD) (ppb)	Límite de cuantificación(LC) (ppb)
Láurico (C12:0)	0,09	0,31
Mirístico (C14:0)	0,13	0,42
Palmítico (C16:0)	0,20	0,68
Esteárico (C18:0)	0,27	0,89
Oléico (C18:1)	0,88	2,95
Linoléico (C18:2)	0,31	1,04
Linolénico (C18:3)	0,16	0,53



### Preparación de curvas de calibración.

Posterior a la determinación de los límites de detección (LD) y cuantificación (LC) se prepararon las curvas de calibración necesarias para cuantificar las mezclas de los ésteres metílicos preparados a partir de las diferentes muestras seleccionadas para este estudio. En todos los casos las inyecciones se hicieron por triplicado y los volúmenes de inyección fueron de 1µl.

Considerando que el estudio que se realizó con este trabajo es preliminar se consideró suficiente preparar una curva de calibración con tres niveles. Se contempló también el hecho de que si las concentraciones de las muestras inyectadas eran superiores a las de los límites de la curva de calibración, se debería diluir las veces que fuera necesario estas muestras para que todos los compuestos analizados estuvieran dentro de los límites de la curva de calibración.

Las concentraciones de los niveles y el valor de  $R^2$  de las curvas de calibración de cada uno de los estándares se muestran en la siguiente tabla y los anexos. Se tomó como criterio de una buena corrección que el valor de  $R^2$  tuviera al menos dos nueve en los primeros dos decimales (0.99).

**Tabla 9. Concentraciones de los niveles de las curvas de calibración.**

Mezcla de estándares	Nivel 3 (ppm)	Nivel 2 (ppm)	Nivel 1 (ppm)	$R^2$
Láurico (C12:0)	83.26	41.63	8.32	0.998
Mirístico (C14:0)	79.20	39.60	7.92	0.994
Palmítico (C16:0)	106.02	53.00	10.60	0.998
Esteárico (C18:0)	73.97	36.98	7.40	0.991
Oléico (C18:1)	237.28	135.59	13.55	0.999
Linoléico (C18:2)	537.28	286.56	14.32	1
Linolénico (C18:3)	63.20	31.60	6.32	0.994



## **6.4 Caracterización y cuantificación de los ácidos grasos en grasas por medio de sus ésteres metílicos.**

### **6.4.1 Proceso de transesterificación básica.**

Previo al análisis de la composición y cuantificación de los ácidos grasos presentes en cada uno de las matrices a analizar, se procedió a la transformación de los ácidos grasos en sus ésteres metílicos usando el método de transesterificación básica como se describe a continuación.

Se pesaron 4 gotas de cada muestra en un vial tarado. Las muestras que no eran sólidas a temperatura ambiente (manteca, mantequilla y margarina), se calentaron previamente para liquidificarlas. Se le adicionan 0.5 ml de KOH/MeOH 2M y 0.8 ml de hexano. Se sello con una tapa de rosca equipada con septum de teflón y se agitó rigurosamente en un Vortex por 12 minutos. Después se dejó en reposo a temperatura ambiente para permitir la separación de las capas por al menos 6 min. Después del reposo se tomaron 0.3 ml de la fase superior y se transfirió a otro frasco de vidrio, que en su interior contenía 1 gr de sulfato de sodio anhidro asegurándose nuevamente que la tapa tuviera septum de teflón. Se adicionó al frasco 4 ml de n-hexano y posteriormente se agitó y se deja en reposo por al menos 10 minutos. La solución sobrenadante, sin remover el sulfato de sodio, se inyectó sin posterior tratamiento al cromatógrafo de gas.

### **6.4.2 Caracterización y cuantificación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos.**

Una vez encontrados los parámetros óptimos de separación y preparadas las curvas de calibración se procedió a inyectar las muestras tranesterificadas previamente preparadas a partir de cada una de las muestras grasas seleccionadas para el estudio. En todos los casos las muestras se inyectaron por duplicado con el propósito de ver su repetibilidad y sus volúmenes fueron al igual que el utilizado para la preparación de las curvas de calibración de 1µl.



## VII RESULTADOS

Después de inyectar por duplicado todas las muestras transesterificadas concentradas y aquellas que tuvieron que diluirse para que las concentraciones de sus componentes pudiesen estar dentro de los límites de la curva de calibración se procedió a calcular a partir de las concentraciones absolutas de cada uno de los ésteres metílicos (ver anexos, tabla N° 15) los porcentajes relativos de cada uno de los ácidos grasos encontrados. Los resultados se muestran a continuación en la Tabla No 11.

**Tabla 10. Porcentajes relativos de ácidos grasos encontrados en muestras analizadas.**

Nombre del producto	% relativos								% Sumatoria	Índice de atreogenicidad
	%Saturados				%Mono	%Poli				
	Insaturados									
	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3			
Mantequilla	Parmalat	2,3	11,2	31,1	17,9	33,6	2,9	0,9	100,0	2,1
	Artisanal	1,8	9,4	32,3	18,8	34,2	2,7	0,8	100,0	1,9
	Eskimo	1,2	8,3	34,1	17,2	36,9	1,7	0,6	100,0	1,7
	Anchor	3,9	13,4	38,4	15,3	26,5	1,4	1,0	100,0	2,5
	2 Pinos	2,2	11,7	31,1	18,9	33,5	2,2	0,4	100,0	2,2
Manteca de Cerdo	0,3	3,5	47,9	22,6	22,4	2,4	0,9	99,1	2,6	
Margarina	Numar	0,2	1,0	43,3	9,7	39,5	6,1	0,2	100,0	1,0
	Cremy	0,7	1,0	44,1	9,8	41,6	2,6	0,1	100,0	1,1
Manteca	Maxpan	0,1	1,1	50,1	5,7	35,3	7,5	0,1	100,0	1,3
	Doral	0,1	1,1	49,9	5,4	34,1	9,1	0,1	100,0	1,3
	Corona	0,4	1,3	46,1	5,3	36,9	9,9	0,2	100,0	1,1
	Sabemas	0,2	1,0	47,4	5,4	38,8	7,1	0,1	100,0	1,1
Aceite	Purela	-	0,1	11,7	5,7	22,4	54,5	5,8	100,2	0,2
	Mazola	0,3	0,7	30,8	4,4	38,9	24,4	0,4	100,0	0,5

\*\*\* Los porcentajes marcado en rojo, dependiendo en la columna que este, representa la exceso o deficiencia perjudicial de ácido graso.

