

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**CARACTERIZACIÓN DE LA GRASA DE LA SEMILLA DE ZAPOTE
(*Pouteria sapota*) PARA EVALUAR LA INFLUENCIA DEL TIEMPO Y LA
TEMPERATURA EN EL PROCESO DE TOSTADO**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a crown on top. The shield is divided into four quadrants: the top-left shows a lion, the top-right shows a castle, the bottom-left shows a mountain, and the bottom-right shows a figure. The shield is flanked by two columns. The Latin motto "PLUS ULTRA" is written across the shield. The outer ring of the seal contains the text "UNIVERSITAS SAN CAROLINIENSIS" at the top and "ACADEMIA GUATEMALENSIS" at the bottom.

INFORME DE TESIS

PRESENTADO POR

GONZALO FLORES RONQUILLO

Para optar al título de

QUÍMICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2006

DL

06

T(2368)

JUNTA DIRECTIVA

Oscar Manuel Cobar Pinto, Ph.D

Decano

Licda. Jannette Sandoval Madrid de Cardona, M.A.

Secretaria

Licda. Lillian Raquel Irving Antillón, M.A.

Vocal I

Licda. Liliana Vides de Urizar

Vocal II

Licda. Beatriz Eugenia Batres de Jiménez

Vocal III

Br. Ángel Damián Reyes Valenzuela

Vocal IV

Br. Ángel Jacobo Conde Pereira

Vocal V

DEDICATORIA

A las siguientes instituciones:

Escuela Normal Central para Varones
Instituto Nacional Central para Varones
Universidad de San Carlos de Guatemala

A la familia Flores Ronquillo:

Gonzalo Flores
Sofía Ronquillo de Flores
Luis Alberto Flores Ronquillo
Lubdivina Flores Ronquillo

A mis amigos:

Jorge Valenzuela Q.E.P.D., Alfredo Yerardi Q.E.P.D., Bernardo Noé Jocol Cuellar Q.E.P.D., Víctor Manuel Reynoso Reyes, Mariela López de Reynoso, Juan Pablo Barreda, Karen Arias, Ramiro Rodríguez Torres, José Eduardo González, Félix Fernando Hernández "C", Carlos Calderón, Carlos H. Arias, Celeste Ilusión Velarde, Simón Geovanny Reyes, Walter Mansilla, Abraham Vásquez.

A la familia Morataya Duarte:

Sr. Samuel Morataya y Sra. Telma Duarte de Morataya

A los profesionales:

Lic. Mario Fernando Pellecer Chang, U.M.G.
Lic. Norberto Waldemar Alvarado Canel, U.S.A.C.
Dr. César Ricardo Bressani Castignoli, U.V.G.

A las futuras profesionales:

Irene Chaves, Costa Rica
Carolina Rojas Bustamante, Costa Rica
Rubi Contreras, Guatemala
Fiorella Mainieri, Costa Rica

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Valle de Guatemala, Instituto de Investigación, Laboratorio de

Alimentos:

Dr. César Ricardo Bressani Castignoli, Carlos H. Arias, Licda. Ana Silvia de Ruiz, Licda. Patricia de Palomo, Ingeniera Brenda Rodas y Kelly León.

Sin su colaboración no hubiera sido posible esta investigación, a ustedes todo mi cariño y aprecio.

A mis catedráticos y catedráticas:

Por el tiempo, la paciencia y dedicación hacia mi persona durante el tiempo que dure como alumno de esta facultad, a todos ustedes mi más profundo agradecimiento.

Al personal que labora en:

Control Académico
Biblioteca de la Facultad
Secretaría de la Facultad
Secretaría de la Escuela de Química
Laboratorios de Química General
Laboratorios de Bioquímica
Laboratorios de Química Orgánica
Laboratorios de Análisis Inorgánico
Laboratorios de Fisicoquímica
Unidad de Análisis Instrumental

Una mención especial a:

Yoli, Don Sergio, el Bato, Serranito, Willy, Don Ovidio, Francisco, Geovanny, Rocky, Pinky, Rambo.

A todos ustedes con quienes tuve en determinado momento la oportunidad de compartir gratos momentos de alegría y tristeza, a todos ustedes mi más profunda gratitud por la amistad que me han brindado.

INDICE

TITULO

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCION	2
3. ANTECEDENTES	3
4. JUSTIFICACION	22
5. OBJETIVOS	23
6. HIPOTESIS	24
7. MATERIALES Y METODOS	25
8. RESULTADOS	29
9. DISCUSION DE RESULTADOS	37
10. CONCLUSIONES	42
11. RECOMENDACIONES	44
12. BIBLIOGRAFIA	45
13. ANEXOS	47

1. RESUMEN

Se analizaron en esta investigación los cambios en los parámetros fisicoquímicos que se presentan durante el proceso de tostado de las semillas de zapote (*Pouteria sapota*). Los frutos se recolectaron en los distintos mercados de la ciudad de Guatemala. El proceso consistió en extraer las semillas del fruto, retirar la cascara, cortarles en trozos de 1 cm. y ponerlas a secar en horno durante 17.5 horas a 65°C.

