



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LOS  
CONCRETOS Y CERA REFINADA, OBTENIDOS DEL FRUTO DE ARRAYÁN  
(*Myrica cerifera L.*) MEDIANTE LA EXTRACCIÓN CON SOLVENTES  
ORGANICOS (ETANOLY HEXANO) Y AGUA. (Recolectados de los bosques  
naturales del área nor-central de Guatemala).**

**DIEGO OMAR HERNÁNDEZ AGUILAR**  
**ASESORADO POR EL ING. CESAR ALFONSO GARCIA GUERRA**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2003**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LOS CONCRETOS Y CERA REFINADA, OBTENIDOS DEL FRUTO DE ARRAYÁN (*Myrica cerífera* L.) MEDIANTE LA EXTRACCIÓN CON SOLVENTES ORGANICOS (ETANOL Y HEXANO) Y AGUA. (Recolectados de los bosques naturales del área nor-central de Guatemala).**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**DIEGO OMAR HERNÁNDEZ AGUILAR**

ASESORADO POR EL ING. CESAR ALFONSO GARCIA GUERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2003

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
EXAMINADOR	Ing. Manuel Galván Estrada
EXAMINADOR	Ing. Victo Manuel Monzón
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LOS CONCRETOS Y CERA REFINADA, OBTENIDOS DEL FRUTO DE ARRAYÁN (*Myrica cerífera* L.) MEDIANTE LA EXTRACCIÓN CON SOLVENTES ORGANICOS (ETANOL Y HEXANO) Y AGUA (Recolectados de los bosques naturales del área nor-central de Guatemala).**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha 2 de mayo de 2003.

Diego Omar Hernández Aguilar

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	III
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	IV
<b>GLOSARIO</b>	V
<b>RESUMEN</b>	VII
<b>OBJETIVOS</b>	VIII
<b>HIPÓTESIS</b>	IX
<b>INTRODUCCIÓN</b>	X
<b>1 MARCO TEÓRICO</b>	1
<b>1.1 Antecedentes</b>	1
<b>1.2 Clasificación de las Ceras</b>	2
<b>1.2.1 Generalidades</b>	3
<b>1.2.2 Lípidos</b>	4
<b>1.2.2.1 Concepto de lípido</b>	5
<b>1.2.2.2 Clasificación de los lípidos</b>	5
<b>1.2.2.3 Fuentes de obtención de lípidos</b>	6
<b>1.2.2.4 Función general de los lípidos</b>	6
<b>1.2.2.5 Lípidos complejos</b>	9
<b>1.2.2.6 Hormonas suprarrenales</b>	10
<b>1.3 Análisis fisicoquímico</b>	14
<b>1.3.1 Análisis de punto de ablandamiento</b>	14
<b>1.3.2 Prueba normal para el punto de fusión de la cera</b>	15
<b>1.3.3 Prueba normal para la preparación de esteres de metilo de los ácidos grasos</b>	15

1.3.4	Método para la determinación de la dureza	16
1.3.5	Análisis de rigidez dieléctrica	16
1.3.6	El método de la prueba normal para la viscosidad de Saybolt	18
1.3.7	Análisis de penetración	18
1.3.8	Descripción de color	19
1.4	<b>Índices de calidad</b>	20
1.4.1	Índice de Saponificación	20
1.4.2	Índice de Yodo	20
1.4.3	Índice de Peróxido	21
1.4.4	Índice de refracción	21
1.5	<b>Análisis Proximal</b>	21
1.5.1	Análisis en las harinas de origen vegetal	21
2	<b>METODOLOGÍA</b>	22
2.1	Localización	22
2.2	Recursos humanos	22
2.3	Metodología experimental	22
2.3.1	Obtención del material	22
2.4	Reactivos	24
2.5	Procedimiento	24
2.6	Para la evaluación del concreto y cera refinada	26
3	<b>RESULTADOS</b>	30
3.1	Evaluación fisicoquímica de los concretos y cera refinada	30
3.2	Evaluación de los índices de calidad para los concretos de los lotes 1 y 2	35
3.3	Determinación de los ácidos grasos	37

<b>4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	38
<b>4.1</b> Evaluación de las propiedades fisicoquímicas a los concretos y ceras refinadas	38
<b>4.2</b> Evaluación de los índices de calidad de los concretos y ceras refinadas	40
<b>4.3</b> Evaluación del análisis proximal de la semilla o endocarpo	41
<b>CONCLUSIONES</b>	42
<b>RECOMENDACIONES</b>	43
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	44
<b>APÉNDICE</b>	49

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1.	Estructura química de los lípidos	6
2.	Estructura de un triglicérido	8
3.	Estructura de un fosfoglicérido	9
4.	Estructura de un esfingolípido	9
5.	Estructura de una lecitina	10
6.	Estructura de las hormonas sexuales	11
7.	Estructura del colesterol	12
8.	Comparación entre los concretos extraídos con los diferentes solventes seleccionados provenientes del Lote 1 del fruto de Arrayán ( <i>Myrica cerifera</i> L.)	34
9.	Comparación entre las ceras refinadas obtenidas, provenientes de los lotes recolectados de fruto de Arrayán ( <i>Myrica cerifera</i> L.)	35

## LISTA DE SIMBOLOS

<b>Amp</b>	Amperios
<b>° C</b>	Grados Celsius
<b>° F</b>	Grados Farenheit
<b>gr</b>	Gramos
<b>Hz</b>	Hertz
<b>HP</b>	Caballos de fuerza (horse power)
<b>Kg</b>	Kilogramos
<b>L</b>	Nomenclatura utilizada para clasificar las muestras de lote número uno (L1) y lote número dos (L2)
<b>Lb</b>	Libras
<b>mL</b>	Mililitros
<b>μ</b>	Micrómetro

<b>nm</b>	Nonámetro
<b>No</b>	Número
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto
<b>SI</b>	Sistema Internacional de mediciones metricas
<b>X° X'</b>	Grados, minutos
$\lambda$	Longitud de onda
$\pm$	Más o menos
<b>%</b>	Porcentaje
<b>*</b>	Producto

## GLOSARIO

<b>Absoluto</b>	Esencias que se obtienen a partir de los concretos o de los resinoides. Estos se lavan repetidas veces con alcohol, posteriormente las soluciones líquidas glasean (cristalizan) y filtran para separar las ceras y finalmente se concentran por rota evaporación a presión reducida para separar el alcohol.
<b>Arbusto</b>	Botánica Planta leñosa de dimensiones modestas, con ramas desde la base.
<b>Baya</b>	Fruto con el endocarpo y mesocarpo carnoso y con varias semillas menudas.
<b>Concreto</b>	Es el producto sólido o semisólido obtenido tras la extracción de los principios activos de ciertas materias primas de origen vegetal, mediante el uso de solventes volátiles (hexano, benceno, etc). Es una mezcla pastosa sólida de moléculas odoríferas, ceras y pigmentos, llamados resinoide cuando proviene del tratamiento de raíces, granos, musgos bálsamos, gomas, resinas, etc. Y concreto cuando proviene especialmente de las flores y frutos.
<b>Dioica</b>	Boánica Especie cuyas flores masculinas y femeninas están en

pies separados, es decir, cada planta tiene todas las flores del mismo sexo.

<b>Drupa</b>	Botánica Pericarpio carnoso que tiene un solo hueso.
<b>Emenagogo</b>	Agente que produce o regulariza la menstruación.
<b>Maceración</b>	Operación que consiste en sumergir una planta o fragmentos de la planta en un solvente para extraer de estas las partes de ella.
<b>Metabolitos secundarios</b>	-principio activo- Es (son) aquella (s) molécula (s) responsable (s) del efecto terapéutico comprobado que una planta medicinal o aromática posea. En general casi todos los principios activos provienen del metabolito secundario de la planta.
<b>Furol</b>	Una sigla de combustible y aceites del camino.
<b>Saybolt la viscosidad de Furol</b>	El tiempo de la emanación en segundos de 60 mL de muestra, que fluye a través de un orificio de Furol abreviado SFS, calibrado bajo los segundos especificados en la Norma ASTM, a una temperatura específica.
<b>Saybolt la viscosidad Universal</b>	El tiempo de la emanación corregido en segundos de 60 mL de muestra que fluye a través de un orificio Universal, calibrado bajo las condiciones específicas. La viscosidad Saybolt valora los Segundos Universales, abreviado SUS, a una temperatura específica.

<b>Penetración del material bituminoso</b>	Expreso como la distancia en décimo de milímetro que una aguja normal penetra una muestras del material de forma vertical, bajo las condiciones de carga, tiempo, y temperatura.
<b>Perfil de ácidos grasos</b>	Contenido de la composición de ácidos orgánicos y alcoholes presentes en una muestra orgánica.
<b>Punto de fundición de la cera del petróleo</b>	Es la temperatura en la que los materiales cambian de estado de sólido a uno fluido, esta varía según el material a evaluarse.

## RESUMEN

Se elaboró el presente trabajo de graduación, integrando los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera de Ingeniería Química. Logrando obtener información valiosa y de ésta forma darle un valor agregado a diversos productos de la cera del Palo de Arráyan (*Myrica cerífera L.*).

Se utilizó la frutilla proveniente del palo de Arrayán, se realizó una separación entre la frutilla y los desechos, como las astillas y las hojas que venían adjuntas a la frutilla. A dicha frutilla, se le aplicó un proceso mediante el cual se separó el contenido de concreto de la almendra con la ayuda de solventes orgánicos (etanol, hexano) y agua. A cada uno de los concretos extraídos se les practicó diferentes evaluaciones, entre las que se pueden mencionar, determinación de la viscosidad, temperatura de reblandecimiento, índice de refracción, temperatura de fusión, color, temperatura de inflamación, penetración. Encontrando una diferencia significativa entre cada uno de los concretos, ya que estos poseen un cierto porcentaje de oleorresina y metabolitos secundarios.

A los concretos obtenidos se les sometió a un proceso de refinado, procurando no destruir la estructura de la cera, eliminando el contenido de oleorresina, metabolitos secundarios, y el aceite esencial que se encuentra en los concretos. Durante el proceso se logró obtener un producto (cera blanqueada), a la cual se le evaluó el color, para determinar el grado de refinamiento obtenido.

A la cera refinada se le realizó otra serie de evaluaciones adicionales como los índices de saponificación, equivalente de saponificación, yodo, peróxido, áidez, % de ácidos libres, ésteres y densidad. Entre los resultados del perfil de ácidos, se encontraron el

ácido mirístico y palmítico. Cada uno de los análisis realizados, tanto para los concretos como para la cera refinada se realizaron conforme a las normas ASTM y COGUANOR respectivamente.

Además se realizó un evaluación proximal de la almendra o endocarpo, obteniendo entre los resultados un contenido de nutrimentos bajos comparados con los granos de maíz, sin embargo es potencialmente aprovechable como complementos para la nutrición animal.

## OBJETIVOS

### General

Evaluar las propiedades fisicoquímicas de los concretos de Arrayán obtenidos mediante la extracción con solventes orgánicos (alcohol etílico hexano y agua), y la cera refinada de dos fuentes del área norcentral del país de Guatemala. (Bosque natural silvestre ubicado entre la Sierra de Chuacus y Sierra de las Minas y Bosque natural silvestre de la finca de los Cimientos, ubicada en la Aldea Matanzas, San Gerónimo, Baja Verapaz).

### Específicos

1. Evaluar el perfil de ácidos grasos contenidos en la cera refinada por cromatografía de gases.
2. Determinar los índices de calidad (saponificación, equivalente de saponificación, yodo, peróxido, acidez, % de ácidos libres, ésteres y densidad), para los concretos y la cera refinada) para la cera de Arrayán (*Myrica cerífera*).
3. Determinar los índices fisicoquímicos, (viscosidad, temperatura de reblandecimiento, índice de refracción, temperatura de fusión, color, temperatura de inflamación, penetración), de la cera de Arrayán (*Myrica cerífera*).
4. Realizar una comparación entre los resultados de la cera de Arrayán tratada y la cera de Arrayán cruda.

## **HIPÓTESIS**

Verdadera

Existen diferencias entre las propiedades fisicoquímicas del concreto proveniente del área de Sierra de las Minas y Coban, y las ceras refinadas respectivamente obtenidas.

Nula

No existe diferencias entre las propiedades fisicoquímicas del concreto proveniente del área de Sierra de las Minas y Coban, y la cera refinada respectivamente obtenida.

## INTRODUCCIÓN

Los seres humanos al interactuar con la biodiversidad de su entorno, han hecho de ella una fuente de subsistencia, especialmente en la flora, que han extraído sus componentes para su propio beneficio. De esta manera se ha servido para progreso comercial, industrial y como resultado de ello un desarrollo económico. Actualmente se ha dado prioridad a los recursos naturales renovables en general del medio ambiente, razón que ha provocado la postulación de normas nacionales e internacionales que contemplen la protección el medio ambiente.