\*\*\* Los porcentajes marcado en verde, dependiendo en la columna que este, representa la exceso o deficiencia beneficiosa de ácido graso



De la tabla anterior se evidencia fácilmente que todos los grupos de productos analizados tienen altos Índices de aterogenicidad, excepto los aceites Purela y Mazola que tienen I.A. similares a los encontrados en un estudio previo sobre los aceites comestibles que se ofertan en Nicaragua.<sup>1</sup> (ver Tabla No 14)

Estos altos IA son un reflejo de los elevados porcentajes de ácidos grasos saturados presentes en todas las matrices analizadas. Estos altos IA son también muy similares a calculados a partir de los datos encontrados en un estudio previo sobre la calidad de algunos productos lácteos no modificados que se ofertan en el mercado Nicaragüense, realizados también en la UNAN-León<sup>2</sup> (ver Tabla No 13).

Se desprende también de los resultados obtenidos que las mantequillas, mantecas y margarinas estudiadas son al igual que los productos lácteos no modificados estudiados anteriormente<sup>2</sup> fuentes muy pobres de ácidos grasos poliinsaturados, comparados con los aceites vegetales estudiados.<sup>1</sup>

En la Tabla que se muestra abajo es fácil notar las similitudes de los porcentajes totales de los ácidos grasos saturados e insaturados. Es evidente en la tabla que todas las mantequillas, mantecas y margarinas tienen porcentajes de ácidos grasos saturados mayores del 50% y que en el caso particular de las mantequillas este valor es mayor del 60%. Es igualmente evidente que todos tienen porcentajes de ácidos grasos poliinsaturados bajos (18:2 y 18:3) y porcentajes similares de ácidos grasos monoinsaturados (18:1). Se desprende de estos resultados que las mantequillas y mantecas de cerdo, que son de origen animal, tienen un perfil porcentual de ácidos grasos muy similar al de las mantecas y margarinas, que son aceites vegetales hidrogenados.



**Tabla 11. Porcentajes relativos de ácidos grasos saturados e insaturados en muestras analizadas.**

Muestras		saturados	Mono-insat	Poli-insat	sumatoria
			Total de insaturados		
Mantequillas	Mantequilla Parmalat	62,6	33,6	3,8	100,0
			37,4		
	Manquilla Artesanal	62,3	34,2	3,5	100,0
			37,7		
	Mantequilla Eskimo	60,8	36,9	2,3	100,0
		39,2			
Mantequilla Anchor	71,0	26,5	2,4	100,0	
		29,0			
Mantequilla 2 Pinos	63,9	33,5	2,6	100,0	
		36,1			
Manteca de Cerdo		74,4	22,4	3,3	99,1
		25,6			
Margarinas	Margarina Numar	54,3	39,5	6,3	100,0
			45,7		
Margarina Cremy	55,6	41,6	2,7	100,0	
		44,4			
Mantecas	Mantaca Maxpan	57,0	35,3	7,7	100,0
			43,0		
	Manteca Doral	56,6	34,1	9,2	100,0
			43,4		
Manteca Corona	53,0	36,9	10,1	100,0	
		47,0			
Manteca Sabemas	54,0	38,8	7,3	100,0	
		46,0			
Aceites	Aceite Purela	17,5	22,4	60,3	100,2
			82,7		
Aceite Mazola	36,3	38,9	24,8	100,0	
		63,7			

Los porcentajes relativos de ácidos grasos saturados e insaturados se pueden estimar cualitativamente también del perfil cromatográfico de cada uno de los componentes como se muestran en los cromatogramas seleccionados de cada uno de los grupos estudiados a continuación.