Se procedió a dividir las muestras en 4, la muestra 1 secada originalmente durante 17.5 horas a 65°C, la muestra 2 tostada por 30 minutos a 100°C, la muestra 3 tostada por 60 minutos a 100°C y la muestra 4 tostada por 30 minutos a 150°C. Posteriormente, se molieron las semillas para obtener la harina. A la harina se le practicó análisis proximal y a la grasa de la almendra, se le determinó índice de saponificación, índice de acidez, índice de refracción y perfil de ácidos grasos libres.

Los resultados demuestran que durante el tiempo de tostado, la humedad disminuye al aumentar la temperatura, el % de carbohidratos disminuye al aumentar la temperatura, el % de fibra cruda se incrementa al aumentar la temperatura, el % de grasa disminuye al aumentar el tiempo, el % de ácido palmítico se incrementa al aumenta la temperatura, el % de ácido esteárico se incrementa al aumentar la temperatura, el % de ácido araquídico se incrementa al aumentar la temperatura, el % de ácido linoleico se incrementa al aumentar el tiempo, el % de ácido oleico se incrementa al aumentar la temperatura, el % de proteínas no muestra cambios significativos durante el proceso de tostado, el índice de saponificación disminuye al incrementarse el tiempo y la temperatura, el índice de acidez disminuye al incrementarse el tiempo, el % de cenizas aumenta al incrementarse la temperatura y el índice de refracción no muestra cambios significativos durante el proceso de tostado.

La influencia de los factores tiempo y temperatura en el proceso de tostado de las semillas de zapote es evidente para el índice de acidez, el % de humedad, el % de fibra cruda, el % de carbohidratos, el % de ácido palmítico, el % de ácido esteárico, el % de ácido oleico y el % de ácido linoleico para los demás análisis el resultado no es concluyente debido a que la variación fue mínima entre un valor y otro.

3. ANTECEDENTES

3.1 Zapote (*Pouteria sapota*)

3.1.1 Origen del Zapote

Se encuentra en las partes bajas de Centro América, el rango altitudinal en el que se le encuentra va desde cerca del nivel del mar hasta alturas cercanas a los 1,500 metros sobre el nivel del mar, aunque algunas veces se le ha encontrado en altitudes superiores, siendo la producción en dichos lugares casi inexistente.

De la región de Centro América fue distribuido hacia el Caribe, América del Sur, Hawaii y Filipinas, considerándose que a dicha dispersión contribuyeron los españoles.

3.1.2 Clasificación Botánica

Taxonomía:

REINO:	Plantae
SUBREINO:	Embryobionta
DIVISION:	Magnolyophita
CLASE:	Magnoliópsida
SUBCLASE:	Dilleniidae
SUPER ORDEN	Ericanae
ORDEN:	Ebenales
FAMILIA:	Sapotaceae
GENERO:	Pouteria
ESPECIE:	<u>P. Sapota</u> (1)

3.1.3 Descripción Botánica

El zapote es un árbol, cuyos retoños jóvenes son densamente pubescentes, la vellosidad posee un color que va de dorado a café, la parte ventral de los retoños es glabra, café grisácea y rugosa. Posee hojas en racimos densos, cada una de las cuales se encuentra incrustada en la rama en forma espiralada, y miden de 10-18-35 cm. de largo por (3.5-)5-11(-13) cm. de ancho; la forma de las hojas es oval lanceolada, y su ápice usualmente es obtuso o redondo, a veces apiculado, posee una base larga que va en disminución, acuminada o suavemente hundida en la superficie dorsal, las venas secundarias pueden ser (17)20-25 pares, distribuidas en forma paralela, recta o suavemente arqueada; las venas intersecundarias usualmente están ausentes; las venas terciarias son oblicuas, algunas veces oscuras; las venas cuaternarias son finamente aereoladas. El peciolo puede medir de 1.3 a 4.7 cm. de largo, ser acanalado, densamente pubescente y glabro en la parte ventral. Las flores son pequeñas y casi sésiles, crecen en grandes cantidades debajo de las ramas nuevas y a lo largo de las ramas sin hojas. Cada flor consta de cinco estambres verdaderos y cinco falsos; el pistilo posee un solo estigma y el ovario tiene cinco carpelos. Los sépalos están colocados en forma de espiral en la base, el ápice es redondeado en los márgenes o profundamente cortado, con estructura muy parecida a la seda, el margen por lo regular es glabro. La corola es tubular, algunas veces expandida en el ápice, de 0.7 a 1 cm. de largo, tubo de 4 a 4.5 mm. de largo, posee cinco lóbulos de 2.5 a 4 cm. de largo, oblongos o en forma de espátula, el ápice de los lóbulos es redondeado usualmente sedoso afuera, y menormente en el centro de los lóbulos, raramente glabro. Los estambres están colocados cerca de la cima del tubo de la corola; los filamentos pueden ser de 2 a 3 mm. de largo y glabros, las anteras pueden ser de 1.5 a 2.5 mm. de largo, lanceoladas, y glabras; los estambres falsos están convertidos en estaminoides achatados como estructuras sin anteras en árboles femeninos. Posee cinco estaminoides de 2.5 a 3 mm. de largo de forma cilíndrica