Las plantas juegan un papel importante, ya que intervienen en la supervivencia de los seres humanos. En Guatemala contamos con una biodiversidad, amplia de flora y fauna. Entre las especies vegetales podemos mencionar las plantas ceríferas. El aprovechamiento del arbusto de Arrayán (*Myrica cerifera L.*) como una fuente de combustible con fines de iluminación en forma de candelas, para uso doméstico, en ritos religiosos y/o altares hechos en casa. Dichas candelas son frecuentemente encontradas en mercados comunales y artesanales, regularmente en el altiplano del país.

Entre otras aplicaciones de uso de la cera de Arrayán podemos nombrar: para producir jabones y pulir cuero. Actualmente en Guatemala existe una organización que se denomina Proyecto Ecológico Quetzal, que se esta orientándose a recolectar la cera cruda en la población rural, de la región nor-central de Guatemala. Dentro de sus propiedades medicinales se utiliza para gargarismos o colutorios para el tratamiento del resfrió, y para infecciones vaginales o emenagogo usándose como duchas. También tiene entre otras propiedades el ser repelente para moscas y cucarachas mediante la colocación de ramas pequeñas en los diferentes ambientes, en gabinetes o armarios.

Las aves, utilizan la frutilla como una fuente de alimento, y al momento de excretar se elimina la semilla, la cual germina con mayor facilidad en diferentes campos. Las raíces del arbusto de Arrayán poseen rizomas que fijan el nitrógeno atmosférico al igual que las plantas leguminosas, ayudando a la recuperación de la fertilidad del suelo. En otros países es utilizado como árboles ornamentales, debido a los siguientes factores: alta densidad de follaje permanentemente verde, rápido crecimiento y la buena respuesta a la poda.

El presente trabajo de graduación tuvo la intención de realizar una evaluación de las propiedades fisicoquímicas de las fracciones cera cruda (concreto) y cera refinada, extractables que se encuentra en la fruta o drupa del Arrayán, material colectado de arbustos silvestres de dos departamentos de la Republica de Guatemala como lo son Baja Verapaz y El Progreso. La extracción de la cera, mediante su solubilización con solventes orgánicos (etanol, hexano) y fusión soxleth con agua. A los concretos obtenidos se evaluarán los índices de calidad físicos y químicos, también se realizarán el análisis de ácidos grasos presentes en la cera, mediante cromatografía de gases.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Que es fuente de vida y vida eterna, riqueza, sabiduría e inteligencia. Por darme la oportunidad de continuar mis estudios superiores, a tí sea la gloria y la honra por los siglos de los siglos.

### **A MIS PADRES**

Por el apoyo incondicional que me dan en la trayectoria de mi vida, por la paciencia, los consejos y correcciones. Ante todo por el amor que me brindan. Los amo, siempre los llevo en mí corazón.

### **A MIS HERMANOS**

Nineth, Oswaldo, Edgar y Frida, porque son un buen ejemplo y siempre están a mi lado apoyándome, aconsejándome e inspirándome para alcanzar las metas. Los amo.

### **A MI ASESOR**

Ing. Cesar García, por confiar en mí y su amistad.

### **A MIS AMIGOS**

Por ser de bendición para mi vida.

### **A MIS PASTORES**

Lic. Carlos Luna (Cash) y Sonia de Luna, Por los consejos que han contribuido a alcanzar mis sueños y aspiraciones, porque a través de las enseñanzas, estoy aprendiendo a dar la vida por mis amigos. Lic. Rodolfo Mendoza (Choyo) *por* ser un ejemplo de humildad y perseverancia. De todo corazón los bendigo.

**A MIS PROFESORES** Ing. Glenda García, por haberme exigido ser más dedicado y por su amistad. Ing. Otto Raúl, por sus consejos y entusiasmo. Ing. Telma Cano, Ing. Julio Chavéz, por sus consejos y su dedicación para enseñar. Lic. Ricardo Contreras, por recordarme es su momento a seguir perseverando. Lic. Julita por su apoyo incondicional. PhD. Cobar, Lica. Arango por cultivar cada uno de los conocimientos en mi vida.

**A** Ing. Federico Salazar, Ing. Blanqui Chávez., Ing. Jorge Godinez, Lic. Qco. Ingrid Benítes, Ing. Eduardo Calderón, a la Bibliotecóloga Astrid Contreras de Osegueda y Don Luis Chacón, a los encargados de los laboratorios de INLASA y SHANADÚ por el apoyo dado para el desarrollo del presente trabajo de graduación.

## **ACTO QUE DEDICO**

**A MIS PADRES: DIEGO T. HERNÁNDEZ Y HERMINIA I. AGUILAR**

**A MIS HERMANOS: NINETH, OSWALDO, EDGAR Y FRIDA**

**A MIS AMIGOS**

**EN ESPECIAL, A *QUIEN DA EL SENTIDO REAL DE VIVIR A MI CORAZON CAUTIVANDOLO CON SU AMOR, QUIEN ME EXORTA, A QUIEN DIÓ LO MÁS VALIOSO, AL AMOR DE MI VIDA, QUIEN NO SOLO ES DIOS, TAMBIÉN ES MÍ PADRE CELESTIAL.***

*Diego Omar Hernández Aguilar*

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 Antecedentes

Anteriormente, se han realizado tres estudios dentro del marco de trabajo de graduación, las cuales están dirigidas a la cera de Arrayán, entre las cuales cabe mencionar: “La Evaluación preliminar de la cera extraída del árbol de Arrayán (*Myrica lindeliana* L.) realizada por Héctor Estrada, en 1991. Habiéndose trabajado con un concreto para la realización de la evaluación(8).

Posterior a este estudio se realizó otro bajo el título de: “Evaluación del proceso de blanqueo de la cera de Arrayán (*Myrica cerífera* L.) en suspensión con hipoclorito de calcio ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) a diferentes concentraciones y valores de pH. Realizado por Carlos Cardona Cabrera, en 1994(6). Obteniendo un cera ligeramente beige-amarillento. Otro trabajo con el título de “Evaluación del proceso de blanqueo de la cera del fruto del árbol de Arrayán (*Myrica cerífera lindeliana*), a pH = 5 y diferentes concentraciones de hipoclorito de calcio  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  y tiempos de contacto” realizada por el estudiante Victor Monzón Valdez, en 1996(11). Obteniendo como resultado una cera de color beige.

En 1998 el estudiante Gerson Pérez Cardoza, realizó la “Evaluación de la influencia de la temperatura y el tiempo de proceso en el blanqueo de la cera de Arrayán (*Mírca cérifera* L.) a nivel de laboratorio crudo fundido con hipoclorito de calcio dihidratado  $\text{Ca}(\text{COCl})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$ (16). En el proceso de recopilación bibliográfica se encontraron los siguientes datos, principalmente acerca de los concretos de la Myricaceas (*carolinensis*) refieren una densidad de alrededor de 0.975 – 1.098 a 25 °C; un punto de fusión entre 46 °C y 60 °C, el índice de refracción de 1.4360 – 1.4363 a 80 °C. Con un índice de acidez de 2.5. El índice de yodo entre 1.03 – 3.9 y de saponificación de 205 a 217.

## 1.2 Clasificación de las ceras

Las ceras pueden ser clasificadas de acuerdo a su origen en: animales, vegetales y minerales. La cera es un conjunto de sustancias por ésteres de ácidos grasos de alto peso molecular y alcoholes de características similares. Entre los principales componentes de las ceras, se encuentra el ácido palmítico, esteárico, cerótico, lignocérico y el melístico, además las ceras están constituidas por hidrocarburos tales como el heptacoseno, tricontano y hendricontano(3). Entre las ceras más conocidas se puede nombrar la cera carnauba, que se extrae de la hoja de la palmera de Brasil con una molécula típica  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{30}\text{COO}(\text{CH}_2)_{33}\text{CH}_3$ (14).

Las ceras vegetales son utilizadas por las plantas como medio de protección ante las adversidades del clima, principalmente la evaporación de líquidos como el agua. Entre los mecanismos de protección podemos nombrar:

- Ceras membraniformes
- El polvo que cubre los frutos
- Filamentos en los tallos

La mayoría de las ceras son solubles en solventes utilizados para grasas, tales como: cloroformo, éter, tolueno, hexano, etanol(11). Por lo general las ceras no son susceptibles al ranciamiento y son poco hidrolizables que las grasas. Tanto las ceras vegetales como las animales, no son ésteres de glicerina, sino mezclas de ácidos grasos de alto peso molecular y de ciertos alcoholes alifáticos o esteroides con ácidos grasos libres, alcoholes libres e hidrocarburos.

### 1.2.1 Generalidades

La familia de las Myricaceas se conforma aproximado de 15 géneros, cuyas 74 especies están distribuidas en regiones tropicales y templadas, existe referencia que el primer cultivo se dio en 1699. El Palo de cera de Arrayán es un arbusto aromático que puede crecer hasta siete u ocho metros. Sus hojas permanecen verdes, de distribución alternada y simple, de olor fragante, las hojas son dentadas, lobuladas con contenido de resina, sin estípulas. Las flores pequeñas monoicas y dioicas, amento u oblongos, flores solitarias en la bráctea, no posee periantos, flor estamínifera, de 4 a 8 estambres insertos en el receptáculo, filamentos cortos poco unidos o muy poco unidos, anteras ovoideas, células longitudinales decientes, flor con pistilo de una sola célula ovárica subtenida por 2 u 8 brácteas, óvulo solitario, ortóptero, estilo muy corto, los dos estigmas lineales, frutos o drupas pequeños, con exocarpo ceroso, semilla simple, endocarpo duro, cotiledón plano convexo.

El género *Myrica* L. cuenta con tres especies, las cuales son: *Myrica cerífera*, *Myrica lindeliana* y *Myrica prienglei*(22). Su distinción se basa en la presentación de las hojas. La *Myrica cerífera*, es de hojas agudas acuminado, dentadas en forma sinuosa o subenteras, con hojas obtusas o muy obtusas. La *lindeliana* presenta hojas oblongas-obloceadas, de 5 a 11 cm de longitud, conspicuentemente dentadas o aserradas en toda su longitud. Y finalmente la *prienglei* presenta hojas ovaladas de 1 a 4 cm de longitud, enteras o sinuosamente dentadas.

La cosecha del fruto de Arrayán se estima que rinde de 5 a 10 libras de cera obtenida por fusión. Distribuida ampliamente la *Myrica cerífera*, principalmente en bosques de coníferas, también en sabanas desde el nivel del mar hasta los 2500 metros. Se ubica en Alta Verapaz, Izabal, Zacapa, Chiquimula, Jalapa, Guatemala. Escuintla, Sácatepeques, Chimaltenango, Quetzaltenango, Quiché, Huehuetenango.

Las especies mexicanas y centroamericanas son difíciles de delimitar, incluso se podría referir como especies mesoamericanas. La especie denominada Palo de Arrayán se conoce con la siguiente abreviatura: MYRCER. Y con los siguiente sinónimos: *Gua-ut*, que significa comida de pajaros (Kekchí), *Chac olol* (Chiapas), *Morella cerífera*, *Cerothamnus cerífera*, *Cerothamnus pumilus*, *Myrica carolinensis*, *Myrica pusilla*, *Myrica mexicana*. Nombres comunes: *Palo de Cera*, *Palo de Cera de San Pascual*, *Palo Cerero Candleberry*, *Wax myrtle*, *Bayberry*(2).

### 1.2.2 Lípidos

- Triglicéridos
  - Exógenos: absorción intestinal (alimentación)
  - Endógenos: síntesis hepática mediante ácidos grasos retirados de la circulación o por transformación de hidratos de carbono
  - Función: transportar energía hasta los órganos de depósito (almacenamiento de sus ácidos grasos)
- Colesterol
  - Exógeno: alimentos
  - Endógeno: sintetizado por todas las células pero s.t. por el hígado y el intestino
  - Función: constitución de membranas celulares, síntesis de hormonas esteroideas
  - Eliminación: hepática con la bilis (como colesterol o como ácidos biliares)
- Ácidos grasos libres
  - Lipólisis en el tejido adiposo (lipasa hormono-sensible)
  - Escisión de los triglicéridos (lipoproteinlipasa)

Función: fuente de energía inmediata.

### **1.2.2.1 Concepto de lípido**

Los lípidos son biomoléculas orgánicas formadas básicamente por carbono e hidrógeno y generalmente también oxígeno; pero en porcentajes mucho más bajos. Además pueden contener también fósforo, nitrógeno y azufre. Es un grupo de sustancias muy heterogéneas que sólo tienen en común dos características: son insolubles en agua, y son solubles en disolventes orgánicos, como éter, cloroformo, benceno, etc.

### **1.2.2.2 Clasificación de los lípidos**

Los lípidos se clasifican en dos grupos, atendiendo a que posean en su composición ácidos grasos (Lípidos saponificables) o no lo posean (Lípidos insaponificables).

