

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
UNAN – LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**



TEMA:

**ESTUDIO POR CROMATOGRFIA DE GASES DEL PERFIL
PORCENTUAL DE LOS ACIDOS GRASOS MÁS COMUNES
PRESENTES EN LOS ACEITES DE SEMILLAS RECOLECTADAS
EN LA CIUDAD DE LEON.**

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TITULO DE
LICENCIADO EN QUIMICA**

PRESENTADO POR:

**Br. WILTON YOEL ALEMAN RIVERA.
Bra. TANIA CAROLINA RÍOS TROZ.
Bra. LIDIA MARÍA ROMERO MEZA.**

TUTOR:

Dr. JOSÉ MARÍA CABEZAS LACAYO

LEÓN, NICARAGUA 28 DE SEPTIEMBRE DEL 2009.

INDICE

Agradecimiento	i
Dedicatoria	ii
Resumen	iii
I. Introducción	1
II. Justificación	2
III. Objetivos	3
IV. Marco teórico	4
IV.1 Lípidos	4
IV.2 Grasas y aceites	4
IV.1.2.1 Introducción	4
IV.1.2.2 Grasas	4
IV.1.2.3 Aceites	5
IV.1.2.4 Aceites de origen vegetal	5
IV.1.2.5 Aceites de origen animal	5
IV.1.3 Propiedades Físicas de los ácidos grasos	6
IV.1.4 Propiedades y características Químicas de las grasas y aceites	6
IV.1.4.1 Estructuras	6
IV.1.5 Hidrólisis ácidas	7
IV.1.6 Hidrólisis básica saponificación	7
IV.1.7 Reacción de adición	8
IV.1.8 Ácidos grasos	9
IV.1.8.1 Introducción	9
IV.1.8.2 Propiedades Físicas de los ácidos grasos	10
IV.1.8.3 Propiedades Químicas de los ácidos grasos	11
IV.1.9 Clasificación de los ácidos grasos	12
IV.1.9.1 Ácidos grasos saturados	13
IV.1.9.2 Ácidos grasos insaturados	14
IV.1.9.2.1 Introducción	14
IV.1.9.3 Ácidos grasos monoinsaturados	15
IV.1.9.4 Ácidos grasos polinsaturados	15
IV.1.9.5 Ácidos grasos isomericos	16
IV.1.9.6 Ácidos grasos esenciales	16
IV.1.10 Algunos ácidos grasos presentes en los alimentos	17
IV.1.10.1 Usos de los aceites y ácidos grasos en la industria	18
IV.2 Análisis de los ácidos grasos	21
IV.2.1 Método de transesterificación	22
IV.2.1.1 Transesterificación ácida	22
IV.2.1.2 Transesterificación básica	22
V. Material y equipo	24
V.1 Equipo	24
V.1.1 Otros	24
V.2 Reactivos y solventes	25
V.3 Cristalería	25

VI. Metodología	26
VI.1 Muestras analizadas	26
VI.1.1 Secado de semillas	28
VI.1.2 Extracción de los aceites de las semillas	28
VI.1.3 Obtención de los estándares metílicos	28
VI. 2 Preparación de los estándares	28
VI.3 Optimización de los parámetros	29
VII. Resultados	31
VII.1 Preparación de las curvas de calibración	31
VII.1.2 Determinación del límite de detección y cuantificación	32
VIII. Análisis de los resultados	42
IX. Conclusiones	43
X. Bibliografía	45
XII. Anexos	46

AGRADECIMIENTO

Hoy es uno de esos días en que todo es diferente, como todo un principio tiene un final, es una de esas etapas que nos encontramos en el camino y que la vida nos facilita para mejorar.

Hemos de dar gracias a DIOS por haber llegado hasta donde estamos, ya solo depende de nosotros si alcanzamos esta faceta y la culminamos con éxito para obtener logros en un futuro a corto o largo plazo, o también existe la posibilidad de la opción que muchos hasta ahora tomaron como fue de retirarse a mitad del camino para emprender hacia otros campos los cuales darán mejores resultados que este que estamos tomando los que hasta ahora nos acompañan y por supuesto YO.

Doy gracias:

A todas aquellas personas que nos rodean siempre y nos han brindado una caricia o un golpe:

Un golpe: porque a través de él reflexionamos de nuestros errores y podemos mejorar,

Una caricia: porque a través de ella nos damos cuenta que somos sensibles y podemos actuar de distintas maneras con el fin de progresar ante las debilidades.

Todos los momentos se los debemos a alguien, ya sea en las tristezas o en las alegrías. Porque nunca sabremos si estuvo mal o bien hasta comprobarlo nosotros mismos o detenernos en el tiempo y pensar como científicos, por todo ello gracias a nuestra carrera.

DEDICATORIA

A DIOS por habernos regalado la vida y así fijarnos una meta con el fin de servir a la sociedad y ser seres de gran provecho.

A nuestros padres Justina Rivera, Estrellita Troz y Ma. Lydia Meza quienes desde un principio nos inculcaron principios y valores con el fin de regalarnos una oportunidad y mostrar nuestras capacidades.

A todos nuestros maestros que día a día estuvieron a nuestro lado para darnos sus enseñanzas y regalarnos un poco de su sabiduría.

Con especial cariño y agradecimiento a nuestros seres queridos que siempre han estado allí para apoyarnos y brindarnos fortaleza Trinidad Meza- Zoila Macias (abuelitos), Ma. Luisa Martínez- Gloria Arostegui (abby y titi).

RESUMEN

Se determinó por cromatografía de gas con columna capilar la composición porcentual de ácidos grasos de los aceites extraídos de 16 semillas colectadas en el departamento de León.

Se prepararon los ésteres metílicos de los 16 aceites por transesterificación básica. Las 16 muestras de aceites se dividieron en dos bloques de 8 cada una. Uno de los bloques se transesterificó una sola vez cada muestra y se inyectaron por triplicado para determinar el nivel de confianza de los resultados cromatográficos y el segundo bloque se transesterificó cada muestra por triplicado con tiempos variables y se inyectaron una sola vez para determinar cómo los tiempos de reacción afectaban los porcentajes relativos y absolutos.

I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua es de gran importancia económica las industrias aceiteras y sus derivados, porque son productos de consumo cotidiano de la mayoría de la población.

La producción de aceite en nuestro país está en su mínima expresión a pesar de tener tanta flora de la cual podemos extraer semillas y sus aceites respectivos para utilizarlos en la elaboración de jabones, productos farmacéuticos, cosméticos, medicinas y biodiesel. La explotación de las fuentes de aceites se ha limitado a las llamadas plantas convencionales o más conocidas para este fin, es decir algodón, maíz, soya, palma africana, girasol entre otras, que son utilizadas casi exclusivamente sólo para consumo comestible.

La tecnología desarrollada en las investigaciones de aceite nos sirve de base para la realización de este tipo de trabajo cuyo propósito fundamental es encontrar alternativas inmediatas para la explotación racional de los recursos naturales existentes en nuestro país para lo cual es muy importante tener conocimientos básicos de la flora nacional que sirvan de base para el desarrollo de técnicas industriales dentro de un marco ecológico sostenible.

Los fabricantes de productos de aceites de cocina en la actualidad tienen la obligación de especificar en las etiquetas de los productos el contenido de los factores de nutrición que poseen, esto se hace para que el consumidor sepa que los aceites vegetales son preferibles a las grasas animales y se debe a que dichos aceites son ricos en ácidos grasos mono y poli insaturados una cualidad muy importante para la transformación de grasa en el organismo humano.

Este estudio está dirigido a iniciar la recopilación de datos de distintas semillas con el fin de tener información que nos brinde la utilidad de los aceites presentes en las semillas estudiadas y sus posibles usos como materia prima en la fabricación de productos grasos o sus derivados comestibles a una escala industrial.

II. JUSTIFICACIÓN

Nicaragua tiene una flora que va desde el trópico seco al trópico húmedo y esta última en particular, muy rica en biodiversidad. Adicionalmente tenemos grandes extensiones de áreas con vocación agrícola.

Usualmente las áreas cultivadas se utilizan casi exclusivamente para cultivos anuales, como la soya, maíz y maní, que demandan muchos agroquímicos y deterioran seriamente la capa de tierra fértil y el medio ambiente. Hay muy pocos cultivos en Nicaragua que sean de árboles perennes que den adicionalmente cobertura forestal y ayuden a evitar el despalle y el deterioro del medio ambiente. Los pocos ejemplos conocidos son los cultivos extensivos de cítricos y palma africana en el Departamento de Río San Juan y el cultivo fallido de Tempate en León.

Existe una búsqueda continua en Nicaragua y el mundo por encontrar cultivos que generen materias primas renovables y sostenibles que no deterioren el medio ambiente. La siembra de Palma Africana y Tempate son ejemplos que están dirigidos a producir aceites de sus semillas y frutos para utilizarlos para fines comestibles o producción de biodiesel.

La diversidad de plantas en Nicaragua que contienen semillas o frutos oleaginosos es bien grande, pero no ha sido estudiada sistemáticamente hasta el día de hoy su potencial como fuentes de aceites útiles para fines industriales, comestibles o no comestibles.

La utilidad de los aceites que se pueden extraer en Nicaragua de su flora demandan determinar el rendimiento de aceite que pueden contener y la composición porcentual de los ácidos grasos contenidos en dichos aceites. Lo anterior implica que se debe hacer un estudio sistemático del contenido de aceite y sus composiciones de toda la flora que pueda ser potencialmente útil que eventualmente nos genere una base de datos de todos los aceites que se pueden extraer en Nicaragua

III. OBETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Estudiar por cromatografía de gas con columna capilar la extracción de aceites de semillas y caracterización de las composiciones porcentuales de los mismos que sea útil para desarrollar una base de datos de los aceites que se pueden extraer en Nicaragua de su flora.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Seleccionar un método adecuado de extracción de aceites a partir de semillas.
- Determinar, en las semillas estudiadas, el rendimiento práctico de los aceites.
- Identificar y cuantificar por cromatografía de gas, los ácidos grasos saturados e insaturados presentes en los aceites transesterificados obtenidos a partir de las semillas oleaginosas.
- Determinar si los porcentajes relativos de ácidos grasos presentes en los aceites son o no dependientes de los porcentajes absolutos obtenidos después de las transesterificaciones.

IV. MARCO TEÓRICO

IV. 1 LÍPIDOS

Los **lípidos** son un conjunto de sustancias orgánicas abundantes en los seres vivos, tanto vegetales como animales. Estas sustancias tienen en común las propiedades de ser solubles en solventes orgánicos no polares tales como hexano, éter, benceno o cloroformo, insolubles en agua y menos densa que ésta. Los lípidos, según su reactividad con bases como el KOH , se clasifican en **saponificables** y **no saponificables**.

Los lípidos saponificables son los más abundantes en la naturaleza y se dividen en dos grandes grupos; simples y complejos. Las **grasas** y **aceites**, también conocidos como **triglicéridos**, son los componentes mayoritarios de los lípidos saponificables simples.

IV. 1.2 GRASAS Y ACEITES

IV. 1.2.1 Introducción

Químicamente las grasas y los aceites son ésteres glicéridos obtenidos a partir de **glicerina** y **ácidos grasos** conocidos como **triglicéridos de ácidos grasos**. La clasificación de los triglicéridos en grasas y aceites se basa exclusivamente en su estado físico a temperatura ambiente. Si son sólidos se les denomina grasas, y aceites si son líquidas.

El estado físico de los triglicéridos a temperatura ambiente, independientemente de su origen, es una consecuencia directa de la composición porcentual de los ácidos grasos saturados e insaturados presentes en las moléculas de los triglicéridos. Si predominan los saturados son sólidos o semi-sólidos (grasas) y por el contrario si los insaturados son los más abundantes, serán líquidos (aceites).

Las grasas y aceites además de ser materia prima para la elaboración de una gran variedad de productos industriales comestibles y no comestibles son también fuentes de ácidos grasos poli insaturados conocidos como esenciales. Estos deben su nombre al hecho de que el organismo humano y otros mamíferos no pueden sintetizarlos a partir de otras fuentes y los necesita para realizar tareas metabólicas vitales del organismo.

IV. 1.2.2 Grasas

La mayoría de las grasas son de origen vegetal y usualmente están acompañadas de otros lípidos como el colesterol y las vitaminas liposolubles como la vitamina E.

Usualmente las grasas animales, como la excepción de la manteca de cerdo, no se utilizan como tales para fines comestibles. Algunas grasas son de origen vegetal pero no son muy abundantes comparadas con las grasas de origen animal. Entre los pocos ejemplos conocidos está la grasa de cacao y palma.

Las grasas de origen animal tienen una gran diversidad de funciones biológicas en los seres vivos. A continuación se enumeran algunas de las más relevantes:

1. Producen energía; la metabolización de 1 g de cualquier grasa produce, por término medio, unas 9 kilocalorías de energía.
2. Forman el panículo adiposo que protege a los mamíferos contra el frío.
3. Sujetan y protegen órganos como el corazón y los riñones.
4. En algunos animales, ayuda a hacerlos flotar en el agua.

IV. 1.2.3 Aceites

Los aceites, al igual que las grasas, pueden ser de origen animal o vegetal y los más abundantes en el mercado, hoy en día, son los de fuentes vegetales.

En general, se considera más beneficioso para la salud consumir aceites vegetales que grasas animales, debido a que los aceites vegetales son más ricos en ácidos grasos insaturados cuya ausencia se asocia a enfermedades del corazón y elevación del colesterol.

IV. 1.2.4 Aceites de origen vegetal

Las fuentes industriales más abundantes de los aceites vegetales son las semillas de los frutos y los pericarpios oleaginosos. **Entre los más usados están: Soja, palma, girasol, sésamo, cacahuete, palma, oliva y canola.** Usualmente los que se utilizan para fines comestibles **son consumidos directamente o usados como ingredientes en las comidas.** Se extraen por medios mecánicos, en este método las semillas y frutos oleaginosos se someten a un proceso de prensado.

Los residuos de este prensado se aprovechan como alimento para el ganado, por ser un producto muy rico en proteínas.

Los aceites que se utilizan para fines no comestibles como la fabricación de jabones o biodiesel se extraen usualmente por métodos químicos. El método químico utiliza disolventes orgánicos no polares como el hexano, dando como resultado una extracción más exhaustiva y por ende de mejor rendimiento.

IV. 1.2.5 Aceites de origen animal

Estos aceites están distribuidos uniformemente en la carne de los peces, en particular en el pescado azul, de la cual no pueden ser separados y también se les encuentra concentrado en el hígado de algunas especies como el bacalao ²⁻³.