achatadamente lanceolada, algunas veces terminadas en diminutas anteras pero no funcionales y glabras. El ovario es ovoide con disminución gradual en el estilo, posee cinco lóculos pubescentes, el estilo puede medir de 4.5 a 7.5 mm. de largo después de la antesis. La fruta puede medir de 9 a 12 cm. de largo y su forma puede ser ovoide o elipsoidal, posee un ápice que puede ir de agudo a obtuso, la base puede ser aguda o truncada, la cutícula es áspera cicatrizada en toda la superficie, por lo regular glabra. Posee de una a varias semillas de 6 a 7 cm. de largo, usualmente elipsoidales, algunas veces algo plano convexas, de forma obtusa a redondeada en el ápice, usualmente aguda a obtusa en la base, posee una testa lisa y brillante, de 1 a 2 mm. de grueso; la semilla posee una cicatriz adaxial que es larga y completa, usualmente con disminución de la base al ápice, de 1 a 3 cm. de ancho; el embrión posee cotiledones libres, radícula extendida hacia la superficie y endospermo ausente.

Por recolecciones realizadas se han encontrado medidas del largo del fruto de 9 a 18 cm. (1)

3.1.4 Características de Campo

Los arboles poseen una altura que va de 30 a 40 metros. El árbol puede alcanzar un diámetro de hasta 1 m. Los especímenes poseen fuertes raíces al alcanzar una altura de 2 m. El tronco del árbol es cilíndrico con fisuras superficiales en la corteza, la misma posee un color café grisáceo, es descascarable en largas piezas rectangulares. Puede poseer escasa a copiosa presencia en látex húmedo (pegajoso y blanquecino). Las ramas son algunas veces en posición espiralada, extendidas horizontalmente. Las flores poseen color cremoso-verdoso, son suavemente olorosas. La fruta madura con una cáscara rugosa y cafezusca, posee una pulpa rosada, roja o anaranjada. (1)

3.1.5 Hábitos de Floración y Fructificación

Durante los primeros meses del año, especialmente durante marzo y abril es la época en la cual los frutos maduran. Algunas excepciones se dan en áreas del oriente de Guatemala como Santa Rosa y algunas áreas de El Progreso en donde los frutos alcanzan madurez durante los meses de noviembre a diciembre. Otras excepciones se observan en algunas localidades ubicadas en el bosque muy húmedo subtropical cálido, tales como el área de la Tinta, Alta Verapaz en donde se recolectaron frutos maduros durante el mes de mayo y Morales, Izabal, durante el mes de septiembre.

El árbol florea por lo regular en los meses de julio a agosto. En florida, U.S.A., se presentan dos floraciones, en otoño (septiembre-noviembre) y en el verano (junio-julio). (1)

3.1.6 Composición Química de la Fruta del Zapote

Los análisis químicos muestran que por 100 gramos de pulpa de zapote se obtienen:

Agua:	65%
Proteínas:	1.7 gramos
Grasa:	0.4 gramos
Carbohidratos:	31.1 gramos
Fibras:	2.0 gramos
Cenizas:	1.2 gramos
Calcio:	40 miligramos
Fósforo:	28 miligramos
Hierro:	1.0 miligramos
Vitamina A:	115 miligramos
Tiamina:	0.01 miligramos
Riboflavina:	0.02 miligramos

Niacina:	2.0 miligramos
Acido ascórbico:	22 miligramos (1)

3.1.7 Distribución Geográfica Nacional del Zapote

El zapote es una especie de fruta ampliamente distribuida en el país, pudiéndose decir que es la sapotacea de mayor distribución y mayor uso en la alimentación humana en el país. El rango de alturas en que encuentra va desde el nivel del mar hasta los 1,500 m sobre el nivel del mar; a lo largo del rango altitudinal el zapote se encuentra creciendo en diferentes condiciones debidas al clima y la vegetación, es así como se le puede encontrar en las siguientes zonas de vida, bosque muy húmedo subtropical cálido, bosque húmedo subtropical cálido, bosque húmedo subtropical templado y monte espinoso subtropical (donde se le encuentra únicamente en forma cultivada).