Lípidos saponificables:

1. Simples

- Acilglicéridos

- Céridos

2. Complejos

- Fosfolípidos

- Glucolípidos

3. Lípidos insaponificables

- Terpenos

- Esteroides

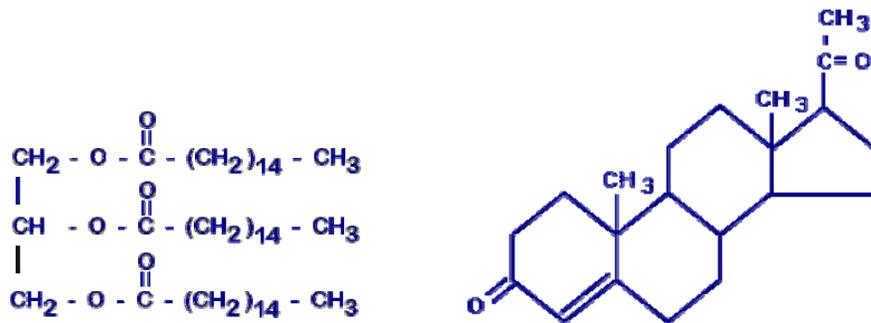
- Prostaglandinas

Los lípidos, generalmente conocidos con el nombre de grasas, son un grupo de compuestos químicos heterogéneos en cuanto a la estructura química que presentan y a la función que realizan, por lo que no podemos considerar estas dos características como un punto de partida para definirlos.

Esto se puede observar en los siguientes ejemplos, en donde aparecen las fórmulas de dos lípidos, uno de ellos es una manteca, mientras que el otro es una hormona humana.

Como se puede ver, son diferentes en cuanto a la estructura que presentan y a la función que realizan. Entre las características que comparten los lípidos tenemos que son compuestos no polares, por lo tanto son insolubles en agua, pero se disuelven fácilmente en solventes orgánicos como el éter, benceno y cloroformo. Los lípidos son sustancias orgánicas generalmente insolubles en agua y muy solubles en solventes orgánicos. Esta cualidad sirve como base para definirlos de la siguiente manera.

**Figura 1. Estructura química de los lípidos**



### 1.2.2.3 Fuentes de obtención de lípidos

Estos nutrientes, se pueden obtener de diversas fuentes de origen vegetal y animal, entre ellas podemos mencionar las siguientes: aceitunas, maíz, cártamo, aguacate, cacahuate, mantequilla, pescado, carne, tocino, aderezos para ensaladas, huevo, etc.

### 1.2.2.4 Función general de los lípidos

Los lípidos son importantes como fuente de energía, reserva energética así como elementos estructurales de las células. También actúan como aislante térmico y protegen a ciertos órganos de los golpes.

Desde el punto de vista energético, los lípidos nos proporcionan una mayor cantidad de energía que los carbohidratos, ya que contienen un mayor número de enlaces carbono – hidrógeno, ricos en energía. Las grasas proporcionan aproximadamente 9.0 calorías por

gramo de grasa, en cambio los azúcares proporcionan 4.0 calorías por gramo de carbohidrato. Cualquier tipo de alimento ingerido más allá de los requerimientos normales, será convertido en grasa la cual se depositará en el tejido adiposo.

Generalmente, a los lípidos se les clasifica en cuatro grupos: grasas neutras, ceras, fosfolípidos y esteroides. Los ácidos grasos son moléculas formadas por una larga cadena hidrocarbonada de tipo lineal, y con un número par de átomos de carbono. Tienen en un extremo de la cadena un grupo carboxilo (-COOH). Se conocen unos 70 ácidos grasos que se pueden clasificar en dos grupos : Los ácidos grasos saturados sólo tienen enlaces simples entre los átomos de carbono. Son ejemplos de este tipo de ácidos el mirístico (14C); el palmítico (16C) y el esteárico (18C).

Los ácidos grasos insaturados tienen uno o varios enlaces dobles en su cadena y sus moléculas presentan codos, con cambios de dirección en los lugares dónde aparece un doble enlace son ejemplos el oléico (18C, un doble enlace) y el linoleico (18C y dos enlaces dobles). Propiedades de los ácidos grasos: Solubilidad. Los ácidos grasos poseen una zona hidrófila, el grupo carboxilo (-COOH) y una zona lipófila, la cadena hidrocarbonada que presenta grupos metileno (-CH<sub>2</sub>-) y grupos metilo (-CH<sub>3</sub>) terminales.

Por eso las moléculas de los ácidos grasos son anfipáticas, pues por una parte, la cadena alifática es apolar y por tanto, soluble en disolventes orgánicos (lipófila), y por otra, el grupo carboxilo es polar y soluble en agua (hidrófilo). Desde el punto de vista químico, los ácidos grasos son capaces de formar enlaces éster con los grupos alcohol de otras moléculas.

Cuando estos enlaces se hidrolizan con un álcali, se rompen y se obtienen las sales de los ácidos grasos correspondientes, denominados jabones, mediante un proceso denominado saponificación. Lípidos simples son lípidos saponificables en cuya composición química sólo intervienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Son lípidos simples formados

por la esterificación de una, dos o tres moléculas de ácidos grasos con una molécula de glicerina. También reciben el nombre de glicéridos o grasas simples.

### Acilglicéridos

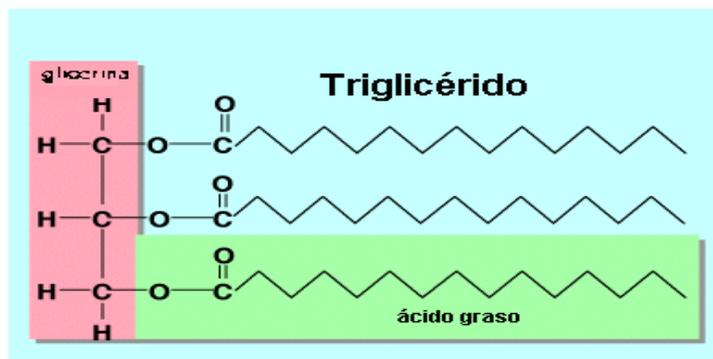
Según el número de ácidos grasos, se distinguen tres tipos de estos lípidos:

los monoglicéridos, que contienen una molécula de ácido graso

los diglicéridos, con dos moléculas de ácidos grasos

los triglicéridos, con tres moléculas de ácidos grasos

**Figura 2. Estructura de un triglicérido**



Los acilglicéridos frente a bases dan lugar a reacciones de

saponificación en la que se producen moléculas de jabón. Ceras: Las ceras son ésteres de ácidos grasos de cadena larga, con alcoholes también de cadena larga. En general son sólidas y totalmente insolubles en agua. Todas las funciones que realizan están relacionadas con su impermeabilidad al agua y con su consistencia firme.

Así las plumas, el pelo, la piel, las hojas, frutos, están cubiertas de una capa cerosa protectora. Una de las ceras más conocidas es la que segregan las abejas para confeccionar su panal.

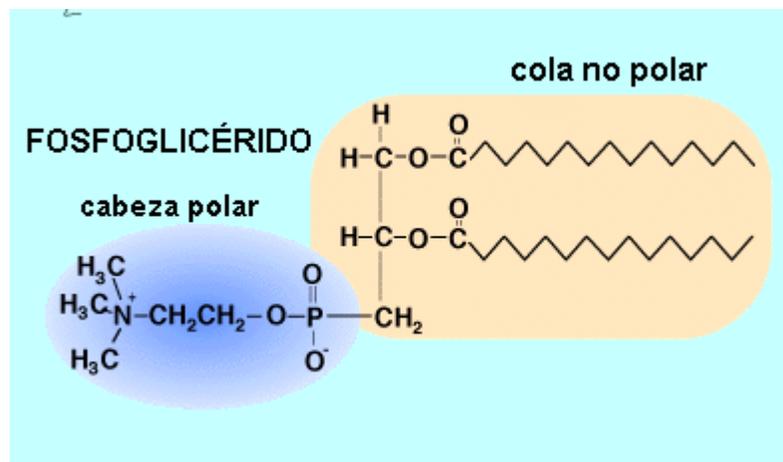
### 1.2.2.5 Lípidos complejo

Son lípidos saponificables en cuya estructura molecular además de carbono, hidrógeno y oxígeno, hay también nitrógeno, fósforo, azufre o un glúcido. Son las principales moléculas constitutivas de la doble capa lípica de la membrana, por lo que también se llaman lípidos de membrana. Son también moléculas anfipáticas.

### Fosfolípidos

Se caracterizan por presentar un ácido ortofosfórico en su zona polar. Son las moléculas más abundantes de la membrana citoplasmática. Algunos ejemplos de fosfolípidos.

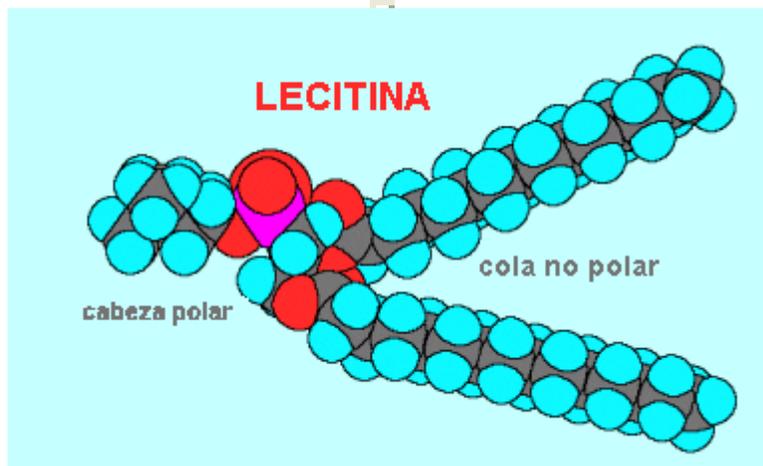
**Figura 3. Estructura química de un fosfoglicérido.**



**Figura 4. Estructura química de un esfingolípido.**



**Figura 5. Estructura química de un lectina.**



Los fosfolípidos son lípidos complejos que se caracterizan por poseer un glúcido. Se encuentran formando parte de las bicapas lipídicas de las membranas de todas las células, especialmente de las neuronas. Se sitúan en la cara externa de la membrana celular, en donde realizan una función de relación celular, siendo receptores de moléculas externas que darán lugar a respuestas celulares. Son moléculas lineales o cíclicas que cumplen funciones, muy variadas, entre los que se pueden citar:

#### **1.2.2.6 Hormonas sexuales**

Esencias vegetales como el mentol, el geraniol, limoneno, alcanfor, eucaliptol, vainillina.

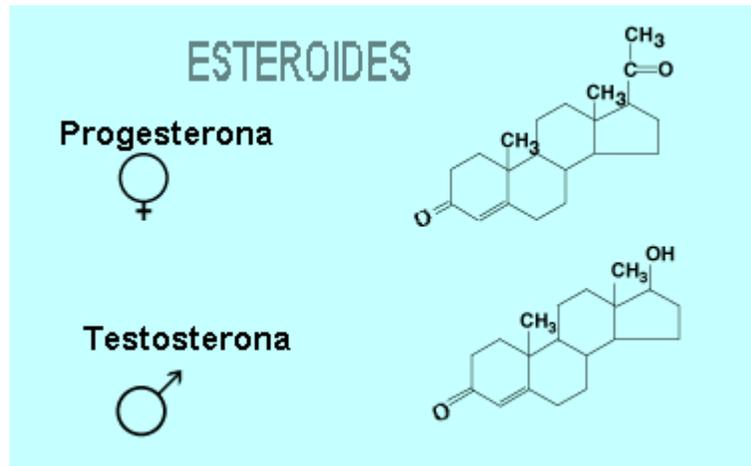
Vitaminas, como la vitamina A, vitamina E, vitamina K.

Pigmentos vegetales, como la carotina y la xantofila.

#### **Esteroides**

Los esteroides son lípidos que derivan del esterano. Comprenden dos grandes grupos de sustancias: Como el colesterol y la vitamina D. Hormonas esteroideas: Como las hormonas suprarrenales y las hormonas sexuales.

#### **Figura 6. Estructura química de los esteroides**



Entre las hormonas sexuales se encuentran la progesterona que prepara los órganos sexuales femeninos para la gestación y la testosterona responsable de los caracteres sexuales masculinos.

### **Hormonas suprarrenales**

Entre las hormonas suprarrenales se encuentra la cortisona, que actúa en el metabolismo de los glúcidos, regulando la síntesis de glucógeno.

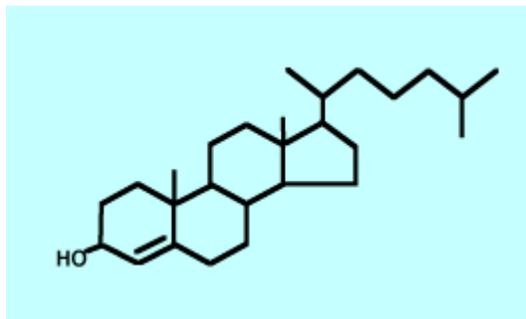
### **Prostaglandinas**

Las prostaglandinas son lípidos cuya molécula básica está constituida por 20 átomos de carbono que forman un anillo ciclopentano y dos cadenas alifáticas.