El aceite de hígado de bacalao es muy rico de vitaminas (A, D, E) y usualmente se suministra a los niños en fase de crecimiento.

En general los aceites de pescados son ricos en vitaminas liposolubles y ácidos grasos esenciales altamente poli insaturados de la serie omega-3 tales como los ácidos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA).

IV. 1.3 PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS GRASAS Y ACEITES

Las grasas y aceites tienen propiedades físicas en común; ambos son solubles en solventes no polares, menos densos en el agua, tienen altos puntos de ebullición y bajos puntos de fusión. Sus viscosidades son altas comparada con la mayoría de los compuestos orgánicos obtenidos de fuentes naturales.

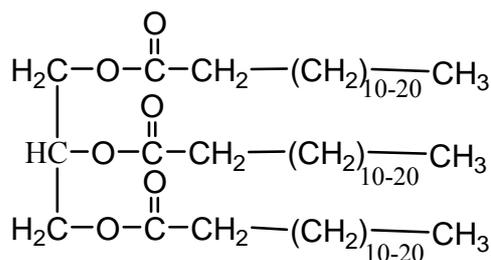
La longitud de la cadena carbonada y la cantidad de enlaces dobles de los ácidos grasos influyen en el punto de fusión de las grasas o aceites y es lo que determina que sean líquidos (aceite) o sólidos (sebo, grasa) a temperatura ambiente.

IV. 1.4 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LAS GRASAS Y ACEITES

IV. 1.4.1 Estructura

Las grasas y aceites son triglicéridos formados a partir del glicerol y ácidos grasos. Estos, los ácidos grasos, por lo general son distintos entre sí y pueden ser saturados o insaturados.

Los radicales grasos pueden ser de cadenas carbonadas desde 12 hasta 22 y 24 carbonos.



Esteres de ácidos grasos
(grasas o aceites, acilglicerido)

Figura 1.

IV. 1.5 Hidrólisis ácida

Las grasas y los aceites por ser ésteres (triglicéridos), se pueden hidrolizar en medio ácido acuoso produciendo glicerol y los ácidos grasos que le dieron origen. En condiciones apropiadas la hidrólisis da finalmente un equilibrio como el que se describe en la siguiente figura 2.

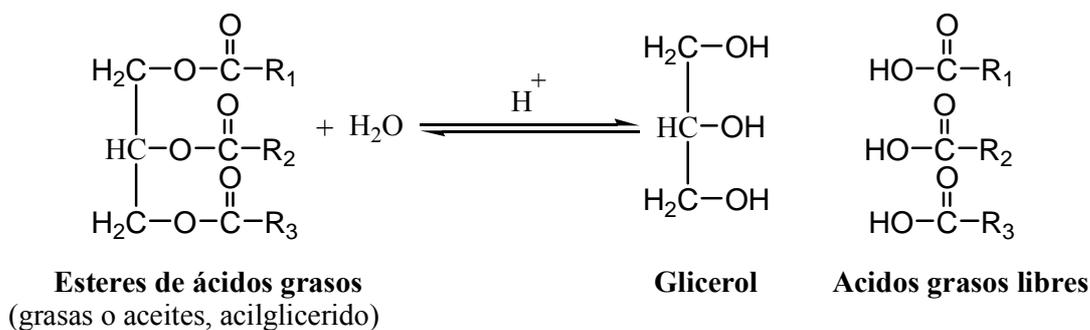


Figura 2.

Si durante la reacción de hidrólisis se le adiciona una gran cantidad de alcohol como etanol o metanol, el glicerol es sustituido por estos y da origen a un éster de ácido graso etílico o metílico como se describirá más adelante.

IV. 1.6 Hidrólisis básica: Saponificación

Las grasas reaccionan con los hidróxidos alcalinos como el KOH, originando glicerol y sales de ácidos grasos conocidos como jabones.

Esta reacción se conoce como saponificación y es un proceso irreversible como se muestra en la figura 3.

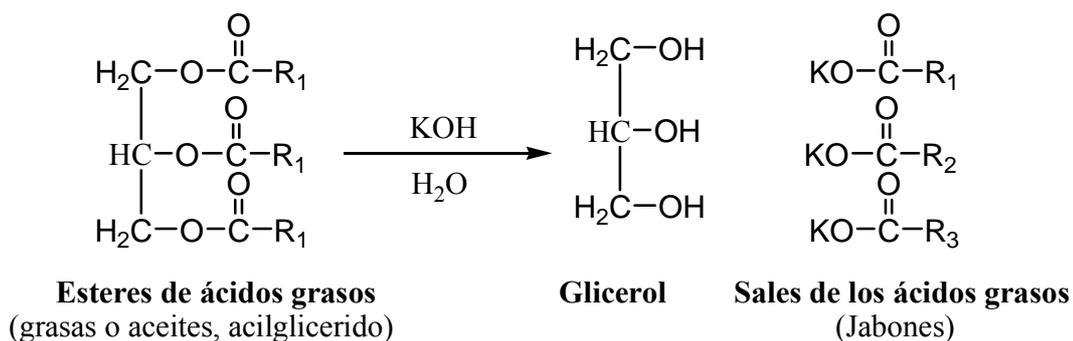


Figura 3.

Como las grasas y aceites naturales son mezclas de diferentes triglicéridos, los jabones resultan ser mezclas de sales de ácidos grasos.

IV. 1.7 Reacciones de Adición

□ **Hidrogenación:** en los aceites predominan los glicéridos formados por ácidos grasos insaturados. Estos, por hidrogenación se transforman en ácidos grasos saturados.

Este proceso transforma aceites vegetales en grasas sólidas, conocidas en el comercio con los nombres de margarinas y mantecas. También en otras ocasiones este proceso se utiliza para la obtención de grasas empleadas como materia prima en la fabricación de velas, jabones y etc. A continuación en la **figura 4** se muestra como el ácido oleico se transforma por hidrogenación en ácido esteárico.

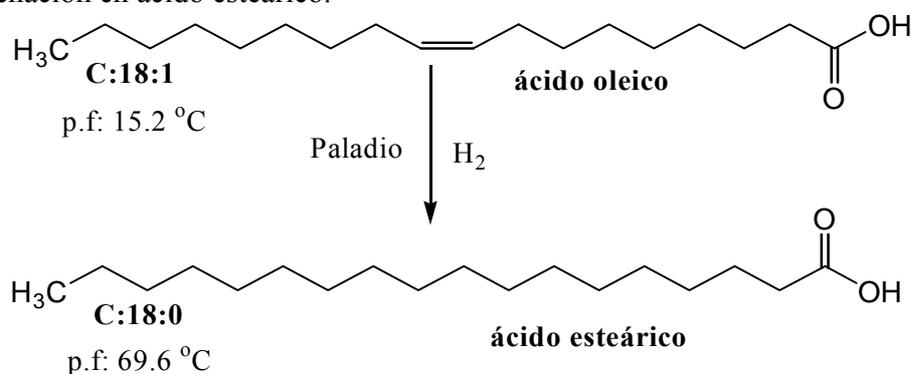


Figura 4.

□ **Adición de Yodo:** Así como el doble enlace de un ácido graso no saturado puede adicionar dos átomos de hidrógeno, también puede incorporar fácilmente a temperatura ambiente dos átomos de yodo. La cuantificación de esta adición se conoce como Índice de yodo.

De acuerdo al índice de yodo los aceites se pueden clasificar en

- No secantes: Cuando el índice de yodo es menor que 100, ejemplo: Aceite de ricino, oliva y maní.
- Semisecantes: Si el índice de yodo varía entre 100 y 140. Ejemplo aceites de maíz, soja, girasol y algodón.
- Secantes: Cuando el índice de yodo es mayor que 140. Ejemplos: Aceites de lino y tung.

Los dobles enlaces también Reaccionar fácilmente con **ácido sulfúrico** para dar sulfonatos, que se emplean frecuentemente como detergentes domésticos.

- **Oxidación**

También pueden **auto oxidarse** con el oxígeno del aire. Es una reacción espontánea en la que se producen radicales peróxido y radicales libres, muy reactivos, que provocan en conjunto el fenómeno de enranciamiento de las grasas, que resulta en la formación de una compleja mezcla de compuestos de olores desagradable.

Las grasas y los aceites arden con llama luminosa, desprendimiento de humo negro y olor característico. Se suelen utilizar para la iluminación en velas y lámparas de aceite.

- **Descomposición térmica**

Por la acción del calor suave, las grasas funden, pero si la temperatura es elevada los glicéridos se descomponen y la glicerina formada, por deshidratación, se transforma en acroleína o propenal que tiene olor desagradable.

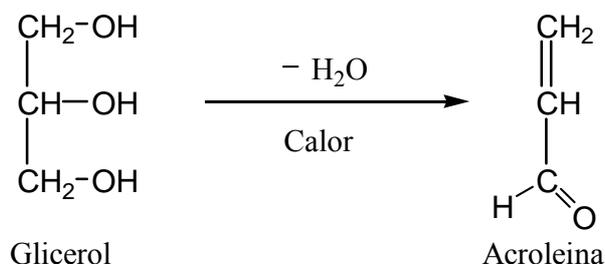


Figura 5.

IV. 1.8 ÁCIDOS GRASOS

IV. 1.8.1 Introducción

Los ácidos grasos son ácidos orgánicos que contienen un sólo grupo carboxilo (COOH) en uno de los extremos de la cadena hidrocarbonada y que se encuentran presentes en las grasas, raramente libres, y casi siempre esterificados con los grupos hidroxilos (OH) del glicerol y eventualmente a otros alcoholes superiores (ceras). Son generalmente de cadena lineal y tienen un número par de átomos de carbono. La razón de esto es que en el metabolismo de los eucariotas, las cadenas de ácidos grasos se sintetizan y se degradan mediante la adición o eliminación de unidades de acetato.

No obstante, hay excepciones, ya que se encuentran ácidos grasos de número impar de átomos de carbono en la leche y grasa de los rumiantes, procedentes del metabolismo bacteriano del rumen, y también en algunos lípidos de vegetales, que no son utilizados comúnmente para la obtención de aceites.

Los ácidos grasos libres son poco frecuentes en los alimentos, y además son generalmente producto de la alteración lipolítica. Sin embargo, son constituyentes fundamentales de la gran mayoría de los lípidos, hasta el punto de que su presencia es casi definitoria de esta clase de sustancias.

IV. 1.8.2 Propiedades físicas de los ácidos grasos.

Las propiedades físicas de los ácidos grasos vienen determinadas en gran medida por la longitud y grado de insaturación de su cadena hidrocarbonada. Entre estas propiedades cabe destacar, por su importancia biológica, dos de ellas:

1) Punto de fusión.

El punto de fusión de los ácidos grasos aumenta gradualmente con la longitud de su cadena hidrocarbonada. Cuando los ácidos grasos se solidifican sus moléculas se empaquetan formando un retículo regular en el que cada una de ellas se encuentra unida a sus vecinas mediante interacciones de *Van der Waals* entre las respectivas cadenas hidrocarbonadas.

Cuanto más largas sean dichas cadenas mayor será el número de interacciones que se podrán establecer entre ellas y, por lo tanto, más cantidad de energía térmica habrá que emplear para romperlas y pasar así del estado sólido al estado líquido, es decir, mayor será el punto de fusión.

Los ácidos grasos saturados tienen puntos de fusión significativamente mayores que los insaturados de igual número de átomos de carbono. Esto se debe a que la conformación extendida de los ácidos grasos saturados permite que sus moléculas se empaqueten muy estrechamente estableciéndose interacciones de *Van der Waals* todo a lo largo de sus cadenas hidrocarbonadas; por el contrario, los cambios de orientación existentes en las cadenas hidrocarbonadas de los ácidos grasos insaturados impiden que sus moléculas se empaqueten tan estrechamente dificultando la formación de interacciones de *Van der Waals*. Así, al existir entre las cadenas hidrocarbonadas de los ácidos grasos saturados un mayor número de interacciones de *Van der Waals*, la energía térmica necesaria para romper estas interacciones es mayor, lo que se traduce en un mayor punto de fusión.

El punto de fusión de los ácidos grasos determina el de los lípidos que los contienen. Es muy importante que determinadas estructuras lipídicas, como las membranas celulares, permanezcan fluidas, y por ello los distintos tipos de organismos deben regular la composición en ácidos grasos de sus lípidos constituyentes.

Así, en los vegetales y los animales poiquiloterms, que no mantienen una temperatura corporal constante, abundan los ácidos grasos insaturados, que tienen un punto de fusión bajo, mientras que los animales homeoterms, que mantienen una temperatura corporal constante y elevada, pueden recurrir en mayor medida a los ácidos grasos saturados sin correr el riesgo de que sus membranas "cristalicen" cuando la temperatura exterior es muy baja.

2) Comportamiento en disolución.

Los ácidos grasos son **sustancias anfipáticas** que poseen una zona hidrófila, el grupo carboxilo (-COOH) y una zona lipófila: el grupo carboxilo, que a pH 7 se encuentra ionizado, es netamente polar, mientras que la cadena hidrocarbonada es totalmente no polar. Por lo tanto, en medio acuoso los ácidos grasos tenderán a formar **micelas** y otras estructuras afines.

IV. 1.8.3 Propiedades químicas de los ácidos grasos.

a) Reacción de esterificación: El grupo ácido de los ácidos grasos puede reaccionar con los alcoholes para formar ésteres y agua.



b) Reacción de saponificación: Como se ha dicho anteriormente, con bases fuertes como la sosa (NaOH) o la potasa (KOH), dan las correspondientes sales sódicas o potásicas del ácido graso que reciben el nombre de jabones. La reacción se describe a continuación:

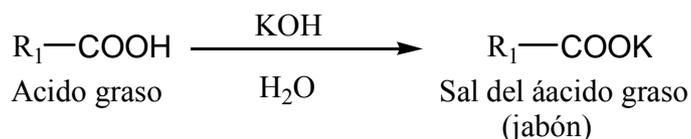


Figura 6.

Las moléculas de la sales de sodio de los ácidos grasos, o sea, los jabones presentan acciones limpiantes debido a sus estructuras química; las mismas son largas cadenas de hidrocarburos que presentan un enlace iónico entre el anión carboxilato y el sodio, lo que le proporciona un carácter hidrófilo (afinidad por el agua).

Como resultado el anión se disuelve en agua, sin embargo la cadena hidrocarbonada es no polar y por tanto hidrófoba (no tiene afinidad por el agua), estos dos efectos contrarios hacen que el jabón sea atraído por las grasas y por el agua y dice de su acción limpiante.