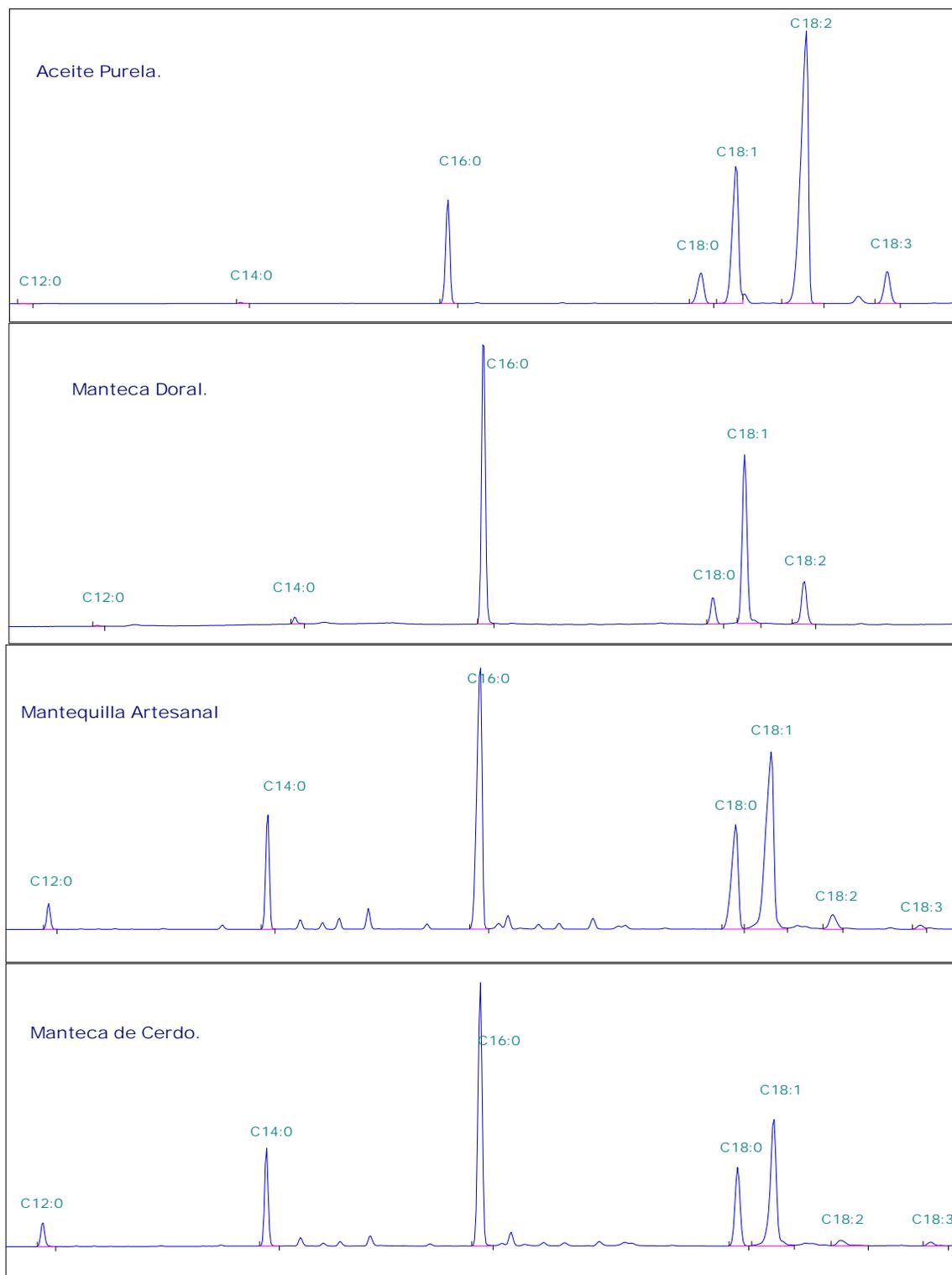


Figura 15. Cromatogramas de muestras analizadas.



En los cromatogramas que se observaron anteriormente es evidente que los productos grasos de origen animal como la mantequilla y la manteca de cerdo y los aceites vegetales hidrogenados como la margarina y la manteca tienen perfiles entre sí muy parecidos en los que el pico predominante corresponde al C16:0 y diferentes de los aceites vegetales no hidrogenados donde el pico predominante (C18:2) está en la región correspondiente a los ácidos grasos insaturados.



## VIII CONCLUSIONES

Las conclusiones de este trabajo monográfico, en concordancia con los objetivos generales, se harán basados en los resultados obtenidos en este estudio y los de dos estudios previos, de similares características a éste sobre las composiciones de ácidos grasos de algunos productos lácteos y aceites comestibles que se ofertan en el mercado nacional.<sup>1,2</sup>

Las primeras conclusiones derivadas de los resultados del presente trabajo son que todas las mantequillas, margarinas y mantecas son altamente aterogénicas y muy malas fuentes de ácidos grasos esenciales con respecto a los aceites vegetales comestibles.

Del análisis de los resultados de los porcentajes relativos de ácidos grasos saturados e insaturados de las margarinas y mantecas y teniendo en cuenta que éstas se originan de los aceites vegetales, se aprecia que el proceso de hidrogenación satura o destruye principalmente los ácidos grasos poliinsaturados esenciales (18:2 y 18:3). Adicionalmente a este hecho hay que agregar que la hidrogenación da como subproducto los ácidos grasos *trans* que se sabe son aún más dañinos para la salud que los ácidos grasos saturados.

De todo lo anteriormente discutido se desprende que de todos los productos estudiados en el presente trabajo los más dañinos para la salud, tomando como referencia las mantequillas, son las margarinas y mantecas porque además de ser aterogénicas y malas fuentes de ácidos grasos esenciales tienen también ácidos grasos insaturados *trans*.

Adicionalmente, las mantecas al someterlas a calentamiento, durante la preparación de los alimentos, terminan de destruir los restos de los ácidos grasos insaturados y en consecuencia aumentan aún más las concentraciones de ácidos grasos *trans* y los hace más dañinos para la salud que las margarinas que no tiene que calentarse para consumirlas.

En conclusión si las margarinas y mantequillas son ambas tan malas fuentes de ácidos grasos esenciales como aterogénicas, la mejor elección de consumo es la mantequilla porque a pesar de contener colesterol, al menos, no contiene altas concentraciones de ácidos grasos *trans*.



Las mantecas comparadas con los aceites vegetales son la peor elección de consumo. Esto es debido a que los aceites, aunque en pequeñas cantidades, contienen concentraciones apreciablemente mayores de ácidos grasos esenciales omega 3 y omega 6 que las mantecas y no contienen, en teórica, ácidos grasos *trans*.