### **Colesterol**

El colesterol forma parte estructural de las membranas a las que confiere estabilidad. Es la molécula base que sirve para la síntesis de casi todos los esteroides. Las funciones son diversas. Entre ellas destaca la producción de sustancias que regulan la coagulación de la sangre y cierre de las heridas; la aparición de la fiebre como defensa de las infecciones; la reducción de la secreción de jugos gástricos. Funcionan como hormonas locales.

**Figura 7. Estructura molecular del colesterol**



### **Funciones de los lípidos**

Los lípidos desempeñan cuatro tipos de funciones: Función de reserva. Son la principal reserva energética del organismo. Un gramo de grasa produce 9'4 kilocalorías en las **reacciones metabólicas de oxidación**, mientras que los glúcidos sólo producen 4'1 kilocaloría/gr.

- 1.Función proteínas estructural: Forman las bicapas lipídicas de las membranas. Recubren órganos y les dan consistencia, o protegen mecánicamente como el tejido adiposo de piés y manos.
- 2.Función biocatalizadora: En este papel los lípidos favorecen o facilitan las reacciones químicas que se producen en los seres vivos. Cumplen esta función las vitaminas lipídicas, las hormonas esteroideas y las prostaglandinas.
- 3.Función transportadora: El transporte de lípidos desde el intestino hasta su lugar de destino se realiza mediante su emulsión gracias a los ácidos biliares y a los proteolípidos.

## Reacción de saponificación

### Saponificación:

Es una reacción típica de los ácidos grasos, en la cual reaccionan con álcalis y dan lugar a una sal de ácido graso, que se denomina jabón. Las moléculas de jabón presentan simultáneamente una zona lipófila o hidrófoba, que rehuye el contacto con el agua, y una zona hidrófila o polar, que se orienta hacia ella, lo que se denomina comportamiento anfipático.

## Reacción de esterificación

Esterificación. Un ácido graso se une a un alcohol mediante un enlace covalente, formando un éster y liberándose una molécula de agua.



## Triglicéridos

Los triglicéridos son el principal tipo de grasa transportado por el organismo. Recibe el nombre de su estructura química. Son un componente normal en el torrente circulatorio. Compuesto formado por la unión de tres ácidos grasos con glicerol a concentraciones elevadas de triglicéridos en suero que reflejan principalmente males de metabolismo lípido o hiperlipoproteinemia secundaria para enfermedades conocidas(9).

Mas aun en conjunción con colesterol total y de alta densidad la determinación de triglicéridos proporciona información valiosa para el tratamiento de riesgo de mal coronario de corazón(11).

La significancia clínica y administración hiperlipemia depende de la distribución de triglicéridos a lo largo de fracciones mayores de suero lipoproteína(19). Métodos previos para ensayos de triglicéridos han incluido aislamiento e hidrólisis química a

glicerol y ácidos libres grasas, con los subsecuentes calorímetros o análisis enzimático del glicerol.

Cuando Bucolo y David(23) reportaron la hidrólisis de triglicéridos usando lipasa los medios llegaron a ser disponibles para un ensayo total enzimático, este método fue modificado a prueba calorimétrica por Megraw(18) en 1979 para usar una reacción de color modificada para producir una reacción de punto final, lineal y rápida. Procediendo de triglicéridos, Eagle(19) se basa en esta determinación enzimática total modificada para triglicéridos en suero.

### **1.3 Análisis Físicoquímicos**

La importancia de conocer las propiedades físicas que posee el concreto y la cera propiamente, puesto que con estos datos puede ampliarse aún más las aplicaciones que posteriormente se le da como materia prima de alto potencial de uso. Al pretender darle un tratamiento de refinación al concreto, es para que sirva de base para otra variedad de manufactura de productos agregándole colores, aromas y propiedades como dureza en el caso de las veladoras, que es ahí donde se puede encontrar la mayor aplicación.

#### **1.3.1 Análisis del punto de ablandamiento**

Esta prueba mide la determinación del punto de ablandamiento de resinas (incluso la colofonia) y materiales similares por medio del aparato del anillo-y-bola. En general, con los materiales de estos tipos, el ablandamiento no tiene lugar en una temperatura definida.

Con el alza de la temperatura de los materiales, estos cambian gradualmente pasando por un estado quebradizo previo a la temperatura de fundición quedando como materiales semi-líquidos más suaves, de lento-fluido y menos viscosos. Para estas razones, la determinación del punto de ablandamiento debe hacerse por un orificio fijo,

arbitrario, y estrechamente definido, en los resultados obtenidos deben ser análogos. En este método, el punto de ablandamiento está definido como la temperatura a que un disco de la muestra sostenido dentro de un anillo horizontal, bajo el peso de una bola de acero dentro de un baño de glicerina o agua, que se extiende hacia abajo.

### **1.3.2 Prueba normal para el punto de fusión de la cera**

Este método de la prueba cubre la determinación del punto fundición de cera de petróleo. Es usada para la cera del petróleo y para las ceras de estructura microcristalina. El punto de fundición de la cera del petróleo, es la temperatura determinada en la que los materiales cambian de estado de sólido a uno fluido, son definidas por las condiciones prescritas de la norma a utilizar. Los valores asociados en las unidades de SI serán considerados como la norma lo indica.

Un espécimen de cera fundido en un tubo de la prueba encajado con un termómetro es puesto en un baño, se rodea a su vez por un baño de agua con una temperatura de 16 a 28 °C. con los frascos de cera, se toman lecturas periódicas de su temperatura. Cuando la solidificación de las ceras ocurre, debido las disminuciones de temperatura. La temperatura al punto que solidifica es el registrador como el punto fundición.

### **1.3.3 Prueba normal para la preparación de ésteres de metilo de los ácidos grasos**

Para la determinación de composición del ácido graso por la cromatografía de gas-líquido. Este método de la prueba cubre un procedimiento para la conversión de los ácidos grasos de animal y ácidos grasos de vegetales, en ésteres del metilo conveniente por la cromatografía de gas-líquido. Este método de prueba es aplicable a los ácidos grasos de animal y de vegetales que tienen 8 a 24 átomos del carbono.

Este método está basado en el esterificación de ácidos grasos con el metanol, usando el trifloruro de boro como el catalizador. Los ésteres del metilo se extraen con el éter etílico y se recupera por la evaporación del éter. Este método proporciona un medio por que los ácidos grasos de animales o vegetales, son convertidos en sus ésteres de metilo correspondientes, para que los ácidos grasos puedan ser analizados. El método de la prueba es D 1983.

#### **1.3.4 Método para la determinación de la dureza**

Este método de la prueba describe siete tipos de durómetros A, B, C, D, DO, O y OO, y procedimiento por determinar la dureza de identificación de sustancias clasificada como caucho, materiales celulares, elastómeros y algunos plásticos duros. Este método de la prueba no es aplicable a la comprobación de tejidos. Este método permite determinar la dureza, medidas que se basaron en la identificación inicial o identificación posterior de un período especificado de tiempo, o ambos. Este método de la prueba, es basado en la penetración de un tipo específico de identificador, que fuerza al material bajo las condiciones especificadas en las normas ASTM y COGUANOR.

La dureza del material se relaciona inversamente a la penetración y es dependiente en el módulo elástico y conducta de visco-elasticidad del material.

La forma del la probeta y la influencia de fuerza aplicada que los resultados obtuvieron, así no puede haber ninguna relación simple entre el resultado obtenido con un tipo de

durómetro y aquellos obtenidos con otro tipo de durómetro u otros instrumentos para medir la dureza. Este método es una prueba empírica.

### **1.3.5 Análisis de rigidez dieléctrica**

Tiene por objeto comprobar la resistencia de los aislantes a su perforación, al ser sometidos a una tensión superior a la nominal a una temperatura próxima a la de régimen, debido a la disminución de la calidad de los dieléctricos al aumentar la temperatura. Las normas prescriben para las pruebas de aislamientos con tensión aplicada que deben ser sólo aplicables a máquinas nuevas, siendo estas tensiones especificadas según las Normas de cada país. Las pruebas de rigidez dieléctrica se realizan entre:

1. Circuito y masa
2. Conductores

El método de la prueba normal para el voltaje de la avería dieléctrica y rigidez dieléctrica de sólidos los materiales eléctricos a las frecuencias de poder comerciales. Este método cubre los procedimientos para la determinación si la fuerza eléctrica de materiales aislantes sólidos a las frecuencias de poder comerciales, bajo las condiciones especificadas. A menos que por otra sea parte especificado, la prueba se hará a 60 Hz. Sin embargo, este método puede usarse a cualquier frecuencia de 25 a 800 Hz. En las frecuencias sobre 800 Hz el título dieléctrico puede dar problema. Se piensa que este método es usado junto con cualquier documento norma ASTM u otro debe especificar la opción particular a ser usada.

Puede usarse a varias temperaturas, y cualquier medio gaseoso o líquido conveniente. Este método no se piensa por medir la rigidez dieléctrica de materiales que son fluidos

bajo las condiciones de prueba. En esta prueba normalmente, el usuario determina el voltaje de la muestra dieléctrica a través del espesor de un espécimen de la prueba (la perforación). También puede usarse para determinar el voltaje de la muestra dieléctrica a lo largo de la interfaz entre un espécimen sólido y el medio gaseoso o líquido (el flashover). El voltaje alterno, a una frecuencia de poder comercial 60 Hz. Se aplica a un espécimen de prueba. El voltaje se aumenta del cero o forma un nivel debajo del voltaje de la avería, en uno de tres métodos prescritos de aplicación de voltaje, hasta el filo dieléctrico del espécimen de la prueba.

El voltaje de la prueba mediante los electrodos simples, aplicados en las caras opuestas de especímenes. Los especímenes pueden amoldarse, o en forma de hoja plana o plato. Pueden usarse otro electrodo el y configuraciones del espécimen para acomodar la geometría del material, o para simular una aplicación específica para que evaluarse el material.

### **1.3.6 Método de la prueba normal para la viscosidad de Saybolt**

El método de prueba cubre los procedimientos empíricos por determinar la viscosidad Saybolt o Universal el Saybolt, las viscosidades de Furol del productos del petróleo a las temperaturas especificados entre en 21 y 99 °C. un procedimiento especial para los productos cerosos es indicar la temperatura de ejecución y las velocidades obtenidas. Los valores declarados en el sistema internacional (SI) será considerado como la norma.

El tiempo de elución en segundos de 60 mL de muestra que fluye a través de un orificio calibrado, es moderado bajo las condiciones cuidadosamente controladas. Este tiempo se corrige por un factor del orificio y se informará como la viscosidad de la muestra a esa temperatura.

### **1.3.7 Análisis de penetración**

Este método de prueba cubre la determinación de la penetración de un semisólido o sólido bituminoso. Materiales que tienen las penetraciones debajo de 350 pueden ser probados por el aparato normal y procedimiento. Materiales que tienen las penetraciones entre 350 y 500. Para la determinación se utiliza el aparato especial llamado Penetrometro y las modificaciones a las probetas deben de estar de acuerdo a la norma aplicada.

La muestra se funde y enfría bajo las condiciones controladas. La penetración es moderada con el penetrómetro que contiene una aguja normal se aplica a la muestra bajo las condiciones específicas (ver apéndice). La prueba de penetración se usa una medida de consistencia. Los valores superiores de penetración indican la consistencia más suave que puede o posee el material a analizar.

### **1.3.8 Descripción de color**

Para describir el color, se debe hablar de ambas acciones físicas, un cuerpo sobre el cual absorba la longitud de onda y la onda de luz que es emitida, un estímulo en forma de luz y como resultado subjetivo, recibir e interpretar el estímulo en el ojo y el cerebro. Desde el punto de vista completamente físico, la producción de color requiere tres cosas: una fuente de luz y objeto que ilumina, el ojo para percibir el color. Alternativamente, el ojo puede reemplazarse por un descubridor fotosensible y equipo auxiliar que aproxima su acción en la luz detector. Mientras una fuente de iluminación puede verse directamente como tener el color sin iluminar algo.

La luz, al atravesar un prisma de cristal, se descompone en los siete colores del espectro. De éstos, se aceptan tradicionalmente tres como colores primarios o fundamentales, que son el rojo, el amarillo y el azul. Luego hay tres colores secundarios: anaranjado (rojo más amarillo), verde (azul más amarillo) y morado (rojo más azul).

La combinación de un secundario y un primario en el que predomina el último da lugar a los colores terciarios y así sucesivamente hasta formar la inmensa gama de tonos. Hay

colores cálidos, o sea, que expanden luz y éstos son el rojo y el amarillo. También hay colores fríos, que absorben luz, como el verde, el morado y el azul. Los colores complementarios son los que, al mezclarse, dan blanco. Esto ocurre entre el rojo y el verde, el anaranjado y el azul, y el morado con el amarillo.