- a) Bosque húmedo subtropical cálido: esta zona comprende la región norte del Petén así como una franja de 10-12 km. de ancho que va desde El Salvador hasta México en la costa sur. En la costa sur existen escasamente y esto es debido a la alta productividad de sus suelos por lo que en dicha región ha sido sustituido con la finalidad de realizar un uso intensivo del suelo con cultivos como la caña, ajonjolí, etc. En lo que al Petén respecta al zapote se le considera como parte de la vegetación de la selva alta, pudiéndose encontrar únicamente en áreas protegidas del norte. El zapote requiere para su desarrollo suelos profundos, razón que podría ser la causante de la escasés del árbol en la región norte del lago Petén. Se pudo observar que en las áreas en donde se encuentra, el zapote no produce regeneración natural a diferencia del chicozapote (*Manilkara sapota*) y canistel (*Pouteria campechiana*). De acuerdo a los habitantes de la región dicho fenómeno es causando por el hecho que cuando los frutos caen al suelo las semillas son comidas por

manadas de jabalíes que habitan la zona. En esta región los materiales cultivados se encuentran formando parte de huertos familiares y algunas veces crecen en potreros. En general se puede decir que los árboles creciendo bajo condiciones silvestres no presentan mayores diferencias con respecto a los cultivados, únicamente se diferencian en el tamaño del tallo debido a que son más viejos así como en hábito de crecimiento ya que los silvestres son principalmente de hábito erecto debido a la competencia a la que han estado sujetos en la selva, mientras que los cultivados tienen hábito abierto debido a la falta de competencia y alta luminosidad que disfrutaban, referente a fruto no existe mayor variabilidad en cuanto a tamaño, se puede decir entonces que los árboles de Petén son materiales genéticos que han sido recientemente extraídos de poblaciones silvestres o bien son el remanente dejado después de descombrar el bosque.

- b) Bosque muy húmedo subtropical cálido: El zapote es una especie comúnmente reconocida como un frutal cultivado en las partes cálidas del país, sin embargo, se le puede encontrar en estado silvestre en la región norte. La zona de vida cubre una franja en la costa pacífica y en el norte, en donde abarca el departamento de Izabal, norte de Alta Verapaz, Quiché y una parte de Huehuetenango así como la parte sur del Petén. En giras de exploración realizadas recientemente (agosto y septiembre/95) a áreas de dicha zona de vida se pudo observar que el zapote silvestre es una de las especies más importantes, juntamente con otras especies como *Virola spp.*, *Ceiba pentandra*, *Terminalia amazonia*, *Vochysia hondurensis*, *Pinus caribaea*, *Brosimum alicastrum* y muchas otras más. En la franja pacífica esta zona de vida presenta los mayores suelos del país, por lo que el área se dedica a producción de cultivos de exportación como caña de

azúcar y ganadería. Por tal razón, el zapote en estado silvestre casi no existe, mientras que el cultivado se encuentra asociado a comunidades humanas, en donde crece ya sea a nivel de huerto familiar, en los potreros, como sombra del cultivo de café o bien en algunos casos como plantación comercial. En general se puede decir que es en esta región en donde se produce mayor cantidad de zapote, ya sea para el requerimiento nacional, dada la cercanía de los mercados de las principales ciudades del sur o bien la ciudad capital o para la exportación a México o como pulpa congelada a través de las empresas que se dedican a esta actividad. Por lo anterior, se puede anotar que el zapote es una de las frutas más frecuentes e importantes en la región de la costa pacífica.

- c) Bosque húmedo subtropical templado: Esta zona corresponde a localidades ubicadas entre los 700-1,700 m sobre el nivel del mar, caracterizada por tener una época de lluvia bien marcada de mayo a noviembre. En esta zona de vida se puede localizar árboles de zapote junto a árboles de injerto, pareciendo que ésta es la región más alta sobre el nivel del mar en la cual el zapote aún crece apropiadamente. Posiblemente por el hecho que esta región representa el límite en el cual el zapote crece cultivado, se han observado pocos ejemplares en las localidades, a la vez que el fruto es el más pequeño y menos pesado en comparación con las otras zonas de vida.
- d) Monte espinoso subtropical: Esta región comprende parte de los departamentos de Zacapa y Chiquimula, caracterizada por su escasa precipitación pluvial anual y su alta tasa de evaporación. El área es utilizada con agricultura de cultivos hortícolas e industriales como sandía, melón, pepino, tomate o tabaco. Las sapotáceas frutales, principalmente el zapote es frecuente a lo

largo de los ríos que corren hacia el litoral Atlántico, por lo tanto el requerimiento de humedad para zapote se suple mediante el uso de áreas de regadío. Es notorio que en esta región se observan frutos relativamente grandes, pudiendo deberse a las condiciones microclimáticas favorables en las que crecen ya que la alta temperatura y la humedad adecuada son los elementos necesarios para el desarrollo de dicha especie. En esta zona se ha encontrado zapotes que crecen únicamente en forma cultivada. (1)

3.1.8 Nombres Locales:

La palabra zapote viene del "Tzapotl" palabra de origen Azteca que significa fruta esférica, dulce y con semilla grande. Sin embargo, en las comunidades indígenas guatemaltecas no importando el idioma mayense que se hable, se le denomina "Tulul". Esta especie es ampliamente conocida en todo el país, especialmente en las áreas en las cuales crece ya en forma natural o bien cultivada.