Basados en los resultados de este trabajo y los realizados anteriormente<sup>1,2</sup> se puede concluir que en términos generales lo siguiente:

1. Todos los productos grasos sólidos o líquidos de origen animal, vegetal o sintético que se ofertan en nicaragua (hidrogenados) son fuentes deficientes de ácidos grasos esenciales y en particular del ácido linolénico (18:3) que es el precursor más abundante en la naturaleza de los omegas 3. Ninguno de estos productos, por si solos o combinados, son capaces de proporcionar las cantidades requeridas por una dieta balanceada.
2. Todos los productos lácteos no mejorados por adiciones de aceites vegetales ricos en ácidos grasos poliinsaturados, al igual que las margarinas y mantecas son altamente aterogénicos y pésimos como fuentes de omega 3.
3. Los aceites vegetales que se ofertan en el mercado nacional son los productos grasos menos aterogénicos, libres, en teoría, de ácidos grasos *trans* y fuentes apreciables y moderadas de omega 3 y omega 6 respectivamente.
4. Las cremas y las leches La Perfecta® y La Selecta®, mejoradas por adiciones de aceites vegetales, son los derivados lácteos menos aterogénicos que se ofertan en Nicaragua.



## IX RECOMENDACIONES

Este trabajo, al igual que los dos anteriores que le precedieron,<sup>1,2</sup> son exploratorios y deberán ser repetidos con un mayor rigor científico si se quiere brindarle a la población Nicaragüense una visión más fiel de todos los productos que consumimos en el país que contienen aceites, grasas y sus derivados comestibles.

Todos estos estudios sólo se ocuparon de la calidad de los aceites y grasas comestibles desde el punto de vista del contenido de sus ácidos grasos más comunes y sus posibles daños a la salud. No se tomó en cuenta para este estudio la composición de ácidos grasos *trans*, las trazas de plaguicidas y los peróxidos, que también son muy dañinos para la salud.

Un estudio más completo de todos los productos grasos que consumimos en el país, dirigido a determinar su calidad desde el punto de vista de sus consecuencias sobre la salud, debería, al menos, contemplar los siguientes puntos:

1. Incorporar al estudio la composición de los ácidos grasos *trans*.
2. Diseñar un muestreo representativo de todos los grupos estudiados.
3. Validar el método cromatográfico de análisis de los ácidos grasos.
4. Incorporar al estudio los contenidos de trazas de plaguicidas y finalmente.
5. Determinar la composición de los peróxidos.

Un trabajo que incorpore todo los puntos anteriores es multidisciplinario, muy caro y demanda mucho tiempo. Para poder realizarlo es necesario encontrar el financiamiento adecuado y contar con la cooperación de todos los especialistas necesarios de que dispone la UNAN-León.



Creemos que los trabajos realizados anteriormente en nuestra institución son una buena base para diseñar un estudio adecuado y que debería ser asumido como un reto institucional.



## X. BIBLIOGRAFÍA

1. Estudio preliminar por cromatografía de gases con columna capilar de las composiciones porcentuales de los ácidos grasos más comunes presentes en los aceites comestibles que se ofertan en Nicaragua. Br. mendez cruz L y Herrera J. julio del 2008 QUI2589-T26e-2008
2. Estudio preliminar de la composición de los ácidos grasos de los productos lácteos elaborados en Nicaragua por cromatografía de gases en columna capilar. Br Heysel del Carmen Tórrez Campos. León, Nicaragua, Enero del 2006. QUI378.2 T693e 2006.
3. <http://es.foodlexicon.org/o0000050.php>
4. <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/lipidos/acidograssos.html>
5. [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0717-75182002000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0717-75182002000200004&script=sci_arttext)
6. <http://www.institutobiologico.com/seminarios/acidograssos.htm>
7. [http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cidos\\_grassos\\_omega\\_9](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cidos_grassos_omega_9)
8. [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0717-75262004000500013&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0717-75262004000500013&script=sci_arttext)
9. <http://es.wikipidia.Org/wiki/Eicosanoide>



10. [www.nutrifo.com-ar](http://www.nutrifo.com-ar)
11. [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0370-41062006000100015&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0370-41062006000100015&script=sci_arttext)
12. [http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cidos\\_grasos\\_omega\\_3#Tipos](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cidos_grasos_omega_3#Tipos)
13. <http://es.wikipedia.org/wiki/Colesterol>
14. [http://es.wikipedia.org/wiki/Mantecas\\_hidrogenadas](http://es.wikipedia.org/wiki/Mantecas_hidrogenadas)
15. [http://intranet.senati.edu.pe/Dox/Ipace/DescargasWeb/Lacteos/Elaboracion\\_Mantequilla.pdf](http://intranet.senati.edu.pe/Dox/Ipace/DescargasWeb/Lacteos/Elaboracion_Mantequilla.pdf)
16. <http://www.ilustrados.com/documentos/margarina.pdf>
17. [http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_graso\\_trans](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_graso_trans)
18. <http://es.wikipedia.org/wiki/Margarina>
19. [http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cidos\\_grasos\\_omega\\_3#Tipos](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cidos_grasos_omega_3#Tipos)
20. [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0001-60022005000100006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0001-60022005000100006&script=sci_arttext)
21. Samora Solís Eduardo José & Sobalvarro Sánchez Alberto Enrique .(1993).tesis optimización del proceso de trans-esterificación del aceite de tempate para la obtención de un sustituto del diesel a escala de laboratorio.