Las partículas del jabón son suspendidas en el agua formando micelas de 50 a 150 moléculas, donde las cadenas hidrocarbonadas se ordenan y el grupo funcional queda expuesto al agua, como se muestra en la figura 7.

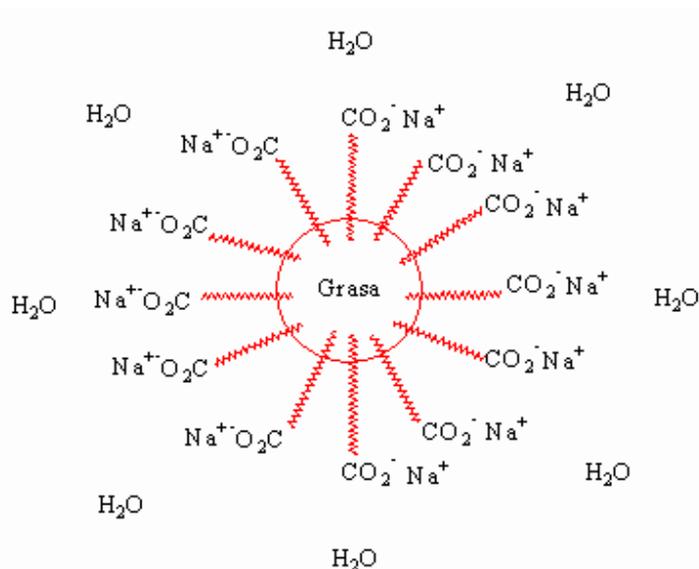


Figura 7.

El jabón actúa como un surfactante disminuyendo la tensión superficial del agua, su acción se debe a que las cadenas de hidrocarburo de las moléculas del jabón se disuelven en sustancias poco polares, tales como gotitas de aceite o grasa y la parte iónica de la molécula es atraída por el agua.

IV. 1.9 CLASIFICACION DE LOS ÁCIDOS GRASOS.

Según la naturaleza de la cadena hidrocarbonada, distinguimos dos grandes grupos de ácidos grasos:

- **ácidos grasos saturados**
- **ácidos grasos insaturados**

Se diferencian entre sí por la ausencia o presencia de insaturaciones y la longitud de la cadena hidrocarbonada, presentando así dobles enlaces entre carbono-carbono ($\text{C}=\text{C}$).

Donde a su vez los insaturados se dividen en dos, mono y poliinsaturados. En los poliinsaturados se encuentran los que el cuerpo humano no puede sintetizar como los ácidos linoleico y Linolénico, los cuales se conocen también como ácidos grasos esenciales.

IV. 1.9.1 ÁCIDOS GRASOS SATURADOS

Desde el punto de vista químico, son muy poco reactivos. Por lo general, contienen un número par de átomos de carbono. En la nomenclatura de los ácidos grasos se utilizan con más frecuencia los **nombres triviales** que los sistemáticos. La **nomenclatura abreviada** es muy útil para nombrar los ácidos grasos. Consiste en una C, seguida de dos números, separados por dos puntos. El primer número indica la longitud de la cadena hidrocarbonada, mientras que el segundo indica el número de dobles enlaces que contiene.

Los ácidos grasos saturados más abundantes son el **palmítico** (hexadecanoico, o C16:0) y el **esteárico** (octadecanoico, o C18:0). Los ácidos grasos saturados de menos de 10 átomos de C son líquidos a temperatura ambiente y parcialmente solubles en agua. A partir de 12 C, son sólidos y prácticamente insolubles en agua. En estado sólido, los ácidos grasos saturados adoptan la conformación alternada todo-anti, que da un máximo de simetría al cristal, por lo que los puntos de fusión son elevados. **El punto de fusión aumenta con la longitud de la cadena.**

Los ácidos grasos saturados son aquellos con la cadena hidrocarbonada repleta de hidrógenos, por lo tanto no tienen ningún enlace covalente doble en su estructura. Además, sólo tienen enlaces simples entre sus átomos de carbono, y sus cadenas hidrocarbonadas son lineales. Los ácidos grasos saturados son más comunes en los animales.



Figura 8. Ácido Palmítico

Los ácidos grasos saturados más comunes son los de 14, 16 y 18 átomos de carbono. Se encuentran en todas las grasas y aceites y aunque se encuentran principalmente en la grasa animal existen también productos vegetales saturados como la manteca de cacao y el aceite de palma, cacahuete y coco.

Los ácidos grasos saturados a destacar son: ácido esteárico, que se encuentra en las carnes rojas, mantequilla, y crema de cacao; ácido palmítico, en el coco y la palma; ácido butírico, en la mantequilla; y ácido araquídico, en los cacahuetes.

IV. 1.9.2 ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS

IV. 1.9.2.1 Introducción

Con mucha frecuencia, aparecen insaturaciones en los ácidos grasos, mayoritariamente en forma de **dobles enlaces**, aunque se han encontrado algunos con **triples enlaces**. Cuando hay varios dobles enlaces en la misma cadena, estos **no aparecen conjugados** (alternados), sino cada tres átomos de carbono. En la **nomenclatura abreviada**, se indica la longitud de la cadena y el número de dobles enlaces. La posición de los dobles enlaces se indica como un superíndice en el segundo número. Así, el **ácido oleico** (9-octadecenoico) se representa como C18:1⁹, y el **linoléico** (9,12-octadecadienoico) como C18:2^{9,12}, y el **linolénico** (9, 12,15-octadecatrienoico) como C18:3^{9, 12,15}

Los ácidos grasos insaturados manifiestan las **propiedades inherentes al doble enlace**. Los dobles enlaces pueden **adicionar hidrógeno**. La hidrogenación catalítica (completa) de los ácidos grasos insaturados constituye la base de la transformación industrial de aceites en grasas sólidas (la margarina es el resultado de la hidrogenación de aceites vegetales).

Por lo general, las insaturaciones de los ácidos grasos son del tipo *cis*. Esto hace que la disposición de la molécula sea angulada, en el vértice en la insaturación.

Esta angulación hace que los puntos de fusión de las ácidos insaturados sean más bajos que los de sus homólogos saturados. Los dobles enlaces en *trans* distorsionan poco la simetría cristalina, que es muy parecida a la de los ácidos grasos saturados.

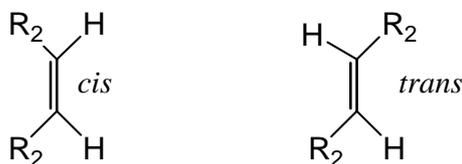


Figura 9.

Dentro de esta clasificación entran los ácidos monoinsaturados y los poliinsaturados. Estos provienen en general del reino vegetal (a excepción del pescado que es muy rico en poliinsaturados) son líquidos a la temperatura ambiente y su consumo está asociada con mayores niveles de colesterol bueno.

Algunos ácidos grasos poliinsaturados como el linoléico, Linolénico y araquidónico no pueden ser sintetizados por los humanos al igual que todos los animales superiores, y como su función biológica es fundamental, deben ser suministrados en la dieta. Por este motivo reciben el nombre de **ácidos grasos esenciales** y están presentes en algunos aceites vegetales como el de girasol y en las grasas de ciertos peces como el pescado azul.

El ácido graso poliinsaturados más frecuente es el ácido linoléico presente en altas proporciones en el aceite de girasol y en el de uva.

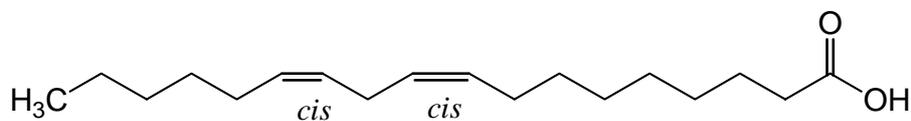


Figura 10. Ácido Linoléico C:18:2

IV. 1.9.3 ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS

Los ácidos grasos monoinsaturados son aquellos ácidos de cadena carbonada par y extensa que poseen una sola insaturación en su estructura, es decir, poseen una unión doble enlace carbono-carbono.

En estos ácidos los 2 átomos de carbono situados de forma consecutiva están unidos a un solo átomo de hidrógeno. Con lo cual al ser “insaturados” son capaces de fijar más hidrógeno.

El mejor representante de esta familia es el ácido oleico, llamado comúnmente omega 9, presente principalmente en el aceite de oliva (54 a 80%). Esto lo convierte en el aceite más adecuado para las frituras por dos motivos fundamentales: es el más resistente a la descomposición química que provocan las altas temperaturas y es poco absorbido por la superficie de los alimentos que se fríen en él, lo que aumenta la digestibilidad de éstos y disminuye su valor calórico final.

IV. 1.9.4 ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS

Estos ácidos poseen dos o más pares de átomos de carbono “insaturados” y cuentan con el beneficio de disminuir el colesterol total y la concentración de LDL (colesterol malo). Pero estas grasas tienen el inconveniente de que se oxidan con facilidad, interviniendo en procesos de formación de radicales libres que son nocivos para la salud. Aunque el organismo puede inactivar tales procesos por medio de sustancias antioxidantes, no es prudente abusar de las grasas poliinsaturadas. Por esta razón, se recomienda que su consumo sea de 3 a 7% del total de la grasa, sin sobrepasar nunca el 10%.

Los ácidos grasos poliinsaturados más frecuentes pertenecen a las series n-6 y n-3, que tienen como cabezas respectivas al ácido linoléico (18:2 n-6) y al Linolénico (18:3 n-3). Estos dos ácidos grasos son esenciales, es decir, no pueden sintetizarse en el organismo, y deben obtenerse de la dieta.

IV. 1.9.5 ÁCIDOS GRASOS ISOMÉRICOS

A menudo, los aceites vegetales insaturados se hidrogenan parcialmente para producir grasas más sólidas, más plásticas o más estables. En este proceso se generan distintos isómeros en *cis* y en *trans*. A diferencia del ácido oleico, los isómeros en *trans* procedentes de aceites vegetales parcialmente hidrogenados tienden a elevar los niveles séricos de LDL (lípidos de baja densidad) y a reducir los de HDL (lípidos de alta densidad).

IV. 1.9.6 ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES (AGE)

Son ácidos grasos poliinsaturados que el organismo humano no puede producir internamente a partir de otras fuentes. Dentro de éstos tenemos a los ácidos grasos del tipo omega 3 y omega 6. Esta clasificación se basa en la posición del primer doble enlace a partir de la posición omega (carbono terminal).

Se encuentran muy frecuentemente presentes en los aceites poliinsaturados son básicos para un mejor desarrollo de las actividades metabólicas por sus beneficios para disfrutar de una buena salud en el ser humano.

Entre los precursores más conocidos de los omegas se encuentran el ácido linoléico de la familia de los Omega 6 (aceite de girasol, maíz, soja, sésamo, cáñamo, onagra, borraja, semilla de grosella) y el ácido alfa-Linolénico de la familia de los Omega 3 (aceite de lino, soja, calabaza, nueces, vegetales de hoja verde y pescado

Se ha demostrado experimentalmente que el consumo de grandes cantidades de omega-3 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.²

Altas cantidades podrían disminuir los efectos de la depresión⁵ e incluso grupos de niños en edad escolar aumentaron notablemente su rendimiento después de ingerir pastillas con aceite de pescado (rico en omega-3). El omega-3 es un complemento añadido a ciertos alimentos enriquecidos artificialmente con omega-3, como puede ser la leche, la leche de soja, los huevos, etc.

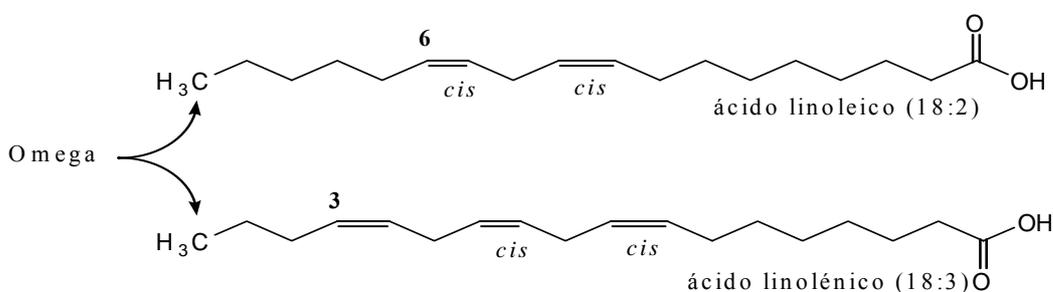


Figura 11. Estructura de dos AGE

IV. 1.10 ALGUNOS ÁCIDOS GRASOS PRESENTES EN LOS ALIMENTOS

Nombre Común	Nombre sistemático	Abreviatura	Familia de ácido graso
Cáprico	Decanoico	10:0	
Láurico	Dodecanoico	12:0	
Mirístico	Tetradecanoico	14:0	
palmitico	Hexadecanoico	16:0	
Esteárico	Octadecanoico	18:0	
Araquídico	Eicosanoico	20:0	
Behénico	Docosanoico	22:0	
Lignocérico	Tetracosanoico	24:0	
Palmitoleico	9-hexadecenoico	16:1	n-7
Oleico	9-octadecenoico	18:1	n-9
Gadoleico	11-eicosaenoico	20:1	n-9
Cetoleico	11-docasaenoico	22:1	n-11
Erúxico	13-docasaenoico	22:1	n-9
Nervónico	15-tetracosanoico	24:1	n-9
Linoleico	9,12-octadecadienoico	18:2	n-6
α -linolénico	9,12,15-octadecatrienoico	18:3	n-3
γ -linolénico	6,9,12-octadecatrienoico	18:3	n-6
Dihomo- γ - Linolénico	8,11,14-eicosatrienoico	20:3	n-6
	5,8,11-eicosatrienoico	20:3	n-9
Araquidónico	5,8,11,14-eicosatetraenoico	20:4	n-6
AEP	5,8,11,14,17- eicosapentaenoico	20:5	n-3
Adrénico	7,10,13,16-docosatetraenoico	22:4	n-6
	7,10,13,16,19- docosapentaenoico	22:5	n-3
ADP	4,7,10,13,16- docosapentaenoico	22:5	n-6
ADH	4,7,10,13,16,19- docosaheptaenoico	22:6	n-3

IV. 1.10.1 USOS DE LOS ACEITES Y ÁCIDOS GRASOS EN LA INDUSTRIA

1. USOS MÁS COMUNES DE LOS ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos se utilizan para fabricar detergentes biodegradables, jabones, biodiesel, lubricantes y espesantes para pinturas. Los ácidos grasos se utilizan también en productos plásticos, como los recubrimientos para madera y metal, y en los automóviles, desde el alojamiento del filtro de aire hasta la tapicería. Otros usos conocidos de los ácidos grasos son en la flotación de menas y la fabricación de desinfectantes, secadores de barniz y estabilizadores de calor para las resinas de vinilo.