Otros nombres conocidos son: Grand sapotillier en Haití; mamey (general); mamey manzana en Belice; mamey colorado (general); mamey de tierra en Panamá; mamey mata serrana en Ecuador; mamey sapote en Jamaica; zapote (general); zapote colorado en Honduras; zapote de montaña en Guatemala; zapote mamey (general). (1)

3.1.9 Usos:

La fruta del zapote representa una fuente de vitaminas y minerales dentro de la dieta de la población guatemalteca.

Los frutos del zapote pueden ser comidos crudos frescos y la pulpa se utiliza en la confección de jaleas, helados y jugos; cocinada puede constituir un sustituto aceptable del puré de manzana o usarse en pastelería. En algunos lugares de Mesoamérica las semillas molidas se utilizan para dar al chocolate un sabor amargo y aroma característico; en Costa Rica, se han usado para

planchar ropa. En Guatemala y El Salvador el aceite contenido en la semillas se utiliza como tónico para la piel, para evitar la calvicie y reducir dolores musculares y afecciones reumáticas. Este árbol produce látex, que es empleado como cáustico para eliminar hongos de la piel. Con la madera del zapote, considerada de buena calidad, se puede construir muebles u otros objetos que requieran maderas fuertes.

Desde el punto de vista ecológico, es de enorme importancia impulsar el cultivo de esta especie ya que permite ayudar a mantener la diversidad genética y evitar que algunos genotipos con valor potencial puedan desaparecer, así el establecimiento de esta especie como cultivo en sistemas de producción tradicional permitirá mantener un desarrollo frutícola de gran sostenibilidad. El desarrollo agroindustrial se verá beneficiado con la producción de frutas de gran valor nutritivo y subproductos de alto valor agregado. (1)

3.1.10 El fruto:

El fruto del zapote (*Pouteria sapota*) es dulce y aromático, es utilizado como alimento gracias al sabor agradable de su mesocarpio. Se come fresco en batidos, helados y dulces. Cocinado, puede utilizarse en mermeladas y pasteles; también se emplea en la elaboración de dulces típicos que tienen gran demanda en el mercado local. Al fruto se le atribuye propiedades medicinales y es rico en vitamina A y C, calcio y fósforo (2).

3.1.11 La madera:

La madera es de muy buena calidad, consistente y fuerte. Presenta las siguientes características: color rojizo moreno, ocrácea o rojizo brillante, compacta, pesada y durable. Es apta para mueblería de lujo, gabinetes, decorados de interiores, columnas, vigas, artesanías, mangos de herramientas, molduras, tornerías, marimbas y tableros aglomerados. No soporta la humedad y se pudre fácilmente. Es moderadamente resistente al

ataque de hongos e insectos. Sin embargo, es muy poco utilizada ya que existen pocos árboles disponibles y además la gente prefiere mantener el árbol en pie, para aprovechar la producción de frutos (1).

El jugo que exuda la corteza del zapote, tiene cierta causticidad y se ha aplicado en medicina para destruir las verrugas de la piel y otras excrescencias anormales (2).

3.1.12 Las semillas:

Se les llama “sapuyules” o “sapuyulos” y se encuentra en los mercados, secada al sol y atravesada por pitas o palos. Molidas y tostadas se emplean para darle sabor al atole y otras mezclas de bebidas (3). Se utiliza también en la elaboración de una bebida refrescante denominada “súchiles”. La semilla se come tostada. Se mezcla con cacao, sirve para preparar chocolate, dándole un sabor amargo y un aroma característico. Por ser oleaginosas, el aceite se utiliza para la fabricación de jabón. En algunas regiones se tiene la creencia que previene la caída del cabello y promueve su crecimiento. Hace unos años las semillas más tersas y lisas eran usadas para suavizar la ropa almidonada. También se cree que tiene propiedades calmantes y expectorantes (2).

Un uso adicional que se le está dando a la testa de la semilla en comunidades del departamento de Suchitepequez, es como material combustible, debido a que produce buena llama, la cual se consume lentamente (2).

3.1.13 El aceite:

El aceite de la semilla es usado en medicina popular contra los resfriados y para estimular el crecimiento del cabello, así como para conservarlo unido y brillante. Tiene también diversas aplicaciones industriales, entre las que

destaca la elaboración de jabones y otros productos para el cabello, y como ingrediente adicionado al chocolate, ya que le da un color y aroma especial (2).