## XI. ANEXOS

**Tabla 12. Concentraciones (ppm) de estándares de las soluciones madres y soluciones de trabajo.**

Esteres metílicos de ácidos grasos	% de pureza	Peso (gr)	V final de solución madre (ml)	Concentración (ppm) de estándares en solución madre	Concentraciones (ppm) de solución de trabajo para preparación de disolución
Láurico (C12:0)	98.50	1.0567	25	41,63	4163.2
Mirístico (C14:0)	99.50	0.9950	25	39,60	3960.1
Palmítico (C16:0)	99.50	0.2666	10	26,51	5301.4
Esteárico (C18:0)	99.50	0.9293	25	36.99	3698.6
Oléico (C18:1)	99.00	0.0847	5	16,94	3389.8
Linoléico (C18:2)	99.50	0.0896	5	17,91	3582.0
Linolénico (C18:3)	*	*	*	19,52	3903.6

\* Se utilizó una solución madre ya preparada y recientemente reestandarizada con un estándar comercial recién adquirido de 10 ppm.



**Tabla 13. Composición porcentual relativa de ácidos grasos en productos lácteos.**

Nombre del producto	% relativos							índice de aterogenicidad
	%saturados				%mono	%poli		
					insaturados			
	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	
Leche Artesanal	2,09	12,51	34,60	15,45	31,22	0,28	0,79	2,70
Leche la Perfecta	0,72	4.01	37.05	0.23	6.9	44.59	6.45	0,93
Leche la selecta	0,76	4.55	31.26	0.23	7.97	43.48	11.71	0,80
Leche la Exquisita	23,50	15.17	19.93	10.78	13.24	16.10	1.25	3,40
Queso Artesanal	1,75	11.45	30.64	22.95	30.70	1.89	0.58	2,40
Queso de crema Parmalat	1,04	3.46	24.07	45.73	21.26	4.40	0.00	1,50
Queso amarillo Parmalat	1,21	11.51	32.40	20.76	29.65	3.56	0.88	2,30
Queso mozzarella el Bosque	1,51	10.49	32.90	22.41	31.19	1.47	0.00	2,30
Crema Artesanal	2,09	12.51	34.60	15.45	31.22	3.28	0.79	2,50
Crema la Perfecta	0,72	4.01	37.05	0.23	6.90	44.59	6.45	0,93
Crema la Selecta	0,79	4.55	31.26	0.23	7.97	43.48	11.71	0,80
Crema la Exquisita	23.50	15.17	19.93	10.78	13.24	16.10	1.25	3,40



**Tabla 14. porcentaje de ácidos grasos encontrados en el análisis por GC de los aceites Nacionales.<sup>1</sup>**

Muestras analizadas		% relativos							Total Sat e Inst.	Índice de aterogeni cidad
		%Saturados				%mono	%poli			
						Insaturados				
		C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3		
Aceites nacionales	Doral envasado	0.01	0.12	14.03	6.11	25.90	49.29	4.51	99.97	0.18
	Clover	-	0.04	12.99	7.42	24.16	50.09	5.29	99.90	0.17
	Mazorca	-	-	12.19	7.55	38.48	38.15	3.22	99.59	0.15
	Corona	-	-	11.30	7.68	24.89	50.93	5.20	100.00	0.14
	Rico	0.0051	0.11	13.52	6.64	25.03	48.89	5.88	100.00	0.17
	Doral a granel	-	-	14.93	10.68	25.93	44.06	4.38	99.98	0.20
	Ámbar a granel	-	-	13.53	10.15	26.03	46.02	4.26	99.99	0.18
	Santa fe	-	-	11.86	9.14	24.88	49.09	5.03	100.00	0.15
Aceites extranjeros	Regia	0.04	0.28	20.8	8.25	28.44	38.44	3.84	100.00	0.31
	Crisol Premium	-	0.26	9.51	5.61	24.59	57.58	2.441	99.99	0.12
	Orisol clásico	0.22	1.45	28.54	12.08	31.64	20.913	5.15	99.99	0.59
	Líder	0.255	1.165	45.55	7.14	36.44	9.07	0.265	99.89	1.1
	Aceite de maíz	-	-	21.59	4.58	28.47	53.00	1.34	99.98	0.15
	Girol clásico	-	-	6.87	7.19	27.69	58.11	0.15	100.00	0.08
	Oliva ybarra	-	0.18	12.30	6.27	75.64	5.09	0.51	99.90	0.16
	Oliva Goya 100%	-	0.04	13.61	5.09	71.39	9.05	0.81	99.99	0.16
	Oliva extra virgen	-	0.14	11.62	5.08	74.34	8.69	0.11	99.98	0.14
	Santa clara	0.08	0.36	20.73	7.88	30.6	36.22	4.10	100.00	0.31
Ideal	-	-	12.14	10.72	22.79	49.14	5.01	99.80	0.16	



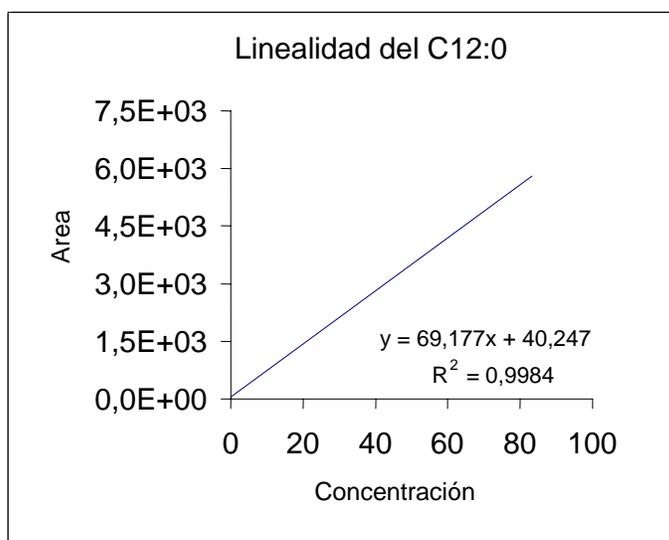
**Tabla 15. Concentraciones absolutas de muestras transesterificadas.**