2. ELABORACIÓN DEL BODIESEL

El biodiesel es un biocombustible renovable compuesto por ésteres metílicos o etílicos de ácidos grasos de cadena larga; producido a partir de aceites vegetales ó grasas animales. Es un líquido casi incoloro que tiene propiedades similares al diesel obtenido en base al petróleo que son una alternativa viable para sustituir a las gasolinas y gasóleos. En el caso de que los ésteres que componen el biodiesel sean metílicos, se denominan usualmente como FAME, que son las siglas de los ésteres metílicos de ácidos grasos en inglés (**Fatty Acid Methyl Ester**). Se obtiene en la reacción química del metanol con aceites vegetales (colza, girasol, soja, palma). No contiene azufre y, respecto al diesel derivado del petróleo, disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂), de monóxido de carbono (CO), de partículas móviles (PM) y de otros productos contaminantes.

En la siguiente reacción se muestra la reacción general de su obtención:



Tabla 1. Principales materias primas para la producción de biodiesel.

ACEITES CONVENCIONALES	ACEITES VEGETALES ALTERNATIVOS	OTRAS FUENTES
Girasol	Brassica carinata	Aceite de semillas modificadas genéticamente
Colza	Cynara cardunculus	Grasas animales (sebo de vaca y búfalo)
Coco	Camelina sativa	Aceites de microalgas
Soja	Crambe abyssinica	Aceite de producciones microbianas
Palma	Pogonius	Aceites de fritura

Ejemplos de la utilización de aceites vegetales para producir biodiesel son el tártago (Higuera en Nicaragua) y el tempate que son plantas originarias de África y América respectivamente. Ambos aceites no son comestibles y son muy aptos para la elaboración de biocombustible. Otros aceites no comestibles y comestibles como el aceite de palma y girasol se utilizan también en la elaboración de biodiesel.

3. ELABORACIÓN DE PINTURAS, GOMAS Y BARNICES

El aceite de linaza es un aceite “secante”, es decir, se oxida con mucha facilidad, dando un barniz transparente, por lo que se emplea desde hace siglos en pintura artística. Aunque ocasionalmente, se ha utilizado en alimentación, y se vende regularmente como suplemento dietético en algunos países.

4. ELABORACIÓN DE JABONES

Los jabones son las sales de los ácidos grasos y se producen por saponificación de los triglicéridos con álcalis, normalmente, hidróxido sódico y potásico.

Las materias primas más importantes para fabricar jabón son el sebo y el aceite de coco. Se emplean también otros materiales como el aceite de palma y aceite de palmiste, otro que puede utilizarse en la fabricación de los jabones es la manteca de semilla de mango además de que sirve como un sustituto de la manteca de cacao. Si es preciso, los aceites pueden tratarse antes de la saponificación, por ejemplo, decolorarse con tierra de batán para eliminar impurezas coloreadas o, en el caso de aceites con un elevado contenido en triglicéridos no saturados, hidrogenarse parcialmente para mejorar el color y la estabilidad.

5. USOS COTIDIANOS COMO LA ELABORACIÓN DE LAS COMIDAS

Generalmente se utilizan los aceites de origen vegetal para la elaboración de las comidas y/o aderezar las ensaladas, estos son muy ricos en ácidos grasos insaturados y también son fuentes de vitaminas como es el caso del aceite de girasol; que contiene vitamina E.

Otros que se utilizan a diario por sus características saludables son el aceite de maíz, aceite de oliva, este último tiene propiedades especialmente beneficiosas para la salud del cual existen diversas variedades: virgen, extra virgen, de oliva y de orujo. Este aceite comestible tiene el contenido más alto en vitamina E, entre las cualidades del aceite de oliva virgen están el ser un regulador del colesterol y prevenir así la arteriosclerosis.

6. ELABORACIÓN DE MARGARINAS Y MANTEQUILLAS

Mantequilla y margarina son grasas diferentes y no se puede decir que una sea mejor que otra, si bien es cierto que las margarinas de alto contenido en grasas insaturadas son más recomendables que la mantequilla dentro de una dieta de control de colesterol.

Aceites y grasas de origen vegetal constituyen la materia prima de las margarinas. Las margarinas tienen también grasas saturadas, pero menos que la manteca y no contienen colesterol. Las más adecuadas son aquellas que contienen en menor proporción grasas "trans" e hidrogenadas. La margarina rica en fitosteroles está indicada para las personas con problemas de colesterol alto en la sangre.

Un ejemplo de estos aceites es el aceite de sésamo en el que el ácido graso predominante es el linoléico (alrededor del 45%) seguido del oleico (40%) y pequeñas cantidades de ácido palmítico (10%) y esteárico. El aceite de sésamo es relativamente resistente a la oxidación, más de lo que podría esperarse dado su alto grado de insaturación, debido a la presencia de antioxidantes naturales, como el sesamol.

7. ELABORACIÓN DE PRODUCTOS COSMETOLOGICOS

Desde hace tiempo que se conocen las cualidades de muchos ácidos grasos y otros componentes presentes en los aceites vegetales, cabe destacar la gran cantidad de principios activos que estos contienen y se han identificado en las semillas oleaginosas. Muchos de estos componentes se encuentran todavía en el aceite de cocina o de ensalada, mientras que otros desaparecen parcial o completamente durante el proceso de refinado.

Estos aceites vegetales contienen ácidos grasos insaturados, los cuales son materias de gran poder emoliente y rápida absorción, con propiedades dermatológicas comprobadas. Tienen una excelente afinidad con la piel y no son oclusivos ni comedogénicos.

Un ejemplo de estos usos es el aceite de aguacate (*Persea gratissima*) que se utiliza como un aceite "sofisticado" para aderezo de ensaladas, elaboración de cremas, shampoo, mascarillas para el rostro, aceites para masajes relajantes, etc. Otro aceite que se utiliza en esta área es el de linaza para la elaboración de cremas exfoliantes.

8. ELABORACIÓN DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS

Las distintas utilidades que presentan los aceites vegetales han despertado un gran interés en los investigadores expertos de este campo debido a la composición fenólica y actividad antioxidante asociada que estos presentan.

Entre los fenoles a destacar se han detectado hidroxitirosol en aceites de oliva, resveratrol en aceites de frutos secos o sesamol en aceite de semillas de sésamo. Cabe destacar que algunas propiedades de los aceites sirven en la elaboración de jarabes.

9. CERAS

Las ceras se obtienen dentro de los panales de cera que las abejas construyen, es una sustancia grasa secretada por glándulas cereras de las abejas obreras jóvenes. La cera de abeja que recubren las celdas, se denomina cera de opérculo y es la más apreciada.

Se ha utilizado tradicionalmente para hacer velas para alumbrado de gran calidad; para encerar maderas, papel, telas y cuero, como conservante e impermeabilizante; con todo lo que se desprende de eso. Desde la construcción de una cerilla para encender el fuego, hasta de un cartucho o munición en la industria militar. Utilizada como material dieléctrico en virtud que es aislante.

En cosmética, en forma de cremas o de ungüentos, debido a las propiedades antiinflamatorias y cicatrizantes de muchos de sus componentes. Otra aplicación cosmética es como depilatorio, ya que el vello se adhiere a ella y es más fácil de retirar, aunque doloroso.

En el arte es la técnica de pintura conocida como encáustica utilizada desde los romano y posiblemente tomada de Egipto donde la utilizaban para confeccionar mascararas, o efigies de los faraones. En la era industrial se le utilizó para la confección de figuras en los famosos Museos de cera que observamos en todo el mundo

En la fundición es utilizada para la construcción de moldes y vaciados, tanto en forma positiva como negativa. Técnica denominada microfusión la temperatura de fusión de la cera es de unos 80° Celsius aproximadamente.

IV. 2 ANÁLISIS DE ÁCIDOS GRASOS

En la actualidad la técnica de cromatografía de gas con columna capilar es la más usada para estas determinaciones. En este proceso los ácidos grasos son convertidos en una forma más volátil tal como sus esteres metílicos y transportados por un gas inerte generalmente Helio, Nitrógeno u otro gas como el Hidrogeno (fase móvil) a través de la columna.

Para la partición de la mezcla vaporizada de esteres metílicos entre la fase gaseosa móvil y la fase liquida estacionaria se utiliza una capa de poliéster de punto de fusión elevado o un polímero de silicón depositado sobre partícula de tierra de diatomeas o sobre la superficie interior de un tubo capilar (columna) calentado.

Los esteres metílicos de los diversos ácidos grasos se distribuyen entre la fase gaseosa móvil y la fase liquida estacionaria, de acuerdo con sus coeficientes de reparto líquido-gas característico. Los esteres metílicos separados que eluyen de la columna en forma de picos se pueden detectar por una gran variedad de detectores de gran sensibilidad. Cada pico corresponde a un ácido graso y el área o la altura es proporcional a su cantidad. Entre los detectores más usados se encuentra el de Ionización de llamas (**FID**).

La identificación cualitativa de un componente se basa en la comparación con respecto a un estándar conocido de los tiempos de retención o tiempo necesario para que sus picos aparezcan al final de la columna, ya que cada uno de los componentes tiene un tiempo de retención propio. El análisis cuantitativo es ligeramente más complejo y se basa en el cálculo de las áreas o altura de los picos. Las medidas de la superficie de los picos se pueden hacer por cálculos geométricos o integraciones manuales o mecánicas, electromecánicas o electrónicas.

Los datos cuantitativos se obtienen a partir de la superficie o alturas de los picos que serán mayores cuantos mayores sea la concentración del componente.

IV. 2.1 MÉTODOS DE TRANSESTERIFICACIÓN

La transesterificación es la sustitución del resto alcohólico de un éster por otro alcohol en el seno de la reacción. Se utiliza para redistribuir los radicales de ácidos grasos de ciertos glicéridos, con objeto de adaptar sus propiedades físicas a determinados usos específicos. Esta reacción es de mucha importancia para preparar directamente a partir de una grasa ésteres metílicos o etílicos. Estos ésteres que son mucho más volátiles que la grasa y ácidos grasos libres, son muy útiles en la determinación de la composición de los ácidos grasos de los aceites por cromatografía de gases.

La transesterificación de los aceites se puede llevar a cabo en medio ácido o básico lo que demanda diferente calidad de los aceites y condiciones de reacción.

IV. 2.1.1 TRANSESTERIFICACION ACIDA.

En la reacción de transesterificación ácida se utiliza un catalizador para mejorar la velocidad de reacción y el rendimiento final. Los catalizadores más usados son los ácidos sulfúrico (H_2SO_4), clorhídrico (HCl) y fosfórico (H_3PO_4). El uso de catalizadores ácidos demanda condiciones de reacción severas tales como temperaturas elevadas y tiempos de reacción largos.

La reacción de transesterificación ácida para preparar **FAME** se describe a continuación:

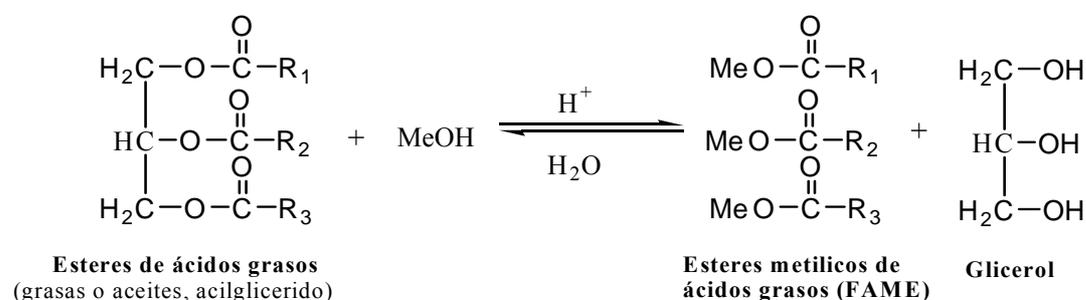


Figura 12.

IV. 2.1.2 TRANSESTERIFICACION BASICA.

La transesterificación, como se mencionó anteriormente, también se puede realizar en medio básico. Usualmente se realiza en un medio heterogéneo tal como hexano y una solución alcohólica básica. No puede realizarse en presencia de un porcentaje alto de ácidos grasos libres y la razón de ello radica en que los ácidos grasos libres forman jabón en medio básico e impiden la separación de la capa acuosa de la capa orgánica no polar.

Lo anterior implica que los esteres metílicos no polares que deberían permanecer en la capa orgánica por afinidades de polaridad no pueden ser separados de la mezcla de reacción, por otro lado un porcentaje alto de ácidos grasos libres en un aceite no afecta la separación de capas cuando la transesterificación se realiza en un medio ácido acuoso y hexano.

Este hecho se debe a que en medio ácido no hay formación de jabones que hagan miscibles las dos fases y además a que los ácidos libres también se esterifican sin problemas, en un medio ácido.

La reacción de transesterificación en medio básico no acuoso se describe a continuación:

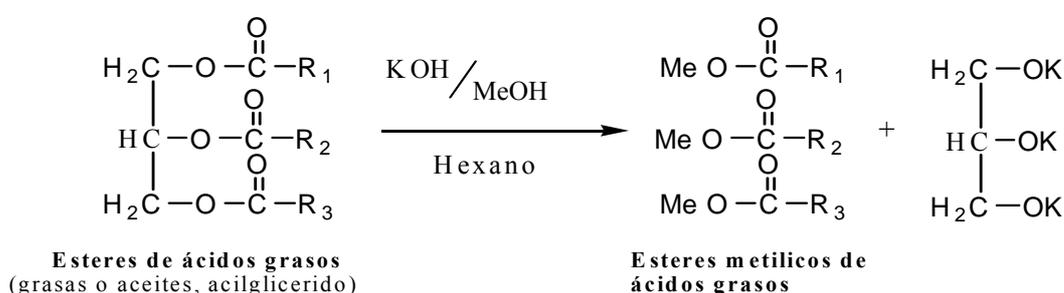


Figura 13.