### **Fuente de color**

Identificación ligera visible que forman de energía, la parte de la familia que incluye las ondas radiofónica, unas radiografías, como tejido, como la luz ultravioleta e infraroja. La luz puede describirse por su longitud de onda para que el milimicrón ( $m\mu$ ) o nanómetro (el nm) es una unidad conveniente de longitud.

Todos los cuerpos tienen la capacidad de absorber una determinada longitud de onda, reflejándola en los diferentes colores que conocemos. Existe una combinación de los colores, que no son definidos por el ojo humano, pero si por aparatos que pueden definir en coordenadas la posición entre los colores que se pueda encontrar (siendo estas en los ejes x, y, z). Datos que se pueden determinar obteniendo la longitud de onda que es absorbido por el cuerpo a que se le esta aplicando la iluminación.

La insensibilidad relativa del ojo limita la parte visible del espectro a una banda muy estrecha de longitudes de onda entre aproximadamente 380 y 750 nm. Se reconoce el color del azul debajo de aproximadamente 480 nm, verde, aproximadamente entre 480 y 560; amarillo, entre 560 y 590; anaranjado, entre 590 y 630; y las longitudes de onda rojas superiores a 630 nm.

## **1.4 Índices de calidad**

### **1.4.1 Índice de saponificación**

Es la cantidad de álcali necesaria para saponificar una cantidad determinada de muestra, y se expresa en miligramos de hidróxido de potasio (KOH) por gramo de sustancia de grasa.

#### **1.4.2 Índice de yodo**

Es una medida de insaturación de los cuerpos grasos y se expresa en gramos de yodo absorbidos por 100 gramos de sustancia grasea.

#### **1.4.3 Índice de peróxido**

Es la cantidad de total de sustancias que oxidan el yoduro de potasio en las condiciones del ensayo, y se expresa en miliequivalentes de oxígeno peróxido por kilogramo de muestra. Generalmente se asume que estas sustancias son peróxidos y otros productos similares provenientes de la oxidación de las grasas.

#### **1.4.4 Índice de refracción**

El índice de refracción de una sustancia ( $n$ ) a una longitud de onda determinada ( $\lambda$ ) está dado por la relación  $n = c/v_\lambda$  donde  $v_\lambda$  es la velocidad de propagación de la luz en un medio y  $c$  es la velocidad de la luz en el vacío. El índice de refracción depende entre otras variables de la longitud de onda del haz luminoso, la temperatura, de la composición y concentración del medio.

Donde se produce la propagación del haz, y por lo tanto puede utilizarse esa técnica para medir concentraciones o identificar sustancias. El índice de refracción depende fuertemente de la temperatura, principalmente del efecto que esta produce en la densidad

del medio. Los refractómetros dependiendo del intervalo de medición; puede calibrarse con agua (de pureza adecuada), con distintos líquidos de índice de refracción certificados o vidrios con índice de refracción previamente.

## **1.5 Análisis proximal**

### **1.5.1 Análisis en las harinas de origen vegetal**

Análisis en el cual se evalúa los diferentes contenidos tanto proteínicos, humedad, fibra cruda, grasa cruda o extracto etéreo y cenizas de las harinas.

## **2. METODOLOGÍA**

## **2.1 Localización**

La parte experimental del proyecto se realizará en los laboratorios de química del Área de Química de la Escuela de Ingeniería Química y la Sección de Química Industrial, del Centro de Investigación de Ingeniería –CII- Edificio T-5.

## **2.2 Recursos humanos**

Investigador	Diego Omar Hernández Aguilar
Asesor	Ing. Químico Cesar Alfonso García Guerra

## **2.3 Metodología experimental**

### **2.3.1 Obtención del material**

El material a utilizar en el proyecto para la evaluación de las propiedades fisicoquímicas y físicas de la cera de Arrayán, se seleccionó basado en recolectar fruto de Arrayán de la época de maduración de fruto en Guatemala que corresponde a los meses comprendidos de agosto de 2001 a enero de 2002. Las regiones que se escogieron para recolectar fueron en base a la disponibilidad y que se ubican a distintas alturas sobre el nivel del mar. Dicha cosecha se realizó a nivel cooperativo, entre las familias que están involucradas dentro del Proyecto Ecológico Quetzal. A continuación se hace una descripción de la ubicación y características de las regiones de donde se va a obtener la materia prima para la ejecución de la práctica del proyecto de graduación.

#### **LOTE 1**

Bosque natural silvestre, ubicado entre la Sierra de Chuacús y Sierra de las Minas.

1. Coordenadas de muestreo: Longitud de 90°07', Latitud 14°55', Altitud 2000-2499 ms-nm.

2. Génesis del suelo: suelos desarrollados sobre esquistos a elevaciones medianas.
3. Zona de vida vegetal subtropical muy húmeda y montano bajo húmedo.

Climatología: (B'b'Br). Carácter del clima semi-cálido; variación de la temperatura con invierno benigno y encinos, distribución de la lluvia sin estación seca bien definida.

#### LOTE 2

Bosque natural silvestre de la Finca de los Cimientos, ubicada en la Aldea Matanzas, San Jerónimo, Baja Verapaz, desvío en el Km. 145 de la carretera a Coban.

Coordenadas del muestreo: Longitud 90°15', Latitud 15°07', Altitud 1730 msnm.

- 1 Génesis del suelo: Suelos desarrollados sobre serpentinita y rocas asociadas a elevaciones medianas.
- 2 Zonas de vida vegetal: Subtropical muy húmeda y montano bajo húmedo.
- 3 Climatología: (B'b'Cr), carácter del clima simi-cálido; variación de la temperatura con invierno benigno; humedad semiseca, con vegetación natural característico de pastizales; distribución de lluvia sin estación definida.

#### 2.4 Reactivos

Para la extracción de los concretos

Solventes Hexano, etanol, agua

Planchas de calentamiento con agitación

Para el proceso de refinamiento

Carbón activado

Tierras silíceas

Etol absoluto

Los reactivos a utilizar se describen en las normas a utilizar son las ASTM y COGUANOR respectivamente.

## **2.5 Procedimiento**

1. La frutilla previamente limpiada se introduce a una licuadora con las cuchillas sin filo, para obtener una separación de la almendra y el material ceroso conteniendo almidones.
2. El material ceroso se hace pasar por tamices de diferentes números de mesh, para separar las almendras, las partículas de almidón relativamente grandes del material ceroso con menor contenido de almidón.
3. Extraer por medio de fusión con diferentes solventes orgánicos (etanol y hexano) y agua el concreto de las partículas de almidón.
4. Separar el concreto del solvente.
5. Preparar las muestras de cada concreto para los respectivos análisis según lo indique la norma ASTM a utilizar.

6. Realizar los análisis de acuerdo a las normas ASTM según sea el análisis, tomando lectura de los resultados.
7. Para la refinación de la cera, colocar 200 gr de concreto en un erlenmeyer de 125 ml. Agregar el 10% de carbón activado y 10% de calcita purificada en peso. Añadir etanol y calentar durante 120 minutos, teniendo cuidado de agitar constantemente, para evitar la ebullición.
8. Filtrar en caliente, para separar el carbón activado y la calcita purificada.
9. Dejar enfriar, posteriormente tratar de mantener a temperatura menor de -10 °C. Durante 12 horas.
10. Filtrar manteniendo la temperatura lo más bajo posible.
11. Colocar los grumos separados en un beacker de 2000 ml con agua y calentar.
12. Dejar enfriar la cera.
13. Preparar las muestras para realizar los análisis según la normas ASTM lo indiquen.
14. Realizar los análisis de acuerdo a lo establecido por las normas ASTM, y anotar los resultados.

Los solventes orgánicos utilizados deben ser recuperados utilizando la unidad de rota-evaporación al vacío, etiquetando cada uno de los frascos para almacenarlos.

## **2.6 Para la evaluación del concreto y la cera refinada**

Índice de saponificación

Índice de yodo

Índice de peróxido

Harinas de origen vegetal

Se realizará de acuerdo a lo que establecen las normas COGUANOR, en cada una de las normas 2.12, 3.12, 3.16, 3.20 respectivamente.

**Para los siguientes análisis**

Punto de ablandamiento

Punto fusión de la cera.

Esteres de metilo

Determinación de la dureza

Rigidez dieléctrica

Viscosidad de Saybolt

Análisis de penetración

La descripción de color

Se realizará de acuerdo a las normas ASTM D-6 04:03; D-70/04.04; D-88/05.01; D-92/04.05; D-149/08.01; D-2240/08.02; E-28/06.03. respectivamente.

**Densidad**

La determinación de la densidad se realizará mediante el peso de la muestra y el volumen desplazado.

**Determinación del índice de Refracción**

Refractómetro Abbe Modelo 32200, el cual presenta las siguientes especificaciones:

Rango de mediciones en el índice de refracción 1300-1.70

Precisión en mediciones índice de refracción +/- 0.0002

Rango de temperatura	0 °C. –70 °C
Peso del instrumento	2.6 Kg
Dimensiones del instrumento	100*200*240 mm

### **Análisis estadístico**

El análisis de los resultados obtenidos se realizaron dentro del marco de la desviación estándar. Colocando la media de las repeticiones mínimas que establece la estadística. Este valor promedio y su desviación estándar tanto en los índices de calidad como en los parámetros, permiten obtener un valor en un análisis con un margen en el cual fluctúa, estableciendo un rango de variación producto de las similitudes entre cada repetición. Haciendo de esta manera más confiables los valores obtenidos de cada uno de los análisis efectuados, debido a que en el desarrollo del trabajo de graduación se persiguió un valor único y comparativo entre el concreto y la cera refinada entre cada lote.

### **Manejo de la fase experimental**

Los reactivos se obtuvieron de la Sección de Química Industrial del Centro de Investigación de Ingeniería.

### **Material y equipo**

#### **Para la realización del proyecto**

1. Marcadores, borradores, diskettes, masking-tape, tijeras
2. Fotocopias, bibliografía Computadora, Pentium IV
3. Impresora Canon S400
4. Internet
5. Papelería y útiles de oficina: Hojas de papel bond color blanco, lapiceros

#### **Para la fase experimental**

##### **Balanza analítica**

Ohaus Adventurer  
Capacidad 210 gramos

### **Refractómetro**

Abbe Modelo 3220

### **Circulador xDigital, Modelo C 12112-10**

VAC, Hz Amps	120,60,9.0
Rango de temperatura	-20 a 150 °C
Estabilidad de temperatura	+/- 0.05 °C
Dimensiones del instrumento	5*13*6 pulgadas
Peso del instrumento	7.7 lb (3.5 Kg)

### **Plancha de calentamiento Marca Corning**

Modelo	84303-20
Rango de velocidad	60 a 1100 RPM
Condiciones ambientales	41 0 104 °F (5 a 40 °C.)
Máxima capacidad que revuelve	75 Lb
Dimensiones superiores de la placa	10*10 pulgadas
Gamma de temperatura de la placa caliente	77 a 1022 ° F ( 25-550 ° C.)
Dimensiones totales	21/2 W * 413/16" H * 143/8 " D

### **Tamices**

ASTM E-11	
Aperture	14, 20, 30, 40, 50, 60
Laboratory test sieve	
Edecotts LTD London England	

### **Penetrómetro**

Universal Penetrometer	1/10 TH MM DIV
HUMBOLTD MFG.CO	
Cientific INSTRUMENT	

**Licadora Osterizer Galaxie cicle blend**

Service 869-18 R

Volts 120 Watts 375 -MAX

**Horno con unidad de extracción al vacío**

Model No. 1415 M

Serial No 1201189

Part No 9100710

Amp 4 Volt 120 Hz 60

SHELDON MANUFACTURING INC

300N 265 TH

CORNELIUS OR 97113

**Rotavapor BUCHI Switzerland**

R -3000

**Chiller**

Col-Parmer

625 East Bunker Court

Vernon Hills

OL 60061 800-323-4340

**Incubadora**

Ficher Isotemp® 500 series

**Refrigerador**

Modelo C 1283-60

VAC 115 Hz 60 Amp 8

Rango de operación 60 a -20 ° C

Probe dimensions	3’’L*10’’ W* 9’’ H
Peso del instrumento	49.0 lb (22.2 Kg)

### **Cristalería**

Beacker Kimax de 25, 50 y 200 mL

Erlenmeyers Kimax de 125 mL

Termómetro de 0 a 100 ° C

Pizetas

### **Reactivos**

Agua desmineralizada Salvavidas

Alcohol etílico (etanol)

J.T. Baker SOLUSORB. Lote T32C56

Absoluto anhidro, desnaturalizado SDA – 40B

### **Hexano**

MERCK KgaA

Formula C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>

Peso molecular 86.17 g/mol

Volumen 4 L

Composición C:83.62 %, H: 16.38%

Compuesto de sulfuro 0.005%

## **3. RESULTADOS**

Las tablas siguientes brindan los resultados obtenidos del procedimiento de extracción de los concretos de Arrayán con los diferentes solvente utilizados, y la cera producto del proceso de refinamiento de los concretos.