3.2 Análisis de la grasa del zapote

3.2.1 Pruebas Físicas:

Generalmente se relacionan con la consistencia de la grasa, bajo condiciones de temperatura, la mayoría de las grasas y aceites no se solidifican ni se derriten a una temperatura dada, debido a que como son mezclas de moléculas de triglicéridos, cada una tiene su propio punto de fusión, por lo tanto estas se derriten en una forma paulatina a través de una escala de temperatura. Existen varias pruebas para determinar el inicio del derretimiento de una grasa o aceite enfriado hasta una temperatura específica. En una de ellas, la temperatura en que una grasa turbia enfriada dentro de un tubo capilar pierde su turbidez debido a sus cristales solidificados, se toma como *punto de fusión*. En otra, la temperatura en que una grasa enfriada dentro en un tubo capilar, se ablanda justamente lo necesario para deslizarse dentro del tubo, se considera como punto de fusión. El *índice de refracción* de una sustancia, es la razón entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad en el medio. Tal índice es también función de la longitud de onda; a mayores valores de longitudes de onda, el índice de refracción de un medio transparente será menor que el correspondiente a longitudes de onda menores (2).

3.2.2 Pruebas Químicas:

El análisis proximal, llamado también análisis de parámetros nutricionales, para forrajes y alimentos humanos y animales, comprende la determinación de la materia seca, el extracto etéreo (contenido de grasa), las cenizas, las fibras detergentes neutra y ácida, la fibra cruda, la lignina, todas

éstas gravimétricamente y, carbohidratos y proteína cruda, espectrofotométricamente.

A la grasa se le determina el índice de acidez, que se refiere a la medida de los ácidos grasos libres presentes y se define como el número de miligramos de KOH necesarios para neutralizar un gramo de grasa o aceite. El índice de saponificación es el número de miligramos de KOH requeridos para saponificar un gramo de grasa. El perfil de ácidos grasos, es un método cromatográfico que identifica la composición porcentual de los ácidos grasos, previa derivatización (2).

3.3 Macronutrientes:

El organismo humano obtiene la energía a partir de determinados nutrientes, concretamente de hidratos de carbono, grasas y proteínas, que se encuentran en los diferentes alimentos y en mayor proporción (pan, legumbres, carnes, etc.).

Todos estos nutrientes son denominados macronutrientes, la obtención de energía a partir de estos se realiza a través de complejas reacciones de oxidación con intervención del oxígeno del aire que respiramos y que, lógicamente, se van a producir en todas y cada una de las células del organismo.

No todos los nutrientes poseen el mismo valor energético, siendo éste el siguiente:

1 g de hidratos de carbono = 4 kcal (16.8kJ)

1 g de proteínas = 4 kcal (16.8kJ)

1 g de grasa = 9kcal (37.8kJ)

Aunque los tres macronutrientes son capaces de proporcionar energía, por su contribución a la dieta en términos cuantitativos, merecen considerarse como fundamentalmente energéticos los hidratos de carbono y las grasas, dejando a las proteínas la función especialmente estructural. (14)

Debido a la importancia de los macronutrientes, si se emplean las semillas de zapote con fines nutricionales los macronutrientes deben permanecer convenientemente inalterables ante procesos como el secado y tostado.

3.3.1 Proceso de Secado:

La función del secado es disminuir la presencia de humedad en las semillas ya que la humedad provoca la hidrólisis de la grasa, por lo que a menor humedad, mayor tiempo de preservación. (15)

3.3.2 Proceso de Tostado:

Las funciones del tostado, desde un punto de vista tecnológico son:

- Secado de las semillas
- La eliminación de los componentes indeseables del sabor y del aroma.
- El desarrollo del sabor, aroma y colores finales.
- La liberación de la cubierta.

El tostado es también una etapa crítica para determinar la seguridad, ya que el calentamiento debe inactivar la Salmonella y a otros microorganismos. (15)

3.3.3 Carbohidratos y fibra cruda:

También llamados glúcidos o carbohidratos, por hacer referencia a su composición en carbono, hidrógeno y oxígeno, son polihidroxialdehídos o polihidroxiacetonas, o sustancias que por hidrólisis dan lugar a estos compuestos.

Existen tres tipos principales de hidratos de carbono: monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos, dentro de los oligosacáridos los más importantes son los disacáridos.

Los monosacáridos y disacáridos son conocidos también con el nombre de azúcares simples, por su sabor dulce y su tamaño molecular. En general, no deben figurar en cantidades importantes en la dieta.

Los polisacáridos o hidratos de carbono complejos, están compuestos por numerosas moléculas de monosacáridos. Desde el punto de vista nutricional, se les puede dividir en:

- *Polisacáridos utilizables como fuente de energía*, donde los más importantes son el almidón y el glucógeno.
- *Polisacáridos no utilizables energéticamente*, destacándose en este grupo la celulosa, hemicelulosa, pectina, agar, gomas y mucílagos, que se integran dentro de lo que denomina *fibra alimentaria*.

En realidad, el que tiene importancia nutricional es el almidón, siendo el de elección prioritaria en la dieta del hombre tanto en situaciones fisiológicas como en la mayor parte de las patológicas.

En el caso de la fibra alimentaria, aunque no es utilizable energéticamente, la fibra alimentaria es necesaria para regular la movilidad intestinal y otras funciones digestivas de especial importancia. Todos los polisacáridos no utilizables como fuente de energía forman parte de la fibra alimentaria. Todos estos componentes de la fibra tienen en común que son parte integrante de la estructura de las plantas y que el tubo digestivo humano no puede digerirlos, aunque la flora bacteriana del colon puede degradar gran parte de ellos, dando lugar a compuestos que pueden absorberse.