V. MATERIAL Y EQUIPO

v. 1 EQUIPOS

- **BALANZA ANALITICA**
Sartorio GMBH Goltingen
Type: AC2105
Fab. Nr 40120235

- **AGITADOR MAGNETICO VORTEX GENIE MIXER.**
Modelo: 9667
Serie: 8223
Scientific products
115 volts. 60 cycles, ACO.5 amp

- **CROMATOGRAFO DE GAS.**
Marca: Hewlett Parckrd (HP)
5890 serie II L
Detector FID

- **COLUMNA CAPILAR.**
HP-225, 25m x 0.20mm x 0.2um
Fase estacionaria: 50% (CNPrPhMeSilonane).

- **GENERADOR DE HIDROGENO.**
Marca: Whatman
Modelo: 75-34-220-V452

- **CILINDRO DE NITROGENO**
Producto Del Aire
(Alta pureza)

V. 1.1 OTROS.

Micro jeringas de 1ul, 50ul, 250ul, 500ul

V. 2 REACTIVOS Y SOLVENTE.

Nombre.	Casa comercial.
➤ Hexano GR	FISHER.
➤ Metanol	MERCK.
➤ Hidróxido de sodio (KOH)	MERCK.
➤ Sulfato de sodio ₄	BAKER ANALYZED REAGENT.

Tabla N° 1. Estándares utilizados en los análisis

Estándares (FAME)	Pureza	Casa Comercial
Ester metílico de ácido láurico(C:12:0)	98.5%	Dr.Ehrenstorfer GmbH
Ester metílico de ácido mirístico(C:14:0)	99.5%	Dr.Ehrenstorfer GmbH
Ester metílico de ácido palmítico(C:16:0)	99.5%	Dr.Ehrenstorfer GmbH
Ester metílico de ácido esteárico(C:18:0)	99.5%	Dr.Ehrenstorfer GmbH
Ester metílico de ácido oleico(C:18:1)	99.0%	Dr.Ehrenstorfer GmbH
Ester metílico de ácido linoléico(C:18:2)	99.5%	Dr.Ehrenstorfer GmbH
Ester metílico de ácido linolénico(C:18:3)	10 ppm	Dr.Ehrenstorfer GmbH

V. 3 CRISTALERIA.

- Equipo de Destilación
- Embudos
- Beakeres
- Termómetro
- Espátula
- Pipetas de 1ml, 10ml

VI. METODOLOGIA

VI.1 MUESTRAS ANALIZADAS

Sé seleccionaron 16 semillas de plantas de diferentes géneros que crecen en Nicaragua. Todas se colectaron de Febrero a Marzo del 2008 en el Municipio de León. El criterio de selección fue al azar y en base también a su disponibilidad en el momento de la colecta. En la siguiente tabla se muestran las plantas analizadas y en los anexos sus principales características botánicas.

Tabla N° 2. Plantas utilizadas para extraer los aceites

Nombre Común	Nombre Científico	Lugar de Colecta	Observaciones
Sacuanjoche	Plumeria Rubra L.	Fundeci I etapa	
Marango	Moringa Oleífera Lam.	Vivero biológico ambiental el Pochote UNAN-León	
Catapanza	Passiflora Foetida	Río San Pedro	
Guapinol	Hymenaea Gourbonil	Río el limón.	
Comida de Culebra	Rauvolfia Tetraphylla	Vivero biológico ambiental el Pochote UNAN-León	
Burrio ó Peine de mico	Pithecoctenium Crucigerum	-	Aceites suplidos por el profesor. Árbol
Chiltoma	Capsicum Frutescens L.	León	Aceites suplidos por el profesor. Arbusto
Chan	Hyptis Suaveolens	León	Aceites suplidos por el profesor.
Genízaro	Albizia-Saman	Laderas del fortín, león	
Madreado	Gliricidia Sepun	Río San Pedro.	
Fruta de Pan	Artocarpus Altilis	Río el limón.	
Ojo de Buey	Mucuna Urens	Traídas de salinas grandes. (vendedoras)	
Guanacaste	Enterolobium Cyclocarpum	Laderas del fortín, león	
Sardinillo	Tecoma Stans	Vivero Santa Isabel. (entrada al chagüe)	
Llamarada del Bosque	Spathodea Campanulata	Fundeci I etapa	
Talchocote	Simuouba Amoral ó gluca	Río San pedro.	

Las semillas de las plantas seleccionadas se secaron y extrajeron con hexano para obtener los aceites y se calcularon los rendimientos prácticos de aceites en cada una de las semillas

Se utilizó el método de transesterificación básico descrito en la tesis de Méndez y_Herrera² para preparar todos los esteres metílicos de los aceites extraídos y los suplidos por el profesor.

Para determinar la reproducibilidad de los datos de las transesterificaciones 8 de las muestras se transesterificaron por triplicado bajo las mismas condiciones y se inyectaron solo una vez al cromatógrafo, los valores absolutos se promediaron y se utilizaron para calcular los porcentajes relativos.

Para determinar si los porcentajes relativos de los ácidos grasos se afectaban dependiendo de los porcentajes absolutos de los ésteres metílicos de los ácidos grasos presentes en cada una de las muestras y si estos porcentajes absolutos eran dependientes de los tiempos de transesterificación, se transesterificaron por triplicado ocho (8) de las muestras siguiendo el mismo método básico pero con tres diferentes tiempos de transesterificación. Las muestras transesterificadas se inyectaron solo una vez al cromatógrafo y los datos absolutos obtenidos de cada una de ellas se utilizaron para calcular los porcentajes relativos y posteriormente los porcentajes relativos se promediaron para calcular los valores promedios del lote

Previo al análisis de los ésteres metílicos por cromatografía de gases se optimizaron los parámetros de separación e identificación y se prepararon las curvas de calibración respectivas para cada uno de los siete estándares seleccionados.

Se seleccionaron para el estudio de la composición de los ácidos grasos aquellos que son usualmente los más abundantes en los aceites vegetales como se muestra a continuación.

Ácidos Grasos Saturados	Ácidos Grasos Insaturados
Ácido Láurico (C:12:0)	Ácido Oleico (C:18:1)
Ácido Mirístico (C:14:0)	Ácido Linoléico (C:18:2)
Ácido Palmítico (C:16:0)	Ácido Linolénico (C:18:3)
Ácido Esteárico (C:18:0)	

VI. 1.1 Secado de las semillas

Previo a la extracción de los aceites las semillas fueron secadas por 48 horas al sol, luego se molieron en un pequeño molino, se pesaron y después, se dejaron en un desecador al vacío hasta peso constante y se dejaron en él hasta el momento en que se realizó la extracción.

VI. 1.2 Extracción de los aceites de las semillas

Se adiciono una cantidad pesada de cada una de las distintas semillas en unos cartuchos o dedales y extrajeron un equipo de extracción Soxhlet con 230 ml de hexano bidestilado por 5 horas. Una vez extraído el aceite de las semillas se retira el balón de destilación que contenía la mezcla de aceite-hexano. Esta mezcla se transfirió a un balón tarado y se evaporó el hexano en un rotavapor para calcular el % de rendimiento de los aceites.

VI. 1.3 Obtención de los esteres metílicos

Para las primeras 8 muestras se pesaron 4 gotas de aceite en un vial y se le adicionaron 0.5 ml de KOH/MeOH 2M y 0.8 ml de hexano. Se agito el frasco previamente cerrado con una tapa provista de sello de teflón por periodos de 10 min. En un vibrador (vortex) y se dejo en reposo por 6 minutos a temperatura ambiente para permitir la separación de las capas. Se tomaron 0.3 ml de fase superior y se transfirieron a otro frasco que contenía 1 g. de sulfato de sodio anhidro. Se adicionaron al frasco 4 ml de hexano sin remover el sulfato de sodio anhidro, se agito y se dejo en reposo. La solución sobrenadante se inyecto sin posterior tratamiento al cromatógrafo para el análisis. El mismo procedimiento se utilizó para preparar las segundas 8 muestras pero variando únicamente los tiempos de agitación a 10, 20 y 30 minutos.

VI. 2 PREPARACIÓN DE LOS ESTANDARES

Se prepararon soluciones de trabajo a partir de soluciones madres. Las soluciones de trabajo se utilizaron para preparar las diluciones necesarias tanto de los estándares individuales como de las mezclas de estándares necesarios para determinar el orden de elusión y preparación de las curvas de calibración.

A continuación en la tabla se muestran las concentraciones de las soluciones de trabajo ya preparadas.

Tabla N° 3. Concentraciones de las soluciones madres y de trabajo

ÉSTERES METÍLICOS	CONC. DE LAS SOLUCIONES MADRES (PPM)	CONC. DE LAS SOLUCIONES DE TRABAJO (PPM)
Láurico C:12:0	41,632	4163.2
Mirístico C:14:0	39,601	3960.1
Palmítico C:16:0	26,5068	2650.68
Esteárico C:18:0	36,98614	3698.614
Oleico C:18:1	16,948.8	1694.88
Linoléico C:18:2	17,865.936	1786.5936
Linolénico C:18:3	31,600	3160

VI. 3 OPTIMIZACION DE LOS PARAMETROS

Se decidió hacer una curva de calibración con sólo tres niveles para cada uno de los siete estándares seleccionados. Previo a la preparación de la curva y optimización de los parámetros cromatográficos se inyectaron los estándares individuales para conocer su orden de elusión. Posteriormente se preparo una mezcla de los siete estándares a partir de las soluciones madres y se optimizaron los parámetros cromatográficos.

Los tiempos de retención se muestran a continuación.

Tabla N° 4. Tiempo de retención de los estándares de los ésteres metílicos de los ácidos grasos.

Ésteres metílicos	Láurico C:12:0	Mirístico C:14:0	Palmítico C:16:0	Esteárico C:18:0	Oleico C:18:1	Linoléico C:18:2	Linolénico C:18:3
Tr (min.)	6.088	6.573	7.057	7.656	7.739	7.896	8.107

Se utilizo un cromatógrafo 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). Se utilizo hidrógeno de alta pureza como gas de arrastre y combustible, nitrógeno de alta pureza como gas auxiliar y un compresor de aire como fuente de oxígeno.

El cromatógrafo se equipó con una columna semi polar capilar HP-225 de 25 m, 0.20 mm diámetro interno y 0.2 µm de grosor de película de fase estacionaria.

Se seleccionó la técnica splitless (sin división) para inyectar la muestra al cromatógrafo y se optimizaron los siguientes parámetros para mejorar la resolución, eficiencia y tiempo de análisis: temperatura inicial y final del horno, tiempo de purga, rampa de calentamiento, volumen de inyección y flujo de la columna.

A continuación se muestran los parámetros óptimos encontrados

- Temperatura del inyector: 250° C
- Temperatura del detector: 300° C
- Flujo de la columna: 0.600ml/min.
- Flujo del make up: 40ml/min.
- Flujo de aire: 400 ml/mi
- Tiempo de purga: 0.01min on
- Volumen de inyección: 1µm
- Horno: rampa: 45°C/min, T₁: 80° C, t₁: 3min, T₂:230°C, t₂:10min.

VII. RESULTADOS

VII.1 PREPARACION DE LAS CURVAS DE CALIBRACIONES

Se elaboraron las siete curvas de calibraciones con tres niveles de concentraciones. Las concentraciones de los niveles de las curvas se escogieron relativamente diluidas y se considero que si era necesario se deberían hacer diluciones que fueran necesarias para que las muestras entraran dentro de los límites de las curvas.

Tabla N° 5. Valores de los 3 niveles de concentración para la curva y el valor R²

Mezcla de estándares	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	R	R ²
Láurico (C:12:0)	0.5	4.99	10.40	0.9999	0.9999
Mirístico (C:14:0)	0.5	5.54	11.88	0.9999	0.9999
Palmítico (C:16:0)	5.30	20.10	35.5	0.9999	0.9998
Esteárico (C:18:0)	5.17	20.30	35.10	0.9997	0.9994
Oleico (C: 18:1)	5.64	20.33	33.89	0.9982	0.9964
Linoléico (C:18:2)	5.96	20.04	35.08	0.9969	0.9939
Linolénico (C:18:3)	0.63	5.00	10.00	0.9987	0.9974

Debido a una contaminación de la mezcla que contenían los tres niveles anteriores durante los análisis se tuvo que preparar una segunda curva con concentraciones distintas a las anteriores. Los valores de los niveles y las correlaciones de las curvas se muestran a continuación:

Tabla N° 6. Valores de los 3 niveles de concentración para la segunda curva y el valor R²

Mezcla de estándares	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	R	R ²
Láurico (C:12:0)	0.51	15.40	30.39	0.9999	0.9998
Mirístico (C:14:0)	0.50	15.04	30.09	0.9984	0.9968
Palmítico (C:16:0)	17.37	37.63	60.96	0.9993	0.9986
Esteárico (C:18:0)	15.16	37.62	62.87	0.9981	0.9962
Oleico (C: 18:1)	15.25	44.06	71.18	0.9984	0.9968
Linoléico (C:18:2)	41.09	121.48	200.09	0.9983	0.9966
Linolénico (C:18:3)	0.50	31.60	60.05	0.9998	0.9996

VII.1.2 DETERMINACION DEL LÍMITE DE DETECCION Y CUANTIFICACION

Previo a la determinación de la linealidad se determinaron los límites de detección (LD) y cuantificación LC. Se utilizó para ello una mezcla de estándares de concentración similar al nivel 3 de la curva de calibración y el programa del equipo (HPChemStation). Se utilizó una mezcla de estándares en lugar de los estándares individuales para ser más rápida la determinación de ellos. En la siguiente tabla se muestran los valores calculados de los LD y LC

Tabla N° 7. Valores de los LD y LC de los esteres metílicos de los ácidos grasos calculados para las primeras 8 muestras.

Estándares de los esteres metílicos de los ácidos grasos	Limite de detección (ppm). LD	Limite de cuantificación (ppm). LC
Láurico (C:12:0)	0.069	0.23
Mirístico (C:14:0)	0.720	2.40
Palmítico (C:16:0)	0.255	0.85
Esteárico (C:18:0)	0.141	0.47
Oleico (C:18:1)	0.189	0.63
Linoléico (C:18:2)	0.036	0.12
Linolénico (C:18:3)	0.438	1.46

Nota: Una muestra del procedimiento se muestra en los anexos.

Los resultados de las inyecciones, de todas las muestras transesterificadas, al cromatógrafo de gases se muestran a continuación.

La tabla N° 8 y 9 muestra los porcentajes relativos de todas las muestras (16) analizadas y las tablas subsiguientes muestran los resultados absolutos de los dos grupos en que se dividieron los análisis y son un reflejo de la metodología empleada en cada grupo.