### 3.1 Evaluación fisicoquímica de los concretos y ceras refinadas

**Tabla I. Parámetros de evaluación de Temperaturas**

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN					TEMPERATURAS ° C	
SOLVENTE		LOTE	REBLANDECI- MIENTO	Desviación Estándar	FUSIÓN	FLASH POINT
MATERIAL  CONCRETO	HEXANO	L <sub>1</sub>	39.75	± 0.43	45.35	210
		L <sub>2</sub>	45.25	± 0.43	45.85	201
	ETANOL	L <sub>1</sub>	39.25	± 0.43	41.00	204
		L <sub>2</sub>	41.25	± 0.43	42.00	190
	AGUA	L <sub>1</sub>	45.00	± 0.00	45.00	224
		L <sub>2</sub>	43.00	± 0.00	45.00	215
MATERIAL CERA REFINADA		L <sub>1</sub>	47.00	± 0.00	52.95	245
		L <sub>2</sub>	46.75	± 0.43	53.30	250
BAYBERRY			*	*	38.9-48.9	*

Resultados de la medición de las temperaturas de transición de estado de flama para el concreto y la cera. Según las Normas ASTM E-28, D-87, D-127 y D-92.

\*Sin referencia

**Tabla II. Parámetros de evaluación de consistencia**

	CONSISTENCIA
--	--------------

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN			PENETRACIÓN mm/10 – 26 °C.					DUREZA SHORE 26 °C %	
			MASA UTILIZADA DE CARGA (gramos)					D-2	A-2
CONCRETO	SOLVENTE	LOTE	50	100	150	200	250		
		HEXANO	L1	13 ± 0	28 ± 0	36 ± 0	50 ± 0.5	59 ± 0.5	14 ± 0
L2			15 ± 0.5	23 ± 0	36 ± 0.5	40 ± 0	46 ± 0	21 ± 0	72 ± 0
ETANOL		L1	10 ± 0	18 ± 0	30 ± 0	36 ± 0	43 ± 0.5	8 ± 0	60 ± 0
		L2	30 ± 0	36 ± 0	46 ± 0	51 ± 0	60 ± 0	1 ± 0	27 ± 0
AGUA		L1	6 ± 0	12 ± 0	16 ± 0.5	19 ± 0.5	22 ± 0.5	22 ± 0	79 ± 0
		L2	13 ± 0	19 ± 0	24 ± 0	27 ± 0	30 ± 0	17 ± 0	70 ± 0
CERA	L1	10 ± 0.5	15 ± 0	20 ± 0	26 ± 0	30 ± 0	13 ± 0	66 ± 0	
	L2	5 ± 0	7 ± 0	11.33 ± 0.4	15.33 ± 0.4	20 ± 0	8 ± 0	60 ± 0	
CONCRETO BAYBERRY	*		7.5	*	*	*	*	71 - 78	

Resultados de la medición de la consistencia de la cera y los concretos de Arrayán obtenidos de los diferentes solventes, en función de la penetración y dureza Shore. Según la Norma ASTM D-5 y D-2240.

\* Sin referencia

**Tabla III. Parámetros de evaluación de rigidez dieléctrica**

RIGIDEZ	CONCRETO
---------	----------

<b>DIELÉCTRICA</b> <b>kV</b>	<b>CERA</b>	<b>AGUA</b>	<b>HEXANO</b>	<b>ETANOL</b>	
<b>LOTE</b>	<b>1</b>	34.95 ± 2.16	34.99 ± 0.82	33.7 ± 2.06	37.23 ± 1.5
	<b>2</b>	35.35 ± 3.87	35.21 ± 1.89	31.97 ± 1.63	37.98 ± 1.41
<b>CERA DE</b> <b>ABEJA</b>		39.96 ± 2.16	*	*	*

Resultados de la capacidad de aislamiento de los materiales grasos del fruto de arrayán a una velocidad de 1 E3 volt/segundo y 27 °C. Según la Norma ASTM D-87 y D-149.

\* Sin referencia

**Tabla IV. Parámetros de evaluación de la viscosidad**

<b>PARÁMETROS</b> <b>PARA</b> <b>EVALUACIÓN</b>		<b>VISCOSIDAD</b> <b>SAYBOLT STANDARD UNIVERSAL –SSU- seg.</b>						
	<b>LOTE</b>	46 ° C	54 ° C	56 ° C	58 ° C	60 ° C	62 ° C	64 ° C
<b>CERA</b>	<b>L<sub>1</sub></b>	26.96	19.88	19.00	17.70	16.08	15.82	13.64
	<b>L<sub>2</sub></b>	21.15	20.17	19.40	18.35	17.05	16.38	14.75

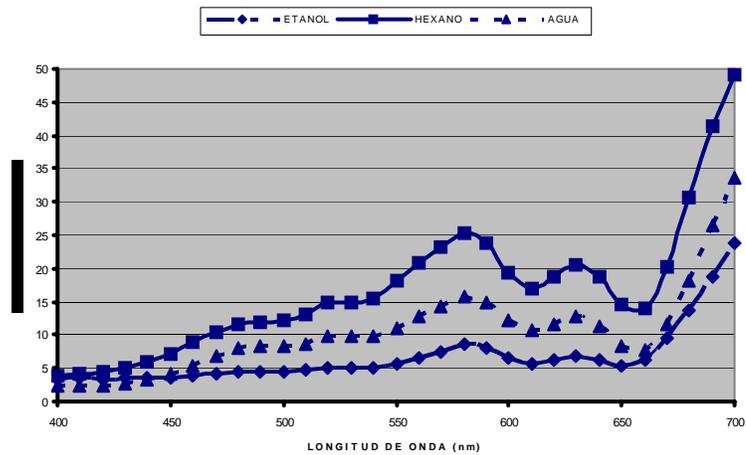
Resultados de las mediciones de viscosidad para la cera fundida a diferentes temperaturas. Según la Normas ASTM D-98.

**Tabla V. Evaluación del índice de refracción**

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN		ÍNDICE DE REFRACCIÓN									
CERA	LOTE	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64
	L 1	1.4550	1.4545	1.4540	1.4530	1.4525	1.4510	1.4505	1.4500	1.4480	1.4450
	L 2	1.4550	1.4540	1.4530	1.4525	1.4520	1.4520	1.4510	1.4505	1.4500	1.4450

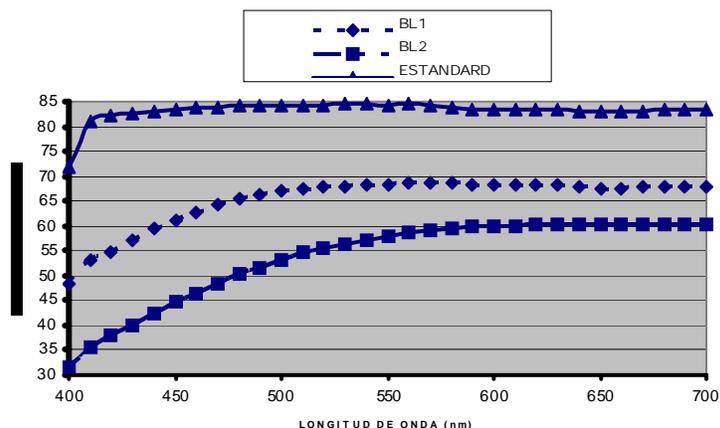
Resultados de la evaluación del índice de refracción de la cera en función de la temperatura, según la Norma ASTM D-877.

**Figura 8. Comparación de color entre los concretos extraídos con los diferentes solventes seleccionados provenientes del Lote 1 del fruto de Arrayán (*Myrica cerifera L.*) Recolectado**



**Figura 9. Comparación de color entre las ceras refinadas obtenidas, provenientes**

de los lotes recolectados de fruto de Arrayán (*Myrica cerifera L.*)



### 3.2 Evaluación de la calidad de la cera para los lotes 1 y 2, perfil de ácidos grasos (Cromatografías).

Tabla VI. Evaluación de los índices de calidad de la cera y concretos

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN		ÍNDICES DE CALIDAD DE LA CERA DE ARRAYAN			
	LOTE	SAPONIFICACIÓN	EQUIVALENTE DE SAPONIFICACIÓN	YODO	PEROXIDO
CERA	L1	184.60 ± 0.00	303.90 ± 0.00	2.650 ± 0.18	82.60 ± 1.6
	L2	196.40 ± 0.30	285.60 ± 0.30	2.89 ± 0.25	93.5 ± 2.8
CONCRETO BAYBERRY		206.0 – 212.0	272.0 – 264.6	2.00 – 4.00	*

Comparación del índice de saponificación medido en la cera, provenientes de los diferentes concretos. Según la Norma COGUANOR 34072 h1, h2y h21.

\* Sin referencia

**Tabla VII. Evaluación del índice de saponificación**

ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN		CERA	CONCRETO		
			HEXANO	ETANOL	AGUA
LOTE	L1	184.60	190.76	211.17	239.14
	L2	196.40	201.15	217.19	228.51
CONCRETO DE BAYBERRY		*	*	*	206.0 – 212.0

Comparación del índice de saponificación de la cera con los concretos de Arrayán, obtenidos de cada uno de los solventes. Según la Norma GOGUANOR 34072 h1.

\* Sin referencia

**Tabla VIII. Evaluación del índice de acidez**

ÍNDICE DE ACIDEZ		CERA	CONCRETO		
			HEXANO	ATENAOL	AGUA
LOTE	1	3.41	3.21	3.4	3.1
	2	3.51	3.02	3.32	3.1
CONCRETO DE BAYBERRY		*	*	*	*

Comparación del índice de acidez medio entre la cera y los diferentes concretos. Medición realizada según la Norma COGUANOR 34086 h7.

\* Sin referencia

**Tabla IX. Evaluación del índice de los índices de calidad en la cera**

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN		ÍNDICES DE CALIDAD DE LA CERA			
CERA	LOTE	ÁCIDEZ	% ÁCIDOS LIBRES	ÉSTERES	DENSIDAD 26 °C - g/mL
	1	3.41 ± 0.86	1.71 ± 0.86	181.2 ± 0.00	0.9723 ± 0.00
	2	3.51 ± 0.19	1.76 ± 0.19	192.9 ± 0.00	0.9800 ± 0.00
CONCRETO DE BAYBERRY		*	*	*	0.995 (15 °C)

Medición de los resultados de los índices de calidad para la cera del fruto de Arrayán. Según la Norma COGUANOR 34086 h7.

\* Sin referencia

### 3.3 Determinación de ácidos grasos

Tabla X. Evaluación decormatografía de gases

CROMATOGRAFÍA DE GASES		ACIDOS GRASOS %				
		SATURADOS			MONO - INSATURADOS	POLI - INSATURADOS
		MIRISTICO	PALMITICO	C 18	C18:1	C18:2/C18:3
LOTE	1	38.39	47.10	0.37	0.34	0.64
	2	43.12	51.69	0.36	0	0.64
BAYBERRY		58	35.6	Trazas	1.3	--

Detección de los ácidos grasos presentes en la cera extraída del Arrayán a nivel de laboratorio e identificados por cromatografía de gases. Según la Norma ASTM d-3457.

## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### **4.1 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas a los concretos y ceras refinadas**

Los resultados obtenidos en la determinación de los parámetros fisicoquímicos de los concretos y ceras refinadas quedan descritos en la tablas 1, 2 y 3 y la interpretación a dichos resultados es la siguiente:

1. Para las temperaturas de reblandecimiento existe diferencia significativa entre lotes 1 y 2 de concretos extraídos con hexanos, no así para los concretos extraídos con etanol y agua, además las ceras refinadas tampoco presentan diferencia significativa entre lotes.
2. Para las temperaturas de fusión no existe diferencia significativa entre lotes y tampoco entre concretos extraídos con los tres solventes seleccionados, pero si existe diferencia significativa entre los concretos y las ceras refinadas. Los puntos de fusión son mayores en las ceras refinadas en una magnitud de 6 a 11 grados Celsius. Esto refleja el efecto de los metabolitos secundarios que constituyen los componentes de la oleorresina y que están presentes en los concretos respectivamente. Se observa que la temperatura de fusión reportada en la literatura del concreto de bayberry es significativamente menor que el de los concretos guatemaltecos estudiados.
3. Para la temperatura de flameo (*Flash point*) existe diferencia significativa entre lotes y entre concretos, así como entre concretos y ceras refinadas.

Se observa que independientemente del lote la temperatura de flameo se

incrementa desde los concretos etanólicos a los hexánicos seguidamente los acuosos y las mayores corresponden a las ceras refinadas.