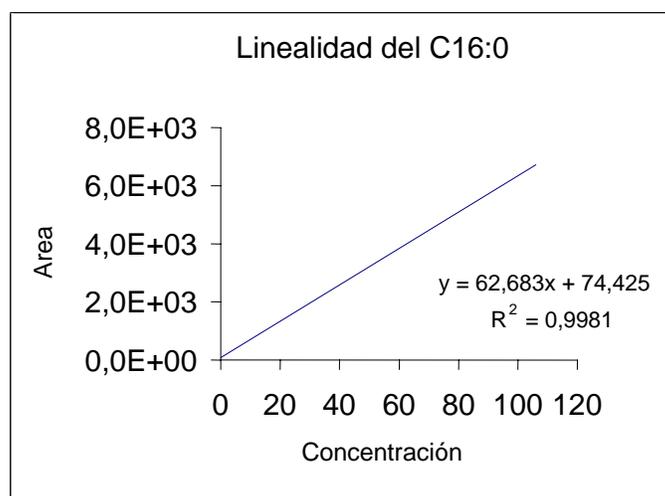
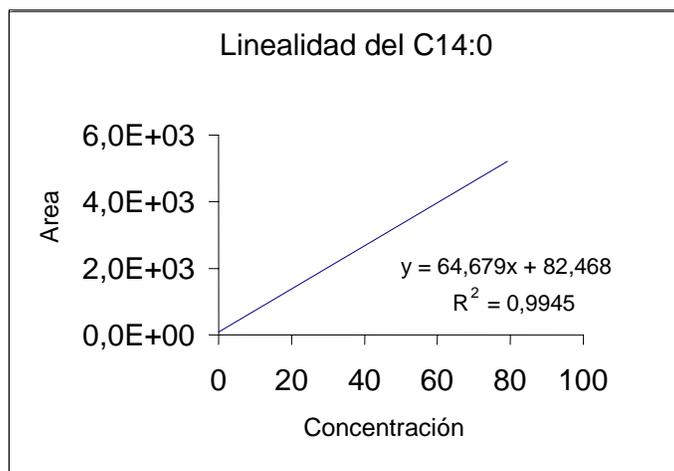
Concentraciones absolutas (ppm) de las muestras transesterificadas									
Muestras		Saturados (ppm)				Mono(ppm)	Poli(ppm)		Sumatoria
						insaturados			
		C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	
Mantequillas	Parmalat	37.4	179.1	496.5	284.7	536.4	45.5	14,6	1,103.1
	Artesanal	26.5	135.0	465.0	270.0	592.0	39.0	11,5	986.0
	Eskimo	58.6	420.0	1,730.0	872.5	1872.5	85.2	31,4	3,282.9
	Anchor	28.0	96.0	274.5	109.5	189.5	10.0	7,5	535.5
	2 pinos	92.3	487.5	1,291.3	785.0	1393.8	91.1	17,1	2,855.3
Manteca de Cerdo		22.3	237.2	3236.5	1528.1	1512.1	159.8	60,2	6756.1
Margarinas	Numar	6.5	34.0	1,400.0	312.5	1275.0	197.0	5,5	2,152.5
	Cremy	20.5	31.5	1,342.5	300.0	1267.5	79.0	4,5	1,857.0
Mantecas	Maxpan	6.5	54.0	2,440.0	280.0	1720.0	367.5	7	3,522.5
	Doral	3.5	29.5	1,305.0	142.5	892.5	238.5	3	1,960.5
	Corona	4.0	14.5	525.0	60.0	420.0	113.0	2	831.5
	Sabemas	4.5	28.5	1,320.0	150.0	1080.0	198.0	4	1,903.0
Aceites	Purela	-	4.0	701.5	342.5	1,333.5	3.271.5	345,5	5,998.5
	Mazola	13.2	34.8	1,450.6	208.7	1,833.9	1,148.3	19,4	4,023.3

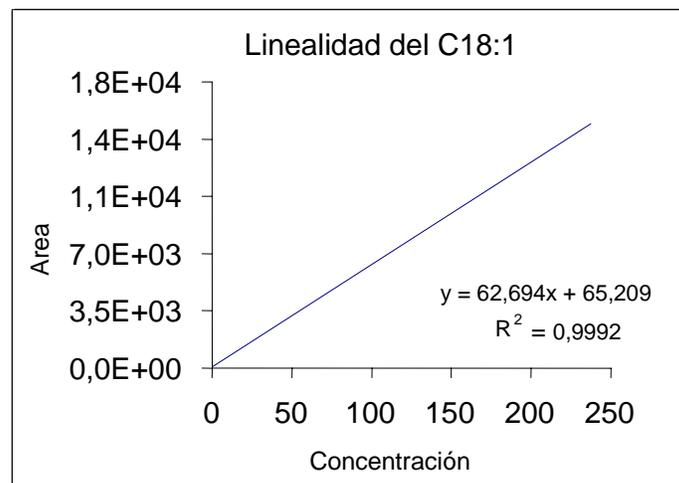
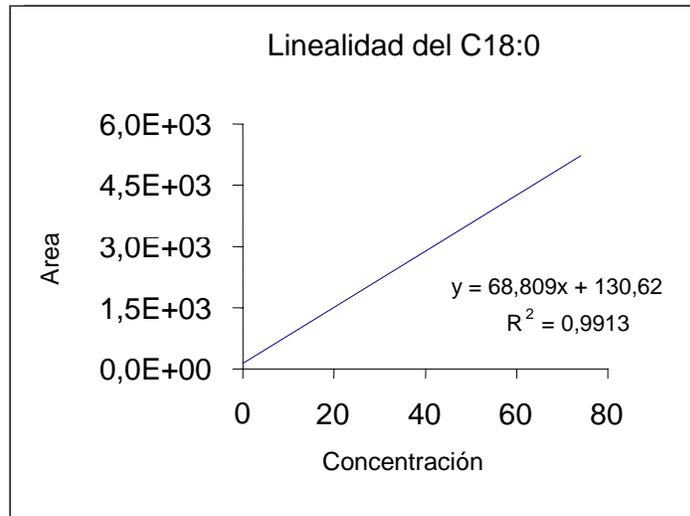