Tabla N° 8. Promedio de los porcentajes relativos de las 16 muestras analizadas

N°	Semillas	% Relativos de los Ácidos Grasos							% Total
		Saturados				Insaturados			
		C:12:0	C:14:0	C:16:0	C:18:0	Mono	Poli		
				C:18:1	C:18:2	C:18:3			
1	Sacuanjoche	-	-	21.2194	14.0420	32.9263	25.4542	6.3580	100.00
2	Marango	-	0.9653	7.9449	22.0735	69.0163	-	-	100.00
3	Catapanza	-	-	21.1711	17.9729	19.1185	36.0783	5.6592	100.00
4	Guapinol	-	-	19.4991	11.9907	40.8149	26.4447	1.2505	100.00
5	Comida de Culebra	-	0.5222	17.8836	15.6310	22.6465	28.9414	14.3753	100.00
6	Burrio	25.5745	7.7129	18.4609	5.6204	18.9103	14.6399	12.6399	100.00
7	Chiltoma	-	4.3229	23.5599	20.4413	12.2046	36.4139	3.0574	100.00
8	Cham	-	0.6711	15.8840	14.9275	21.6244	43.1884	3.7046	100.00
9	Genizaro	-	-	21.6538	19.7013	26.8801	29.6751	2.0898	100.00
10	Madreado	-	-	26.2918	16.4156	24.4810	30.6011	2.2106	100.00
11	Fruta de Pan	-	-	49.3047	9.6787	14.2094	24.5300	2.2772	100.00
12	Ojo de Buey	-	-	17.4845	7.6036	56.7953	12.4661	5.6505	100.00
13	Guanacaste	-	-	25.0792	10.7007	28.1703	31.9942	4.0556	100.00
14	Sardinillo	0.1506	0.2479	11.0082	7.6291	11.6269	14.7742	54.5630	100.00
15	Llamarada del Bosque	1.4304	2.5581	21.8374	20.5695	18.4767	25.5344	9.5935	100.00
16	Talchocote	-	-	15.5382	39.6516	43.0894	1.1634	0.5574	100.00

En la tabla anterior se puede apreciar que la mayoría de los aceites tienen un perfil de ácidos grasos saturados e insaturados propio de los aceites vegetales excepto el aceite de Burrio que contiene en particular un porcentaje alto de C12:0

Tabla N° 9. Total de los porcentajes relativos de los ácidos grasos saturados e insaturados y rendimiento de aceites en las 16 muestras analizadas

N°	Semillas	Saturados	Mono	Poli	Total	% de Rendimiento en la extracción
			Insaturado	insaturado		
			Total de Insaturados			
1	Sacuanjoche	35.26	32.92	31.81	100.00	32.40
			64.73			
2	Marango	30.98	69.01	-	100.00	29.48
			69.01			
3	Catapanza	39.14	19.14	41.73	100.00	14.96
			60.85			
4	Guapinol	31.48	40.81	24.69	100.00	5.41
			68.51			
5	Comida de Culebra	34.03	22.64	43.31	100.00	6.49
			65.96			
6	Burrio	54.36	18.91	26.72	100.00	
			45.63			
7	Chiltoma	48.32	12.20	39.47	100.00	12.54
			51.67			
8	Cham	31.48	21.62	46.89	100.00	15.46
			68.51			
9	Genízaro	41.35	26.88	31.76	100.00	9.69
			58.64			
10	Madreado	42.70	24.48	32.81	100.00	18.23
			57.29			
11	Fruta de Pan	58.98	14.20	26.80	100.00	5.19
			41.01			
12	Ojo de Buey	25.08	56.79	18.11	100.00	8.06
			74.91			
13	Guanacaste	35.77	28.17	36.04	100.00	4.30
			64.22			
14	Sardinillo	19.03	11.62	69.33	100.00	38.11
			80.96			
15	Llamarada del Bosque	46.39	18.47	35.12	100.00	22.45
			53.60			
16	Talchocote	55.18	43.08	1.72	100.00	6.82
			44.81			

En la tabla siguiente se aprecia fácilmente que las replicas de las inyecciones de las muestras transesterificadas son reproducibles.

Tabla N° 10. Porcentajes absolutos del primer grupo de las ocho muestras

Semillas	Tiempo (min)	Concentraciones Absolutas de los ácidos grasos en ppm.														Suma
		C:12:0	Prom.	C:14:0	prom	C:16:0	prom	C:18:0	prom	C:18:1	prom	C:18:2	prom	C:18:3	prom	
Sacuanjoche	10	-	-	-	-	31.4612	31.29	20.5542		48.8507		37.4542		8.8527		147.1760
		-	-	-	-	31.1203		20.8383	20.70	48.3737	48.55	37.5049	37.53	9.5218	9.37	147.3590
		-	-	-	-	31.3011		20.7315		48.4538		37.6598		9.7558		147.9020
		-	-	-	-											
Marango	10	-		2.2280	2.68	22.0897	22.12	61.6218	61.46	192.312	192.19	-	-	-	-	278.2524
		-		2.8238		21.9573		60.5633		191.473		-	-	-	-	276.8182
		-		3.0124		22.3263		62.2215		192.790		-	-	-	-	280.3505
Catapanza	10	-		-	-	18.3474	18.80	15.9960	15.96	16.9429	16.98	31.9468	32.04	4.4506	5.02	87.6837
		-		-	-	18.5179		15.8779		16.9042		32.1506		4.8467		88.2973
		-		-	-	19.5433		16.0137		17.0925		32.0306		5.7813		90.4614
Guapinol	10	-		-	-	58.5219	58.75	35.7445	36.12	122.392	122.98	78.7120	79.68	3.3574	3.7679	298.7280
		-		-	-	58.6351		36.6207		123.346		79.8726		3.6913		302.1657
		-		-	-	59.1023		36.0231		123.201		80.4578		4.2550		303.9419
Comida de culebra	10	-		0.6283	0.75	25.8007	26.01	22.1461	22.74	32.7747	32.95	41.6647	42.10	20.0570	20.91	143.0715
		-		0.7300		25.9327		22.9433		32.9987		42.0735		21.1856		145.8638
		-		0.9210		26.3237		23.1353		33.0721		42.5831		21.516		147.5368
Burrio	10	98.9948	99.18	33.3444	33.88	80.0700	81.10	24.3739	24.69	82.8463	83.08	63.6601	64.32	52.1664	53.08	435.4559
		99.0150		33.9875		81.2425		24.5679		83.1526		64.3150		53.2315		439.5120
		99.5323		34.3275		82.0110		25.1372		83.2474		64.9853		53.8372		443.0779
Chiltoma	10	-		6.8297	7.12	38.2105	38.85	33.3898	33.70	19.8516	20.12	59.9492	60.04	4.9853	5.04	163.2126
		-		7.2515		39.0890		33.5872		20.2570		60.1024		5.0551		165.3422
		-		7.3051		39.2580		34.1520		20.2712		60.0982		5.0853		166.1698
Chan	10	-		5.6173	5.97	140.530	141.37	132.476	132.86	191.649	192.47	383.694	384.39	32.4510	32.97	886.4177
		-		5.9822		141.296		132.957		192.324		384.351		32.7850		889.6967
		-		6.3201		142.301		133.152		193.432		385.152		33.6832		894.0422

Tabla. N° 11. Concentraciones de las muestras analizadas con distintos tiempos de agitación

Semillas	Tiempo. (min)	Concentraciones absolutas de los ácidos grasos.							
		C:12:0	C:14:0	C:16:0	C:18:0	C:18:1	C:18:2	C:18:3	Total
Genízaro	10	-	-	128.9305	119.4475	162.6880	180.1565	11.6435	602.8660
	20	-	-	150.6925	135.7545	185.7415	202.8390	14.8975	689.6550
	30	-	-	255.2290	230.3390	314.3985	349.2805	25.5870	1174.8340
Madreado	10	-	-	367.7240	225.4370	345.1880	420.4110	29.9260	1388.6860
	20	-	-	474.8420	305.4736	437.0830	552.4630	39.5230	1388.6860
	30	-	-	640.1920	394.8624	598.0140	758.7650	39.5320	1809.3846
Fruta de pan	10	-	-	252.1755	49.3775	74.1150	126.4490	11.9140	514.0310
	20	-	-	271.9655	53.0300	78.9655	135.2660	12.0770	551.3040
	30	-	-	285.7455	56.6090	80.1210	141.1000	13.4040	576.9795
Ojo de Buey	10	-	-	178.7600	75.8125	591.0270	131.1220	56.6450	1033.3665
	20	-	-	239.1630	100.7265	763.3025	167.6845	75.7690	1337.6455
	30	-	-	295.0755	130.6060	922.7825	200.1405	95.4475	1644.0520
Guanacaste	10	-	-	94.5900	41.0935	107.5635	122.2600	13.8550	379.3620
	20	-	-	202.6740	83.1840	225.5295	258.7885	31.7950	801.9710
	30	-	-	262.6125	114.3280	294.1245	330.3240	47.7360	1049.1250
Sardinillo	10	1.7166	2.7450	122.4782	87.3114	127.5824	162.8502	606.1304	1110.8142
	20	3.7871	6.5941	280.0145	186.9800	289.6375	370.1241	1340.9791	2478.1164
	30	7.2531	11.5819	537.3205	375.7589	587.9617	739.5825	2762.6488	5522.1074
Llamarada del Bosque	10	2.3999	4.4494	38.3505	36.6590	32.7314	45.0032	16.2147	175.8081
	20	2.8193	4.7978	42.3505	38.9425	35.7314	49.9297	19.2204	193.7916
	30	3.7411	6.7838	55.5484	52.7946	46.7229	64.1834	24.5113	254.2855
Talchocote	10	-	-	300.6017	823.7648	886.6139	21.7769	10.3394	2043.1017
	20	-	-	359.9860	906.1744	977.4800	27.8853	13.5847	2285.1104
	30	-	-	475.4680	1147.7275	1268.9387	35.4504	16.8297	2944.4143

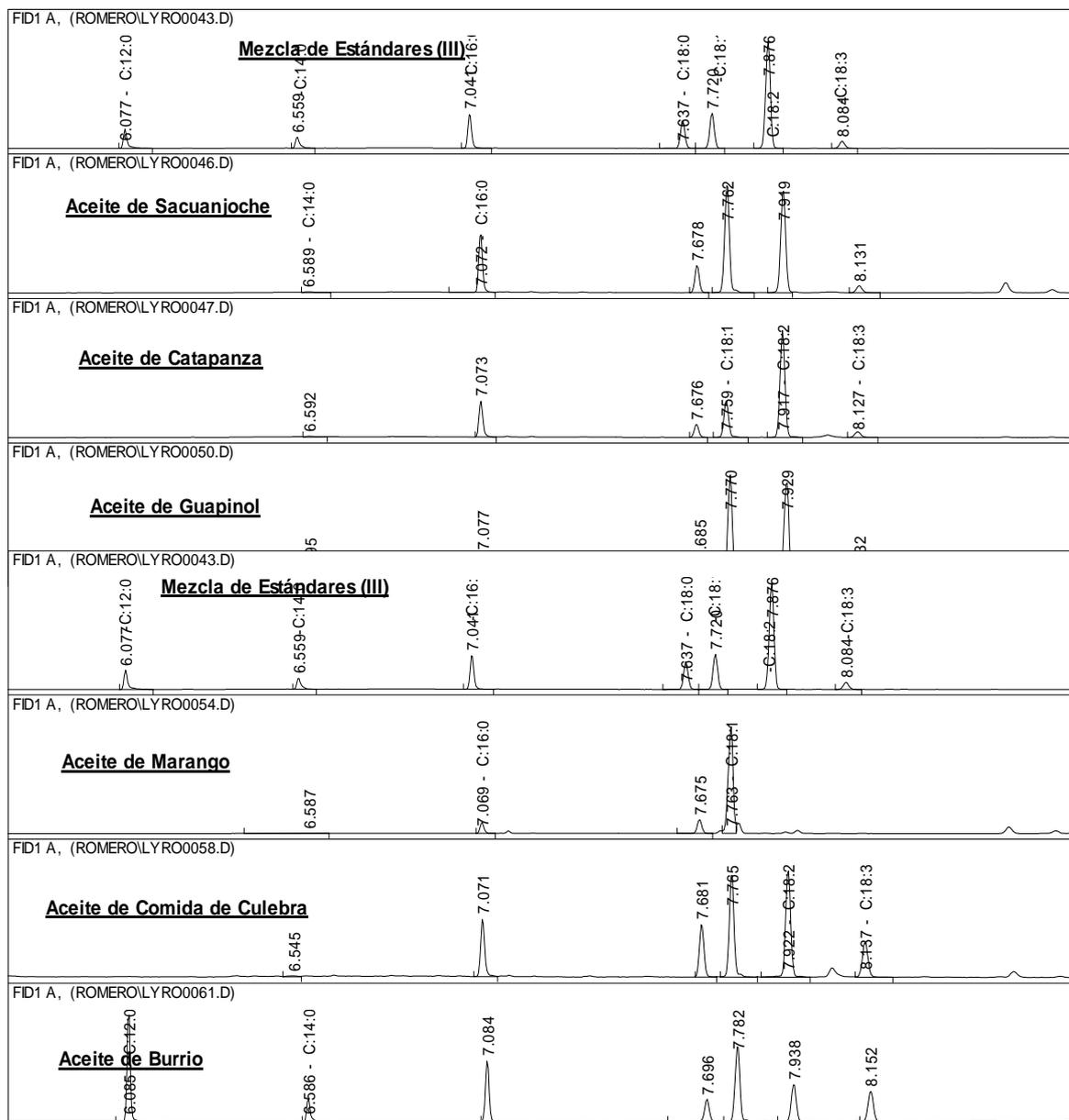
Es evidente, en esta tabla anterior, que al aumentar los tiempos de agitación aumentan los rendimientos de las transesterificaciones