4. Para la evaluación de la consistencia se evaluaron los parámetros de penetración a diferentes masas de carga encontrándose diferencia significativa por lotes, también diferencia significativa por tipo de concreto y por lote de cera blanqueada y un efecto creciente en el grado de penetración por incremento de la masa de carga.
5. En relación a la dureza shore como parámetro de evaluación de la consistencia existe diferencia significativa por lote y por tipo de concreto. Es de notar que la dureza con indentador tipo D-2 es para materiales suaves y el indentador tipo A-2 es para materiales duros en lo que la consistencia de los concretos y cera corresponde a materiales semiduros. La dureza reportada por la literatura para el concreto de bayberry es correspondiente para el concreto de arrayán guatemalteco obtenido por fusión con agua.
6. Se consideró evaluar la rigidez dieléctrica para enfatizar el valor de los concretos y cera refinada como materiales industrializables de manera que se observa que no existe diferencia significativa de esta propiedad entre lotes y tampoco entre tipos de concreto o cera y el carácter aislante de la cera de Arrayán guatemalteco es similar a la cera de abeja.
7. La viscosidad medida en el rango de temperatura para la cera refinada fundida no presenta diferencia significativa por lote y disminuye con el incremento de la temperatura en el rango estudiado.

8. El índice de refracción medido en el rango de temperatura para la cera refinada fundida no presenta diferencia significativa por lote y disminuye con el incremento de la temperatura en el rango estudiado.

#### **4.2 Evaluación de los índices de calidad de los concretos y ceras refinadas**

Los resultados obtenidos en la determinación de los índices de los concretos y ceras refinadas quedan descritos en las tablas 6, 7, 8, 9, 10 y las gráficas 1 y 2 de manera que la interpretación de dichos resultados es la siguiente:

- a) En los índices de calidad de las ceras refinadas en general se observa que no existe diferencia significativa entre lotes. Al comparar el índice de saponificación si existe diferencia significativa entre concretos extraídos con diferente solvente inclusive diferencia entre cera refinada y concretos. También se puede observar que los índices de saponificación incrementan en su valor desde las ceras refinadas a concreto hexánicos y este concreto su índice es menor que el del etanólico hasta que el concreto acuoso es el mayor.
- b) Para el índice de acidez se puede concluir que no existe diferencia significativa entre lotes y tampoco entre concretos y ceras.
- c) La evaluación mediante cromatografía de gases de los ácidos grasos componentes de la cera puede concluirse que no existe diferencia significativa entre lotes la composición es similar, notándose que los ácidos palmítico (16,0) y mirístico (14,0) son los componentes mayores, mientras que el esteárico (18,0) y oleico (18,1) su contenido es menor.

- d) En relación al color mediante el sistema CIE el porcentaje de reflectancia presenta diferencia significativa entre el rango de longitud de onda del espectro visible de radiación electromagnética entre lotes y no alcanza la blancura del estándar de referencia catalogándose en forma cualitativa como un blanco gris verdoso.

### **4.3 Evaluación del análisis proximal de la semilla o endocarpo**

Los resultados obtenidos en la determinación del análisis proximal realizado a la semilla del fruto del Arrayán quedan descritos en la tabla del anexo 2, y la interpretación a dichos resultados es la siguiente:

- a) No existe diferencia significativa en el contenido de proteína por lotes y comparado al contenido en el maíz este es menor. Pero para propósitos nutricionales puede tener valor por ejemplo en alimentación animal (avícola y porcina).
- b) No existe diferencia significativa en el contenido de grasa por lotes y comparado al contenido en el maíz este es mayor. Nutricionalmente puede tener valor en alimentación avícola y porcina.
- c) No existe diferencia significativa en el contenido de fibra cruda por lotes y comparado al contenido en el maíz es notablemente mayor.
- d) No existe diferencia significativa en el contenido de carbohidratos por lotes y comparado al contenido en el maíz es notablemente menor.
- e) No existe diferencia significativa en el contenido de cenizas por lotes y comparado para este caso al contenido de cenizas en el maíz que es similar.

## CONCLUSIONES

1. Las propiedades fisicoquímicas obtenidas para cada uno de los concretos del fruto de Arrayán, presentan variaciones significativas por lotes estudiados en la mayoría de los parámetros evaluados. Como resultado de los factores ambientales en que se desarrollan las plantas.
2. El efecto por el contenido de oleorresina que presentan los diferentes concretos obtenidos del fruto de Arrayán en las propiedades fisicoquímicas estudiadas, denotan diferencias significativas con relación a las propiedades que se evalúan en las ceras refinadas obtenidas de dichos concretos.
3. El perfil de ácidos grasos presentes en la cera obtenida de cada lote estudiado es similar y contiene principalmente ácido mirístico (C<sub>14:0</sub>), ácido palmítico (C<sub>16:0</sub>) y trazas de ácidos grasos C<sub>18:0</sub>, C<sub>18:1</sub>, C<sub>18:2</sub>, C<sub>18:3</sub>, C<sub>20:0</sub> y C<sub>22:1</sub>.
4. El análisis proximal de la semilla de cada lote estudiado es similar y refiere un contenido de nutrimentos bajos, potencialmente aprovechables como complementos alimentarios para nutrición animal (aviar y porcina).

## RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio acerca del rendimiento de concretos extraídos del fruto de Arrayán, con los solventes orgánicos –etanol y hexano- y con agua.
2. Por el contenido de los ácidos mirístico y palmítico realizar pruebas para la producción de jabón, como otra forma de darle un valor agregado a la cera. Ya que la cera posee un mercado cotizado como materia prima dentro de la industria.
3. Realizar un estudio fitoquímico en el fruto del Arrayán (*Myrica cerífera L*).
4. Realizar estudios para determinar nuevos nichos para el aprovechamiento de la cera cruda del fruto de Arrayán como materia prima.

## BIBLIOGRAFÍA

1. American Society for Testing and Materials. **Annual book of ASTM Standards.** EUA : 1992. Test Methods/ Volumens: D- 6 04:03; D-70/04.04; D-88 / 05.01; D-92 /04.05; D-149 / 08.01; D-2240 / 08.02; E-28 / 06.03.
2. Bayley, L.H. **Manual of cultivated plants.** EUA : Macmillan, 1949. pp. 322-323.
3. Bennett, F.A.I.C. **Industrial waxes.** Vol. I, Natural & Sintetic Waxes 963 y Vol. II, Compounded Waxes & Waxes. EUA : Chemical Publishing,1966. pp. 131-132 (VI) 127-200 (VII).
4. Billmeyer, Frened and Max Salzman. **Principles of color technology.** EUA : Intersciencie Publishers, 1976. pp. 31- 38; 60-63.
5. Bucolo, G. and H.David. **Clin Chem.** (EUA)(19) : 476. 1973.
6. Cardona Cabrera, Carlos. Evaluación del Proceso de Blanqueo de la Cera de Arrayán (*Myrica cerifera* L.) en Suspensión con Hipoclorito de Calcio ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) a diferentes concentraciones y valores de pH. Tesis Ing. Qco. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingenieria, 1994. pp. 65.

7. Estrada, Hector. Evaluación Preliminar de la cera extraída de; árbol de Arrayán (Myrica lindeliana) . Tesis Ing. Qco. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994. pp. 72.
8. **Estudio de la prefactibilidad de la cera de San Pascual.** Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad Nacional Autónoma de Honduras 1989.
9. Gordon T., Castelli y otros. **AMEA. J. Jem.** (EUA)(62) : 707.1977.
10. Guatemala. Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. **Atlas Nacional de Guatemala.** Guatemala : Instituto Geográfico Nacional de Guatemala, 1972. pp. 2.12, 3.12, 3.16, 3.20.
11. Fredrickson y otros. **New Eng J. Med.** (EUA)(276) : 34.1967.
12. Hildich, T.P. **The industrial chemistry of the fast and waxes.** 3<sup>rd</sup> ed. England : Balliere, Tindall and Cox, 1949. pp. 44-8.
13. Monzón Valdez, Victor. Evaluación del Proceso de Blanqueo de la cera del fruto de Arrayán (Mírca cérífera L.) A Ph = 5 y Dieferentes concentraciones de Hipoclorito de calcio Ca(OCl)<sub>2</sub> y tiempos de contacto. Tesis Ing. Qco. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994. pp. 68.
14. Otero Anelle, Enrique. **Análisis de grasas, ceras y sus mezclas comerciales.** España : DOSSAT, 1946. pp. 2; 9-14; 17-42, 42-63.

15. Pavia, Fabianne. **El mundo de los perfumes.** España : Ultramar Editores, 1996. pp. 33-55, 62-63, 69.
16. Pérez Cardoza, Gerson. Evaluación de la Temperatura y el Tiempo de proceso en el Blanqueo de la Cera de Arrayán (Mírca cérifera L.) Crudo Findido con Hipoclorito de Calcio di-hidratado  $\text{Ca}(\text{COCl})_2\text{H}_2\text{O}_2$  a nivel de laboratorio. Tesis Ing. Qco. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingenieria, 1994. pp. 59.
17. Sharapin, Nikolai. **Fundamentos de tecnología de productos fitoterapeuticos.** Colombia : Publicación Convenio Andrés bello 200. Subprograma X CYTED, 2000. pp. 27-54, 101-112.
18. Standley, Paul and Julian Sytaramark. **Flora of Guatemala.** México : LIMUSA, 1996. p. 341.
19. Theimer, Ernest T. **Frangance chemistry, the science of the sense of smell.** EUA : Academic Press, 1982. pp. 136-138.
20. Tietz, N.W. **Fundamentals of clinical chemistry.** 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia : W.B.Saunders, 1986 p.889.
21. Warth, Albin. **The chemistry and technology of waxes** 2<sup>nd</sup> ed. EUA : Reinhold Publishing Corporation, 1956. pp. 4-76, 151-155, 269-279, 871-895.
22. Wingrove, Alan y otros. **Química orgánica.** México : HARLA, 1984. Cap. 8 y

25.

23. Wrioth, W.D. **The measurement of color.** 4<sup>th</sup> ed. EUA : Van Nostrand  
Reinhold, 1969. pp. 102- 137; 256-308.

## Apéndice A

**Tabla X. Resultados del perfil de ácidos grasos**

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\CGARCIA\M0000007.D

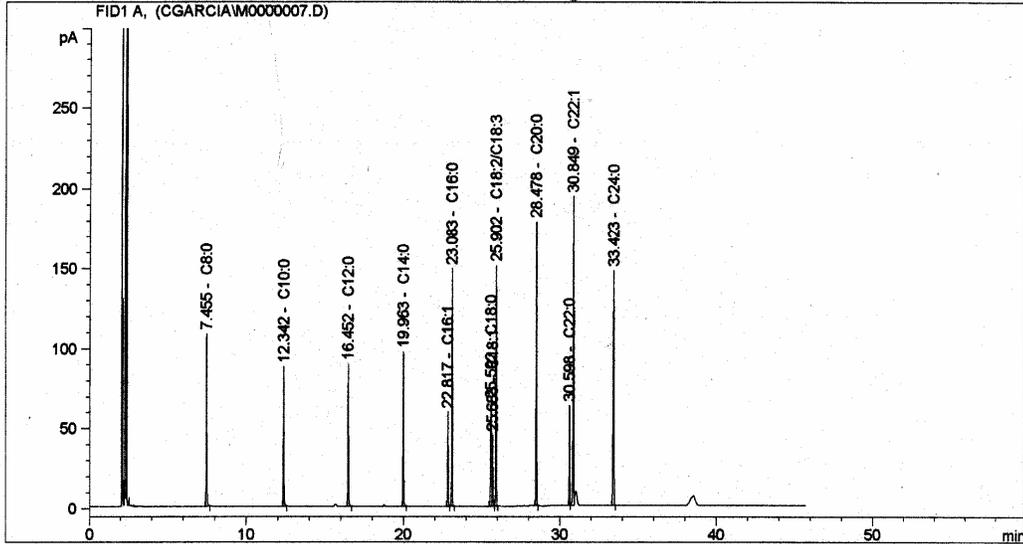
Sample Name: ESTANDAR

```

=====
Injection Date   : 11/13/2002 11:05:50 AM
Sample Name     : ESTANDAR
Acq. Operator   : RAPP
Vial            : 1
Inj             : 1
Inj Volume     : Manually

Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\ACGRASOS.M
Last changed    : 11/13/2002 10:20:08 AM by RAPP
                  (modified after loading)

Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\ACGRASOS.M
Last changed    : 11/14/2002 3:39:06 PM by RAPP
                  (modified after loading)
=====
    
```



=====

Height Percent Report

=====

```

Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 11/14/2002 3:38:17 PM
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
    
```

Signal 1: FID1 A,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Height [pA]	Height %	Name
1	7.455	PB	0.0447	107.56828	7.54646	C8:0
2	12.342	PB	0.0439	87.33778	6.12719	C10:0
3	15.647		0.0000	0.00000	0.00000	
4	16.452	BB	0.0445	88.98087	6.24246	C12:0
5	18.733		0.0000	0.00000	0.00000	
6	19.963	BB	0.0427	96.69414	6.78358	C14:0
7	22.817	BB	0.0428	58.94589	4.13535	C16:1
8	23.083	BB	0.0409	147.76253	10.36629	C16:0