La función más destacada de los hidratos de carbono (a excepción de la fibra) es el suministro de energía, proporcionando, como ya se ha indicado, 4 kcal/g. Así mismo, pueden almacenarse y ser utilizados cuando el organismo necesita energía, bien como glucógeno hepático y muscular o mediante su transformación en grasa. (14)

3.3.4 Ácidos grasos saturados:

Los ácidos que constituyen en mayor proporción la grasa saturada son el láurico, palmítico y esteárico. A estos se les atribuyen determinados efectos fisiopatológicos, entre los que destacan los que determinan la cardiopatía isquémica o enfermedad coronaria y en general la aterosclerosis, como asimismo determinados tipos de cáncer.

Estudios epidemiológicos, experimentales y clínicos muestran que la ingesta de grasa saturada, especialmente de ácido láurico, mirístico y palmítico, eleva los niveles de colesterol total y de lipoproteínas de baja densidad, de clara repercusión aterogénica, disminuyendo, por el contrario, las lipoproteínas de alta densidad, que poseen, al parecer, capacidad antiaterogénica. Estos efectos son los que justifican su relación con la aterosclerosis. Debe moderarse el consumo de este tipo de grasas, dado sus influencias negativas sobre la salud del individuo. (14)

3.3.5 Ácidos grasos insaturados:

De los ácidos de este tipo encontrados, están el ácido linoleico y el oleico.

El ácido linoleico se encuentra especialmente en los aceites de semillas. Con este nombre genérico se agrupan una serie de aceites que se obtienen por complejo proceso fisicoquímicos a partir de plantas oleaginosas. Entre ellos destacan los aceites de girasol, maíz, germen de trigo, semillas de uva, cacahuete y soja. Muchos aceites de semillas son ricos en ácidos grasos poliinsaturados cuyo principal representante es el ácido linoleico.

El consumo de estos aceites fue ganando aceptación tras conocer sus propiedades hipocolesteremiantes además de suministrar los ácidos grasos esenciales, linoleico y linolénico, que, como los aminoácidos esenciales, deben ser aportados por la dieta.

Ambas propiedades no son exclusivas de los aceites de semillas; por ejemplo el aceite de oliva es rico sobre todo en ácido oleico, pero también

contiene ácidos grasos esenciales, teniendo la propiedad de disminuir los niveles de colesterol.

En la actualidad, los efectos beneficiosos del ácido linoleico los comparten también otros ácidos grasos, como el caso del ácido oleico, presente mayoritariamente en el aceite de oliva y que, por el contrario, muestra una serie de condicionantes que son o pueden resultar negativos para la salud, especialmente si se consume en grandes cantidades. Entre ellas se pueden destacar las siguientes:

- Efecto inmunodepresor.
- Posible repercusión en la causalidad o agravación de ciertos tipos de cáncer.
- Vulnerabilidad oxidativa, de tal modo que las estructuras donde está presente el ácido linoleico, como las membranas y lipoproteínas plasmáticas, se oxidan más fácilmente, con lo cual se lesiona la estructura celular en el primer caso y se hacen más aterogénicas en el segundo.
- Es conocido asimismo que el ácido araquidónico, formado en el organismo a partir del ácido linoleico, da lugar a una serie de eicosanoides, que globalmente pueden dar una tendencia a la agregación plaquetaria y a la vasoconstricción y, por tanto, contribuir al fenómeno trombogénico. (14)

El último ácido por tratar es el ácido oleico, este es el componente primordial del aceite de oliva, se ha demostrado que este tiene unos efectos beneficiosos a nivel cardiovascular. Se conoce que la ingesta de dietas ricas en aceite de oliva disminuye los niveles de colesterol plasmático. Aparte del efecto sobre el colesterol, las dietas ricas en ácidos grasos monoinsaturados favorecen la formación de compuestos con acción antiagregante y vasodilatadora, es decir, el perfil de eicosanoides anteriormente citados, lo que tiende a un efecto antitrombogénico. Asimismo, a nivel vascular el ácido

oleico disminuye tanto la presión arterial sistólica (máxima) como la diastólica. Además de sus efectos cardiovasculares, el ácido oleico, o lo que es lo mismo, el aceite de oliva, muestra una influencia muy positiva en prácticamente todas las funciones digestivas: gástrica, pancreática, biliar e intestinal. Los aceites que contienen ácidos grasos poliinsaturados pueden dar origen a productos de oxidación al incorporarse a las membranas celulares, que son causa de diversas lesiones a nivel celular y en último lugar corresponsables de la mayor incidencia de determinadas enfermedades. Este fenómeno tiene lógicamente, por su menor insaturación, menor probabilidad de producirse cuando el aceite consumido es de oliva. (14)

3.3.6 Proteínas:

Las proteínas ocupan un lugar especial en la formación de las distintas estructuras corporales: músculos, hueso, piel, etc. Al margen de esta función estructural, las proteínas corporales, además de servir como combustible biológico, desempeñan otras funciones, como son:

- Reguladora. En ella se incluyen hormonas, enzimas, neurotransmisores, receptores celulares, etc.
- Defensiva. Como los anticuerpos y los factores de la coagulación.
- Transporte. La mayor parte del transporte celular se realiza mediante proteínas transportadoras, como apoproteínas, albúmina, globulinas, transferrina, ceruloplasmina, etc.