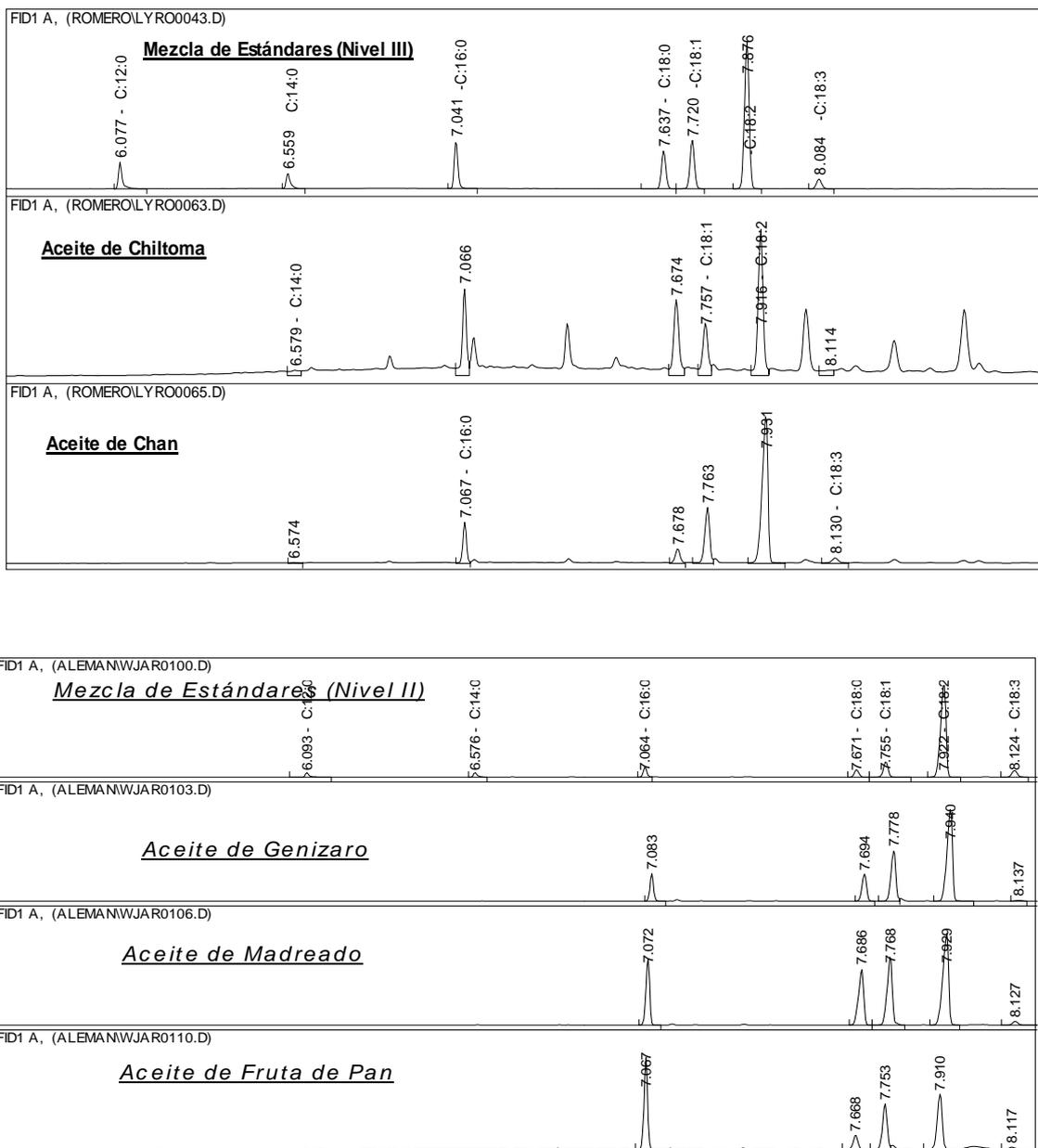
Tabla N° 12. Porcentajes relativos y absolutos de las muestras analizadas con distintos tiempos de agitación

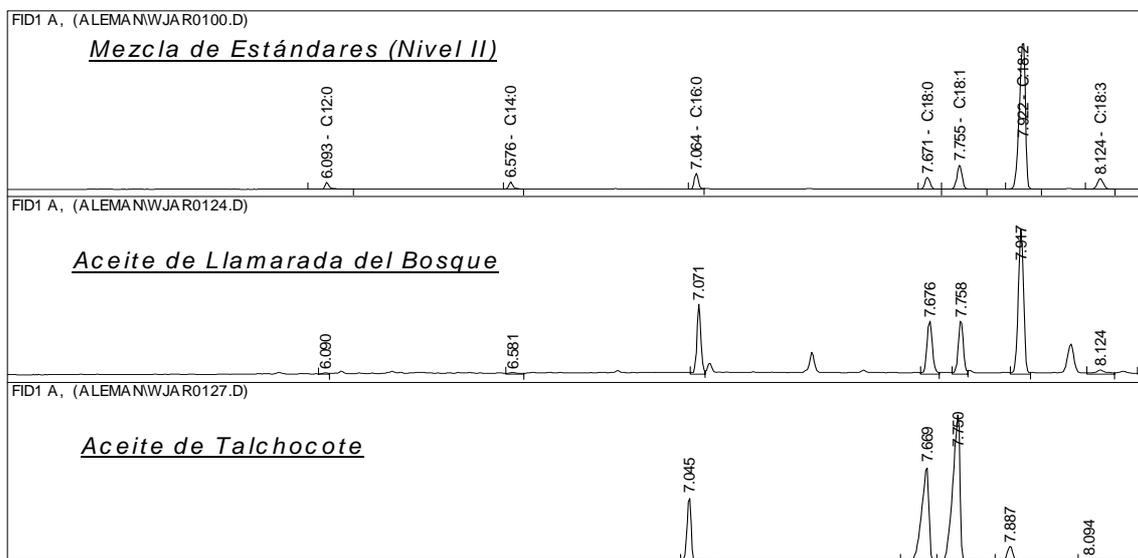
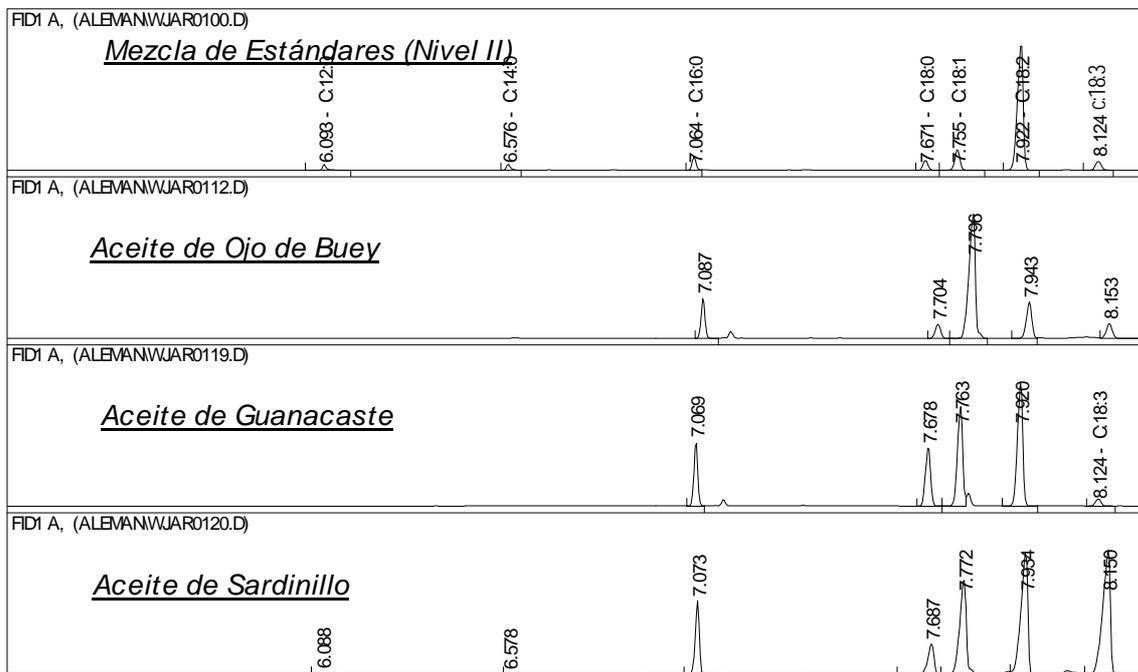
Semillas	Tiem po (min)	% Abs. de ac. gra. en aceite	% Relativos											
			C:12:0	Prom	C:14:0	Prom	C:16:0	Prom	C:18:0	Prom	C:18:1	Prom	C:18:2	Prom
Genizaro	10	18.0022	-	-	-	-	21.8863	-	19.8133	-	26.9858	-	29.8833	-
	20	20.5939	-	-	-	21.8504	21.65	19.6844	19.70	26.8934	26.88	29.4117	26.88	
	30	35.0818	-	-	-	21.7247	-	19.6061	-	26.7611	-	29.7302	-	
Madreado	10	33.7364	-	-	-	26.4800	-	16.2338	-	24.8572	-	30.2740	-	
	20	43.9568	-	-	-	26.2433	26.29	16.8827	16.41	24.1564	24.48	30.5332	24.48	
	30	59.4697	-	-	-	26.1522	-	16.1304	-	24.4293	-	30.9960	-	
Fruta de pan	10	12.4350	-	-	-	49.0584	-	9.6059	-	14.4184	-	24.5995	-	
	20	13.3367	-	-	-	49.3313	49.30	9.6190	9.67	14.3234	14.20	24.5356	14.20	
	30	13.9579	-	-	-	49.5244	-	9.8113	-	13.8863	-	24.4549	-	
Ojo de Buey	10	36.7990	-	-	-	17.2988	-	7.3365	-	57.1943	-	12.6888	-	
	20	47.6346	-	-	-	17.2066	17.48	7.5301	7.60	57.0631	56.79	12.5358	56.79	
	30	58.5460	-	-	-	17.9481	-	7.9442	-	56.1285	-	12.1736	-	
Guanacaste	10	14.1234	-	-	-	24.9340	-	10.8323	-	28.3538	-	32.2278	-	
	20	29.8569	-	-	-	25.2720	25.07	10.3724	10.70	28.1220	28.17	32.2691	28.17	
	30	39.0583	-	-	-	25.0316	-	10.8975	-	28.0352	-	31.4857	-	
Sardinillo	10	34.8968	0.1545	0.2471	0.24	11.0260	-	7.8601	-	11.4855	-	14.6604	-	
	20	77.8513	0.1528	0.2661	0.24	11.2995	11.00	7.5452	7.62	11.6878	11.6269	14.9357	11.6269	
	30	157.7721	0.1444	0.2306	-	10.6991	-	7.4821	-	11.7075	-	14.7265	-	
Llamarada del Bosque	10	5.8096	1.3651	2.5308	2.56	21.8138	-	20.8517	-	18.6177	-	25.5979	-	
	20	6.4038	1.4548	2.4758	2.56	21.8536	21.83	20.0950	20.57	18.4381	18.47	25.7646	18.47	
	30	8.4029	1.4712	2.6678	-	21.8449	-	20.7619	-	18.3742	-	25.2407	-	
Talchocote	10	62.1421	-	-	-	14.7130	-	40.3193	-	43.3957	-	1.0659	-	
	20	69.5029	-	-	-	15.7535	15.53	39.6555	39.6516	42.7760	43.08	1.2203	43.08	
	30	89.5560	-	-	-	16.1481	-	38.9800	-	43.0965	-	1.2040	-	

En esta tabla se evidencia que aunque se cambien los tiempos de agitación y por ende el rendimiento de las transesterificaciones no se afectan los porcentajes relativos de los ácidos grasos.

CROMATOGRAMAS DE LAS DISTINTAS MUESTRAS DE ACEITES INYECTADAS







INTERVALOS DE CONFIANZA.

$$\frac{\bar{X} \pm t_{0.95} (S)}{\sqrt{n}}$$

X: media de las tres replicas

S: desviación estándar poblacional

t: t calculado para dos colas (n-2)

n: numero de muestras

Tabla N°. 11 Intervalos de confianza

Muestras	Intervalo de confianza
Sacuanjoche	147.4790±0.9378
Marango	278.4737±4.4134
Catapanza	88.8141±3.6248
Guapinol	301.3110±5.6626
Comida de Culebra	145.4907±5.6044
Burrio	439.3486±9.4742
Chiltoma	164.9094±3.7846
Chan	890.0522±9.5018

Nota: Al resto de las ocho muestras restantes no se les aplico este cálculo por los distintos tiempos de transesterificación al que fueron sometidas. Ver cálculo en hoja de anexos.

VIII. ANALISIS DE RESULTADOS

En la tabla N° 8 y 9 podemos apreciar los diferentes tipos de ácidos grasos saturados e insaturados presentes en los aceites obtenidos de las semillas oleaginosas estudiadas a partir del método de cromatografía de gas con columna capilar el cual nos sirvió para desarrollar una base de datos de dichos aceites.

En la tabla N° 12 se evidencia que al aumentar los tiempos de agitación no se afectan los porcentajes relativos de los ácidos grasos por ende estos porcentajes no son dependientes de los porcentajes absolutos obtenidos después de la transesterificación.

Los tiempos de reacción afectan los rendimientos prácticos de transesterificación básica como se puede apreciar en la tabla N° 11 donde los valores absolutos aumentaron a medida que se aumentaron los tiempos de agitación no obstante los porcentajes absolutos de los ácidos grasos se mantuvieron prácticamente constante como se aprecia en la tabla N° 10.

IX. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos de las 16 muestras analizadas el método seleccionado ya que es rápido y confiable nos permite preparar muestras listas en un tiempo corto y con bajos costos y desarrollar una base de datos de los aceites que se puedan extraer en Nicaragua de su flora.

Siguiendo el proceso observamos 7 ácidos grasos (C:12, C:14, C:16, C:18, C:18.1, C:18.2, C:18.3) que están presentes en las muestras y el porcentaje de rendimiento que tenían con esto concluimos que las inyecciones de las muestras transesterificadas son reproducibles.

IX. RECOMENDACIONES

Como en Nicaragua no se conoce mucho sobre la extracción de aceites en semillas forestales sería recomendable que se hiciera un estudio a fondo de todos los recursos que tenemos en el país y la factibilidad de este para producir aceites a mayor escala y así incrementar la economía y el trabajo en nuestro país.

Sugerimos que en un futuro este tipo de estudio se lleve a cabo con mucha mas frecuencia para ampliar una base de datos que registre la composición de los aceites presentes en distintas semillas, determinando de esta manera a través de su composición que uso y en que campo pueden estos aceites emplearse en la tecnología actual, actuando a su vez como una estrategia de recursos renovables.

Un futuro estudio de este tipo de análisis para determinar la composición de ácidos grasos y el uso que se les puede dar a esto debe incorporar por lo menos:

- La validación del método para descartar cualquier tipo de error en el análisis, ya sea del analista o del equipo.
- Considerar el uso de estándares FAME que estén por debajo del ácido Láurico y por encima del ácido Linolénico para una mejor cuantificación y detección de estos mismos y así poder reportar el contenido total de ácidos grasos y las cantidades exactas encontradas de todos ellos en el análisis de semillas oleaginosas, para que de esta manera se le pueda dar posibles respuestas a nuevos problemas.