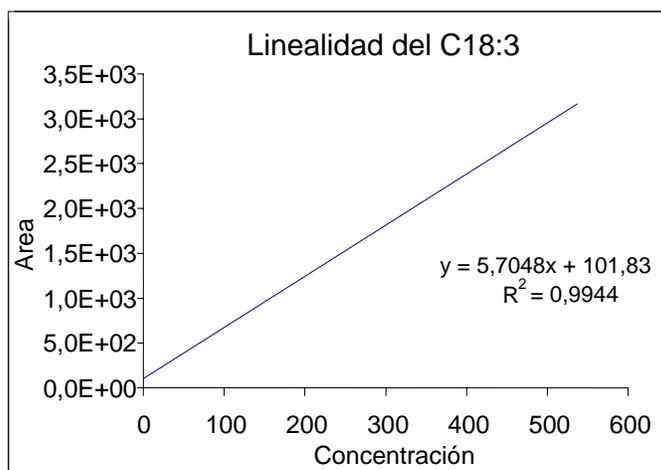
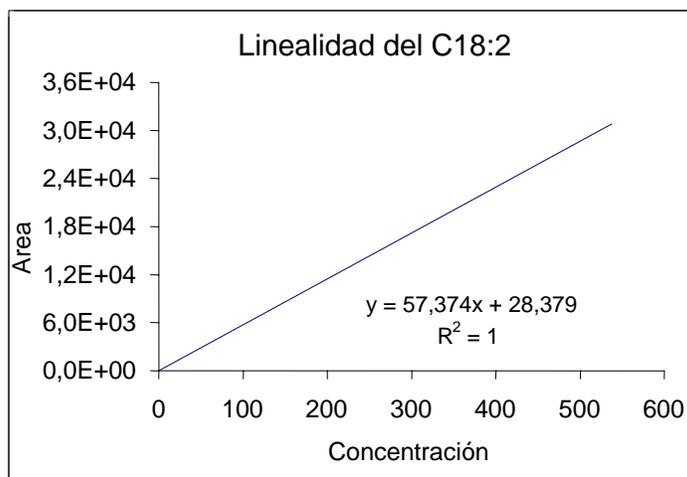
**Tabla16. Concentraciones absolutas de los niveles de las curvas de calibraciones.**

Concentraciones absolutas de curva de calibración en ppm									
Replica		C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	Sumatoria
3 nivel	1	85.2	77.5	101.1	64	220.4	501.5	59.0	1108.7
	2	80.9	74.6	96.5	62.2	211.2	477.5	55.2	1058.1
	3	80.9	76.9	104.8	71.8	241.4	548.0	63.2	1187
promedio		82.3	76.3	100.8	66.0	224.3	509	59.1	1117.9
2 nivel	1	45.9	42.9	53.8	41.6	126.6	267.3	31.1	609.2
	2	45.9	44.3	56.12	44.0	132.7	280.0	32.5	635.52
	3	45.1	43.7	54.5	43.8	127.2	266.7	30.7	611.7
promedio		45.6	43.6	54.8	42.8	128.8	271.3	31.4	608.1
1 nivel	1	7.2	7.1	10.3	6.8	15.0	18.5	6.0	70.9
	2	6.6	6.1	9.4	6.4	13.5	16.7	5.0	63.7
	3	7.1	6.5	9.9	7.0	13.3	15.8	4.96	64.56
promedio		7.0	6.6	9.9	6.7	13.9	17.0	5.32	66.39











**Tabla 17. Muestra de procesamiento de los datos reportados por el equipo de cromatografía de gases con columna capilar para el aceite Purela.**

Aceite Purela							
FAME	TR	Replica de inyección	área	Concentración ng/ul (ppm)	promedio	% normalización	promedio
C12:0	5,56	1	-	-		-	
		2	-	-		-	
C14:0	6,08	1	449	3,9	3,95	0,06	0,065
		2	464	4		0,07	
C16:0	6,59	1	71960	707	701,5	11,7	11,7
		2	70830	696		11,7	
C18:0	7,20	1	33000	348	342,5	5,8	5,75
		2	32040	337		5,7	
C18:1	7,29	1	144020	1343	1333,5	22,6	22,4
		2	142010	1324		22,2	
C18:2	7,45	1	336790	3295	1333,5	54,5	54,55
		2	331940	3248		54,6	
C18:3	7,66	1	32310	348	345,5	5,9	5,85
		2	31870	343		5,8	
<b>Concentración total</b>					<b>4060,45</b>		
<b>% normalización total</b>							<b>100,3</b>