Instrument 1 11/14/2002 3:39:36 PM RAPP

Page 1 of 2

Continuación

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\CGARCIA\M0000007.D

Sample Name: ESTANDAR

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Height [pA]	Height %	Name
9	25.592	PV	0.0651	65.01749	4.56130	C18:0
10	25.683	VB	0.0403	44.02829	3.08881	C18:1
11	25.902	BB	0.0422	149.91397	10.51722	C18:2/C18:3
12	28.478	BP	0.0431	177.41780	12.44675	C20:0
13	30.598	BV	0.0427	62.52692	4.38658	C22:0
14	30.849	VV	0.0498	192.94847	13.53631	C22:1
15	31.004		0.0000	0.00000	0.00000	
16	33.423	BB	0.0615	146.27180	10.26171	C24:0
17	38.536		0.0000	0.00000	0.00000	

Totals : 1425.41423

Signal 2: ECD2 B, not found

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Height [5 Hz]	Height %	Name
1	0.000		0.0000	0.00000	0.00000	

Totals : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)

Warning : Calibrated compound(s) not found

=====  
 \*\*\* End of Report \*\*\*

Continuación

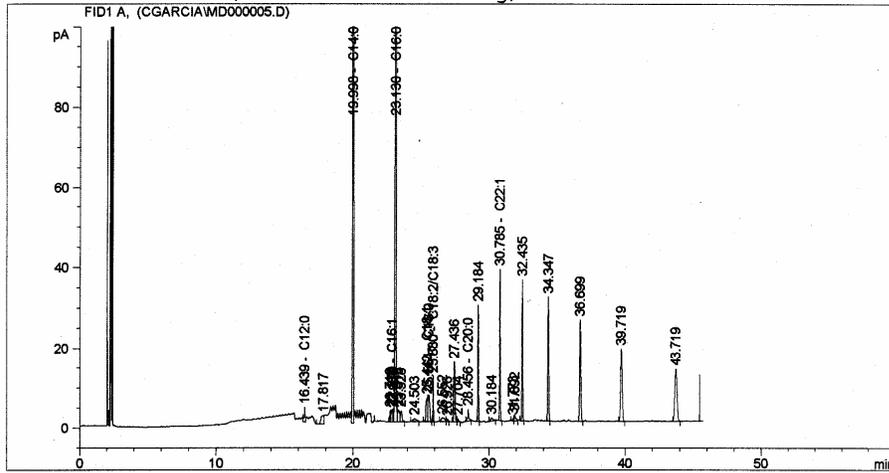
Data File C:\HPCHEM\1\DATA\CGARCIA\MD000005.D

Sample Name: L1

```

=====
Injection Date : 11/13/2002 9:43:05 AM
Sample Name    : L1
Acq. Operator  : RAPP
Vial           : 1
Inj            : 1
Inj Volume     : Manually

Acq. Method    : C:\HPCHEM\1\METHODS\ACGRASOS.M
Last changed   : 11/13/2002 10:20:08 AM by RAPP
                 (modified after loading)
Analysis Method: C:\HPCHEM\1\METHODS\ACGRASOS.M
Last changed   : 11/14/2002 3:40:33 PM by RAPP
                 (modified after loading)
=====
    
```



Height Percent Report

```

=====
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 11/14/2002 3:38:17 PM
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
    
```

Signal 1: FID1 A,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Height [pA]	Height %	Name
1	7.455		0.0000	0.00000	0.00000	C8:0
2	12.342		0.0000	0.00000	0.00000	C10:0
3	15.647		0.0000	0.00000	0.00000	
4	16.439	VB	0.0701	3.58748	0.20239	C12:0
5	17.817	VV	0.1822	2.07813	0.11724	?
6	18.733		0.0000	0.00000	0.00000	
7	19.998	VV	0.0543	680.51990	38.39138	C14:0
8	22.719	BV	0.0756	2.78913	0.15735	?

Instrument 1 11/14/2002 3:43:14 PM RAPP

Page 1 of 2

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Height [pA]	Height %	Name
9	22.870	VV	0.0946	3.09957	0.17486	C16:1
10	22.956	VV	0.0420	2.64598	0.14927	?
11	23.130	VV	0.0514	834.94116	47.10303	C16:0
12	23.318	VV	0.1293	2.95537	0.16673	?
13	23.528	VB	0.1024	2.71001	0.15288	?
14	24.503	BB	0.2249	6.66636e-1	0.03761	?
15	25.442	BV	0.1205	6.02001	0.33962	C18:1
16	25.564	VB	0.1074	6.63939	0.37456	C18:0
17	25.880	BB	0.0418	11.32720	0.63902	C18:2/C18:3
18	26.552	BV	0.1946	9.20709e-1	0.05194	?
19	26.926	VB	0.0833	5.91917e-1	0.03339	?
20	27.436	PB	0.1100	14.99922	0.84618	?
21	27.704	BB	0.0700	7.64135e-1	0.04311	?
22	28.456	VB	0.0810	2.93929	0.16582	C20:0
23	29.184	BP	0.0547	29.08393	1.64076	?
24	30.184	VB	0.1731	7.96942e-1	0.04496	?
25	30.598		0.0000	0.00000	0.00000	C22:0
26	30.785	BP	0.0500	37.73451	2.12878	C22:1
27	31.004		0.0000	0.00000	0.00000	
28	31.773	VV	0.0973	6.41495e-1	0.03619	?
29	31.892	VB	0.0983	1.54136	0.08696	?
30	32.435	VB	0.0616	35.12860	1.98177	?
31	33.423		0.0000	0.00000	0.00000	C24:0
32	34.347	BP	0.0745	30.90940	1.74375	?
33	36.699	BB	0.0925	25.33809	1.42944	?
34	38.536		0.0000	0.00000	0.00000	
35	39.719	BB	0.1337	18.25358	1.02977	?
36	43.719	BP	0.1495	12.96186	0.73124	?

Totals : 1772.58500

Signal 2: ECD2 B, not found

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Height [5 Hz]	Height %	Name
1	0.000		0.0000	0.00000	0.00000	

Totals : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!  
3 Warnings or Errors :

- Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
- Warning : Calibrated compound(s) not found
- Warning : Elution order of calibrated compounds may have changed

=====  
\*\*\* End of Report \*\*\*

Continuación

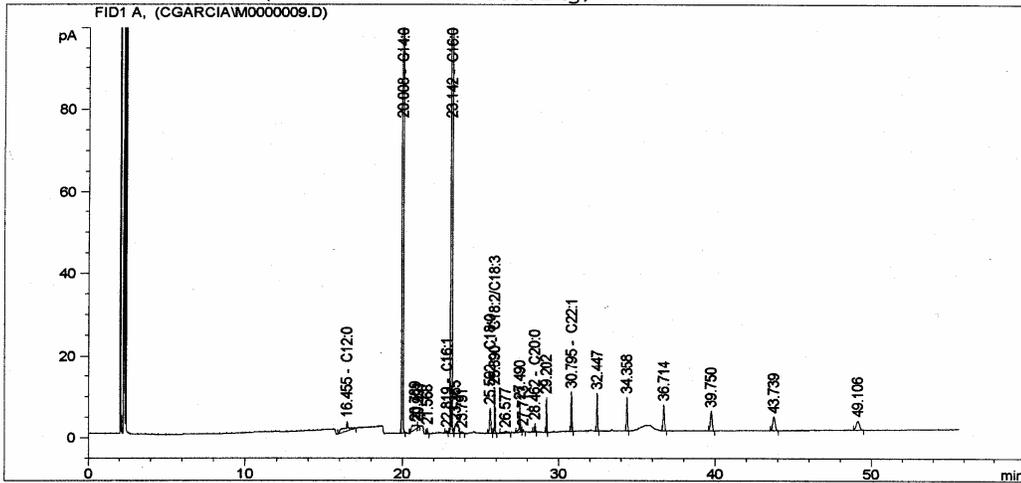
Data File C:\HPCHEM\1\DATA\CGARCIA\M0000009.D

Sample Name: L2

```

=====
Injection Date : 11/13/2002 3:42:06 PM
Sample Name    : L2
Acq. Operator  : RAPP
Vial           : 1
Inj           : 1
Inj Volume    : Manually

Acq. Method    : C:\HPCHEM\1\METHODS\ACGRASOS.M
Last changed   : 11/13/2002 3:40:54 PM by RAPP
                 (modified after loading)
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\ACGRASOS.M
Last changed   : 11/14/2002 3:40:33 PM by RAPP
                 (modified after loading)
    
```



Height Percent Report

```

Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 11/14/2002 3:38:17 PM
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
    
```

Signal 1: FID1 A,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Height [pA]	Height %	Name
1	7.455		0.0000	0.00000	0.00000	C8:0
2	12.342		0.0000	0.00000	0.00000	C10:0
3	15.647		0.0000	0.00000	0.00000	
4	16.455	PP	0.2218	2.43681	0.14525	C12:0
5	18.733		0.0000	0.00000	0.00000	
6	20.008	BB	0.0523	723.44714	43.12083	C14:0
7	20.789	PV	0.2952	1.06824	0.06367	?
8	20.991	VB	0.0866	4.91530e-1	0.02930	?

Instrument 1 11/14/2002 3:40:47 PM RAPP

Page 1 of 2

Continuación

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\CGARCIA\M0000009.D

Sample Name: L2

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Height [pA]	Height %	Name
9	21.568	PP	0.0472	1.28515	0.07660	?
10	22.819	BV	0.0814	5.63158e-1	0.03357	C16:1
11	23.142	VV	0.0567	867.15924	51.68674	C16:0
12	23.365	VP	0.1948	2.18556	0.13027	?
13	23.791	VB	0.0988	4.21841e-1	0.02514	?
14	25.592	BB	0.0877	6.09455	0.36326	C18:0
15	25.683		0.0000	0.00000	0.00000	C18:1
16	25.890	BB	0.0494	10.80636	0.64411	C18:2/C18:3
17	26.577	PP	0.2200	4.20599e-1	0.02507	?
18	27.490	BB	0.0673	7.02421	0.41868	?
19	27.713	BB	0.0691	5.84825e-1	0.03486	?
20	28.462	BB	0.0532	2.05217	0.12232	C20:0
21	29.202	BB	0.0491	8.45202	0.50378	?
22	30.598		0.0000	0.00000	0.00000	C22:0
23	30.795	BB	0.0540	9.54077	0.56867	C22:1
24	31.004		0.0000	0.00000	0.00000	
25	32.447	BB	0.0602	9.12130	0.54367	?
26	33.423		0.0000	0.00000	0.00000	C24:0
27	34.358	BP	0.0713	8.09457	0.48247	?
28	36.714	BP	0.0949	6.28246	0.37446	?
29	38.536		0.0000	0.00000	0.00000	
30	39.750	BP	0.1069	4.70664	0.28054	?
31	43.739	BP	0.1416	3.30348	0.19690	?
32	49.106	BP	0.1908	2.17831	0.12984	?

Totals : 1677.72093

Signal 2: ECD2 B, not found

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Height [5 Hz]	Height %	Name
1	0.000		0.0000	0.00000	0.00000	

Totals : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)

Warning : Calibrated compound(s) not found

\*\*\* End of Report \*\*\*

**Apéndice B**  
**Tabla XI. Análisis proximal de la frutilla de Arrayán**

<p>REPUBLICA DE GUATEMALA CENTRO AMERICA</p> 	<p><b>LABORATORIO NACIONAL DE SALUD "LNS"</b> DIRECCIÓN DE REGULACIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL DE LA SALUD</p>	<p>MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL</p> 
--	---	--

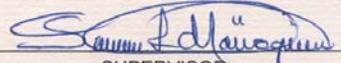
---

**INFORME DE SERVICIO PARTICULAR**

Nombre del Producto	SEMILLA DE PALO DE ARRAYAN (LOTE 2)	Procedencia	SENACYT
Remitente	Ing. CESAR ALFONSO GARCIA GUERRA	No. de LNS	AP02-0190
Tipo de Recipiente	PLASTICO	Fecha de Recibido	04/09/2002
Lote	NO PRESENTA	Fecha de Egreso	16/09/2002

**Resultados de Análisis**

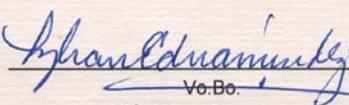
ANALISIS	RESULTADO (PORCENTAJE m/m)	PROMEDIO (PORCENTAJE m/m)
GRASA	A. 5.3	5.55
	B. 5.8	
CENIZAS	A. 1.2	1.25
	B. 1.3	
HUMEDAD	A. 9.4	9.65
	B. 9.9	
PROTEINAS	A. 5.2	5.15
	B. 5.1	
FIBRA CRUDA	A. 59.0	61.7
	B. 64.5	

  
 SUPERVISOR

**Observaciones**

Analista/Supervisor MH/IM	Código Laboratorio A-55/141,142
------------------------------	------------------------------------

**CD**

  
 Vo.Bo.  
 Licda. Lylian Edna Méndez de Reyes  
 SUB JEFE  
 LABORATORIO NACIONAL DE SALUD



Km. 22 Carretera al Pacífico. Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, C. A.  
 PBX: 630-6017, Telefax: 630-6011 Tels. 630-6024, 630-6035, 630-6036, 630-5837  
 Email: lns@ops.org.gt