Trabajos como estos son de suma importancia para la creación de una base de datos donde en ella se encuentre información necesaria, planteando así posibles respuestas a nuevos problemas utilizando recursos renovables y disminuyendo la explotación irracional de algunas plantas existentes.

X. BIBLIOGRAFIA

1. Estudio preliminar de la composición de los ácidos grasos de los productos lácteos elaborados en Nicaragua por cromatografía de gases con columna capilar. Br. Heysel del Carmen Torres Campos. León-Nicaragua 2006.
2. Estudio preliminar de la composición de ácidos grasos más comunes presentes en los aceites comestibles que se ofertan en Nicaragua por cromatografía de gases con columna capilar. Br. Jacqueline Herrera, Br. Leticia Méndez. León-Nicaragua 2008.
3. [http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educación/cuaderno/doc/El %20cuaderno %2066doc](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educación/cuaderno/doc/El%20cuaderno%2066doc).
4. <http://www.Archivo.Nuevodiario.com.ni/200/marzo/26marzo2000/variedades> Cultivo del Marango para la población de proteínas y energía.
5. www.tourimg-costarica.com/sacuanjoche.html.
6. Estudio preliminar de la composición de ácidos grasos más comunes presentes en los aceites comestibles que se ofertan en Nicaragua por cromatografía de gases con columna capilar. Br. Jacqueline Herrera, Br. Leticia Méndez. León-Nicaragua 2008.
7. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Facultad de ciencia.
 - a. Departamento de Biología. “lista de Nombre científicos de plantas comunes y de importancia económica. Pág. N^o=3,9,10 y 11.
8. [http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educación/cuaderno/doc/El %20cuaderno %2066doc](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educación/cuaderno/doc/El%20cuaderno%2066doc).
9. [www.muydelgada.com/wiki/Aceite _ vegetal](http://www.muydelgada.com/wiki/Aceite_vegetal)
10. www.miliarium.com/Monografias/Biocombustibles/Biodiesel/Biodiesel.asp.
11. www.arqhys.com/pinturas-tipos1.html.
12. http://www.bedri.es/Libreta_de_apuntes/A/AC/Acidos_grasos.htm#Usos
13. http://www.bedri.es/Libreta_de_apuntes/A/AC/Aceite_de_girasol.htm#Usos
14. <http://www.sc.ehu.es/iawfemaf/archivos/materia/industrial/libro-14.PDF>

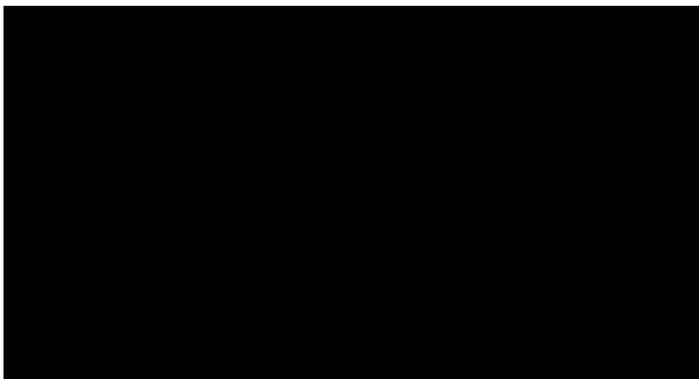
15. <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/lipidos/vegraras.html>
16. http://www.engormix.com/s_news_view.asp?news=9541&AREA=
17. <https://www.ars.usda.gov/is/espanol/pr/2007/070802.es.htm>
18. http://www.etsia.upm.es/fedna/grasasyaceites/estearina_palma.htm
19. <http://www.estetica-natural.com/articulos/aceitesnaturales.php>
20. <http://www.hoy.com.do/vivir/2009/2/8/265815/SaludLos-aceites-hidratan-y-nutren-todo-su-cuerpo>
21. http://www.bedri.es/Libreta_de_apuntes/A/AC/Acidos_grasos.htm
22. <http://www.invenia.es/oepm:e01119299>

XIII. ANEXOS

CURVAS DE CALIBRACIÓN PARA CADA UNO DE LOS ESTÁNDARES DE LOS ÁCIDOS GRASOS

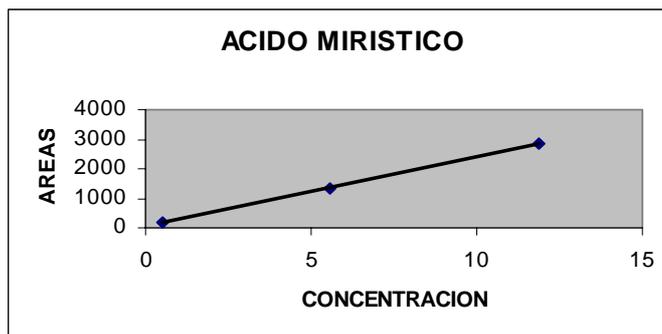
C: 12:0

Concentración	Área
0.5	192
4.99	2141.9
10.40	4575.3



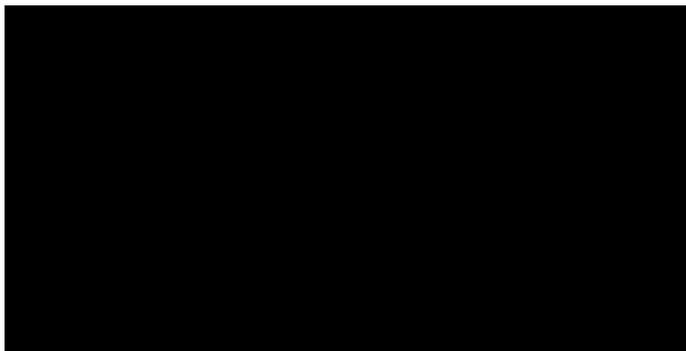
C: 14:0

Concentración	Área
0.5	169.5
5.54	1344.2
11.88	2860



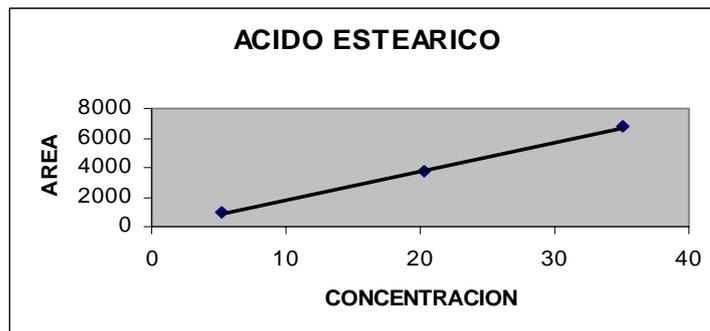
C: 16:0

Concentración	Área
5.30	1085.6
20.1	4149.1
35.5	7224.6

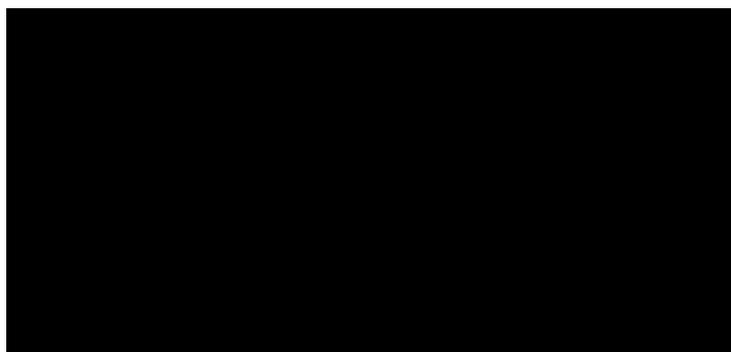


C: 18:0

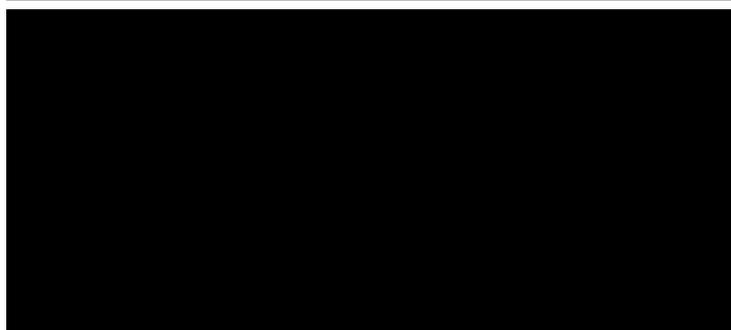
Concentración	Área
5.17	942.3
20.3	3760.2
35.10	6752.6

**C: 18:1**

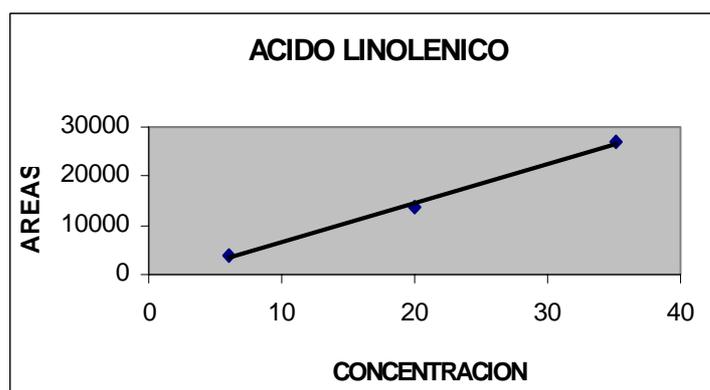
Concentración	Área
5.64	1181.7
20.33	5457.6
33.89	8659.2

**C: 18:2**

Concentración	Área
5.96	4013.7
20.04	13606.4
35.08	27078.1

**C: 18:3**

Concentración	Área
0.63	146.4
5.00	1378.9
10.00	2233.1



Calculo del Limite de Detección y Cuantificación del Metil éster del Acido Láurico (C:12:0)

Para el ácido láurico la concentración es de 10.40ppm da una altura de 5465.8 y la altura del ruido justo antes de la salida del pico es de 12.6 (Noise P to P)

Ejemplo: C: 12:0

5465.8: Altura del pico del ácido láurico en el nivel 3

12.6: Altura del ruido antes de la salida del pico

10.40: Concentración del ácido láurico en el nivel 3

$$\frac{10.40 * 12.6}{5465.8} = 0.023\text{ppm}$$

La concentración de la muestra que da una altura equivalente al ruido es de 0.023ppm. Tres veces esta concentración es el **LD** y diez veces esta concentración es el **LC**.

$$0.023\text{ppm} * 3 =$$

$$\mathbf{LD} = 0.069\text{ppm}$$

$$0.023\text{ppm} * 10 =$$

$$\mathbf{LC} = 0.23\text{ppm}$$

Calculo de los intervalos de confianza

$$X \pm t_{0.95} \frac{(S)}{\sqrt{n}}$$

X: media de las tres replicas

S: desviación estándar poblacional

t: t calculado para dos colas (n-2)

n: numero de muestras

Ejemplo: Sacuanjoche

Replicas de la muestra: 147.1760

147.3590

147.9020

X: 147.4790

S: 0.3775

$$147.4790 \pm \frac{4.303(0.3775)}{\sqrt{3}}$$

$$147.4790 \pm 0.9378$$

$$+ = 148.4168$$

$$- = 146.5412$$

Calculo para determinar el % relativo

$$\% \text{ relativo} = \frac{\text{Promedio de la concentración del éster metílico en la muestra}}{\sum \text{ Total de las concentraciones obtenidas}} * 100$$

Ejemplo del % relativo para el ácido palmítico en la muestra de sacuanjoche

$$\% \text{ relativo para el C:16:0} = \frac{31.2942}{147.4789} * 100 = 21.2194$$

Calculo para determinar el % de Rendimiento en cada muestra

$$\% \text{ de Rendimiento} = \frac{\text{Gr. De Aceites obtenidos}}{\text{Gr. De semillas utilizadas}} * 100$$

Ejemplo del % de rendimiento en la muestra de Genízaro

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{3.8805}{40.0581} * 100 = 9.6871$$

LAS 16 PLANTAS ESTUDIADAS

1. Nombre Científico: Plumeria rubra l.

Nombre Común: Sacuanjoche

Familia: Apocynaceae



2. Nombre Científico: Moringa oleífera Lam.

Nombre Común: Marango

Familia: Moringácea



3. Nombre Científico: Passiflora foetida.

Nombre Común: Catapanza, flor de la pasión.

Familia: Passifloraceae



4. Nombre Común: Algarrobo, copal, guapinol, jatoba

Nombre científico: *Hymenaea Courbaril*

Familia: Fabaceae/ Caesalpinaceae



5. Nombre Científico: *Rauvolfia tetraphylla* L.

Nombre Común: Comida de culebra, 5 negrita.

Familia: Apocynaceae.



6. Nombre Científico: *Pithecoctenium crucigerum*

Nombre Común: Peine de mico, Burilo o Burrio

Familia: Bignoniáceas



7. Nombre Científico: *Capsicum frutescens* L.

Nombre Común: Chiltoma, Chile rojo

Familia: Solanaceae



8. Nombre Científico: Hyptis suaveolens L

Nombre Común: Chan

Familia: Lamiaceae



9. Nombre Común: Cenízaro o Genízaro

Nombre científico: Samanea saman

Familia botánica: Leguminosa-Mimosoidea



10. Nombre Común: Madreado o Madero Negro

Nombre Científico: Gliricidia Sepium

Familia botánica: Legunoceae



11. Nombre Común: Árbol del pan, Fruta de pan o semilla de pan.

Nombre científico: *Artocarpus altilis*

Familia botánica: Moráceas (Moráceas).



12. Nombre Común: Ojo de buey, bejuco de jairel,

Nombre Científico: *Mucuna Urens*.

Familia botánica: Papilionáceas.



13. Nombre Común: Guanacaste

Nombre Científico: *Enterolobium cyclocarpum*.

Familia botánica: Leguminosea.



- 14. Nombre Común:** Sardinillo
Nombre Científico: *Tecoma stans* (L).
Familia botánica: Bignoniáceas.



- 15. Nombre Común:** Lllamarada del Bosque
Nombre Científico: *Spathodea campanulata*.
Familia botánica: Bignoniaceae



- 16. Nombre Común:** Talchocote, acetuno o aceituno.
Nombre Científico: *Simurouba Amoral* o *Gluca*.
Familia botánica: Simaroubaceae.