### Limite de detección y cuantificación del metil éster del ácido láurico (C12:0)

Para el ácido láurico la concentración 8.32 ppm da una altura de pico de 1227 y la altura del ruido justo antes de la salida del pico es de 4,6 (Noise P to P). Diez veces la altura del ruido (LC) es 46

$$\begin{array}{l} 8.32\text{ppm}-----1227 \\ X-----10 \times 4.6 \\ 4.6 \times 10 = 46 \end{array}$$

$$X = \frac{8.32 \times 46}{1227} = 0.3119 \text{ ppm LC}$$

$$\begin{array}{l} 0.3119 \text{ ppm} ----- X \text{ ppb} \\ 1 \text{ ppm} ----- 1000 \text{ ppb} \end{array}$$

$$X (\text{ppb}) = \frac{0.3119 \text{ ppm} \times 1000 \text{ ppb}}{1 \text{ ppm}} = 311.9152 \text{ ppb}$$

### Tres veces la altura del ruido es 3 x 4.6 (LD)

$$4.6 \times 3 = 13,8 \quad X = \frac{8.32 \times 13,8}{1227} = 0,0936 \text{ ppm LD}$$

$$\begin{array}{l} 0,0936 \text{ ppm} ----- X \text{ ppb} \\ 1 \text{ ppm} ----- 1000 \text{ ppb} \end{array}$$

$$X (\text{ppb}) = \frac{0,0936 \text{ ppm} \times 1000 \text{ ppb}}{1 \text{ ppm}} = 93,5746 \text{ ppb}$$



**Concentración (ppb) de grasa total en 1ul de muestra inyectada al cromatógrafo de gas.**

$$\text{Peso de 4 gotas de aceite} = 0.0558\text{g}$$

$$0.0558\text{g} \times 1000\text{mg/g} = 55.8\text{mg}$$

$$55.8\text{mg} \text{-----} 0.8\text{ml de hexano}$$

$$\frac{55.8\text{mg}}{0.8\text{ml}} = 69.75\text{mg/ml}$$

$$69,75\text{mg} \text{-----} 1\text{ml}$$

$$X \text{ mg} \text{-----} 0.3$$

$$X = \frac{69,75\text{mg} \times 0.3\text{ml}}{1\text{ml}} = 20.93\text{mg}$$

4ml+0.3ml = 4.3ml volumen final después de diluir los 0.3ml después de la transésterificación.

$$\frac{20.93\text{m}}{4.3\text{ml}} = 4.86627907 \text{ ppm} / 1000 = 4866,27907\text{ppb. Concentración de aceite de la muestra inyectada.}$$

**Cálculos para determinar el porcentaje de normalización.**

**Ejemplo: aceite Purela**

Concentración de éster metílico (FAME) encontrado en la muestra

(Total) concentración total de los ésteres metílicos en la muestra

$$\% \text{ de Normalización C16:0} = \frac{\text{FAME} \times 100}{(\text{Total})}$$

**Ejemplo de aceite Purela**

$$\% \text{ de Normalización C16:0} = \frac{696 \times 100}{6045} = 11.70 \%$$



### Cálculo para determinar el índice de aterogenicidad.

Ej: Aceite **Purela**

$$\text{I.A.} = \frac{\text{Acido Laurico} + 4 (\text{Acido Mirístico}) + \text{Acido Palmítico}}{\text{Acido Linolenico (omega 3)} + \text{Acido Linoleico (omega 6)} + \text{Acido Oleico} + \text{otros ácidos monoinsaturados}}$$

$$\text{IA} = \frac{0.00 + 4(0.07) + 11.7}{5.8 + 54.5 + 22.4} = 0.15$$

### Recomendaciones dietarias:

Estas son algunas medidas que se pueden tomar a diario para mantener bajo los consumos de grasa *trans* (así como de grasas saturadas y colesterol), a la vez disfruta una dieta nutritiva.

- **Examine la etiqueta de Valores Nutritivos** para comparar los alimentos. Las raciones por lo general son equivalentes en tipos similares de alimentos, de manera que seleccione alimentos con menos contenido de grasas saturadas, grasa *trans* y colesterol. Debe examinar los tres nutrientes básicos para seleccionar una dieta saludable.
  - Seleccione alimentos bajos en grasas saturadas y colesterol siguiendo estas recomendaciones generales: un 5% o menos de Valor Diario es bajo, y un 20% o más de Valor Diario es alto. La grasa *trans* no tiene un Valor Diario, de manera que mantenga lo más bajo posible el número de alimentos que contengan grasa *trans*.
- **Escoja variantes de grasas.** Reemplace las grasas saturadas y la grasa *trans* de su dieta con grasas mono y poliinsaturadas. La mayoría de las grasas dietéticas deben provenir de ácidos grasos mono y poliinsaturados.
  - Las fuentes de **grasas monoinsaturadas** incluyen el aceite de oliva y de canola.



- Las fuentes de **grasas poliinsaturadas** incluyen los aceites de soya, frijoles, maíz y girasol, y alimentos como las nueces.
  
- **Elija con más frecuencia aceites vegetales** (excepto de coco y palma) y margarinas suaves (líquidas, en pasta o spray). La cantidad combinada de grasas saturadas y *grasas trans* en estos productos es menor que la cantidad presente en las grasas sólidas, las margarinas duras y la grasa animal, incluida la mantequilla.
  
- **Seleccione alimentos bajos en grasas saturadas**, como la leche y sus derivados desgrasados o bajos en grasa, carnes magras, pescado, pollo sin piel, granos integrales, frutas y vegetales
  
- **Limite los alimentos altos en colesterol**, tales como el hígado y otros órganos, yemas de huevo, leche entera y otros productos lácteos hechos de leche entera.
  
- **Escoja carnes magras**, tales como aves (sin piel y no fritas), res y cerdo limpias (eliminada la grasa visible y no fritas).
  
- **Consuma pescado**. La mayor parte de los pescados contienen menos grasas saturadas que la carne. Además, algunos pescados, tales como las truchas, el arenque y el salmón contienen ácidos grasos omega-3.