Las proteínas alimentarias suministran los aminoácidos que permiten sintetizar las diversas proteínas propias de cada especie. La conversión de la proteína alimentaria en los aminoácidos que la forman se lleva a cabo mediante el proceso digestivo y constituye un fenómeno obligado. Si no fuera así, debido al carácter antigénico de este macronutriente sería peligroso, debido a reacciones inmunitarias, el paso de proteínas enteras al organismo.

Ahora bien, estos aminoácidos no son igualmente importantes para el ser vivo, puesto que unos pueden ser sintetizados endógenamente, los llamados no esenciales, mientras que otros necesitan ser aportados necesariamente por la dieta, los esenciales.

Entre los aminoácidos no esenciales se encuentran: ácido glutámico, ácido aspártico, alanina, arginina, cisteína, glicina, histidina, prolina, serina y tirosina.

Entre los aminoácidos esenciales se incluyen: leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, valina e histidina (para el lactante)

En función de lo expuesto se entiende el concepto de *calidad proteica*. Así, una proteína de buena calidad es la que suministra los aminoácidos esenciales y además lo hace en las cantidades que el organismo requiere. Cuanto más se satisfagan esas cantidades, mayor será la calidad de la proteína ocurre lo contrario cuando se habla de una proteína de mala calidad. (14)

3.3.7 Índice de saponificación:

El índice de saponificación de la mayor parte de grasas sólidas y aceites está comprendido entre 190 y 200. Tienen un índice de saponificación más elevado las grasas sólidas y los aceites que contienen ésteres glicéridos inferiores. Es más bajo el índice de saponificación de los aceites que contienen glicéridos del ácido erúcido y de otros ácidos de mayor número de átomos de carbono. (16)

El ácido erúcido de C_{22} con un doble enlace es un homólogo del ácido oleico con 4 carbonos más. (13)

3.3.8 Índice de acidez:

El valor del índice de acidez de las grasas y aceites juega un papel importante en las investigaciones de la composición química y de las

adulteraciones de las grasas y aceites. El índice de ácidos grasos libres, no es una prueba de identificación analítica que sea absolutamente confiable, porque varía con el tiempo, ya que las lipasas que están presentes en las semillas hidrolizan los enlaces éster del triglicérido. Esto ocurre en la semilla (favorecido por la humedad y el inicio de la germinación). La molienda también favorece la acción de las lipasas. (2)

El índice de acidez denota la cantidad de ácidos grasos libres en la muestra, por lo que si encontramos una cantidad alta de ácidos grasos libres, esto indica que los triacilglicerolos que son los mas abundantes en la naturaleza se han hidrolizado, dando glicerol y los correspondientes ácidos grasos libres

3.3.9 Cenizas:

Las cenizas totales (minerales), son necesarias en pequeñas cantidades. Muchos de los minerales, cumplen diversas funciones, ya sea como grupos prostéticos en las metaloproteínas, como inhibidores o propiciadores en reacciones metabólicas, constituyen de partes rígidas del cuerpo (esqueleto) o estar presentes en fluidos celulares. Los requerimientos minerales del cuerpo y su contenido (referidos como cenizas totales) son usualmente menores al 5%, varían con las especies, peso, edad, estado reproductivo y sexo. El balance de los mismos es muy importante. (2)

3.3.10 Índice de refracción:

La refracción es la propiedad óptica más notable de los aceites. Se basa en la distinta desviación que cada aceite proporciona a un haz de luz polarizado y que depende de sus agrupaciones moleculares. Disminuye con la temperatura. Los índices de refracción poseen características marcadas para el reconocimiento de los aceites cuando se comparan con un estándar puro. (2)

4. JUSTIFICACION

La semilla del zapote es abundante en grasa, la que se emplea como aditivo de productos alimenticios y otros procesos industriales. El manejo adecuado de su preparación, debe ser investigado para conservar las propiedades originales, las que sin duda son afectadas durante el proceso de tostado.

De forma artesanal, en Guatemala es empleada la semilla del zapote para diversos usos, tales procesos no cuentan con un estudio que recomiende las condiciones óptimas de tostado. Por lo que una investigación de este tipo, reflejaría las variantes que más influyen durante el proceso de tostación de la semilla de zapote.

Un estudio reciente analizó fisicoquímicamente la grasa de la semilla de zapote y se evaluó el contenido de ácidos grasos de distintos tipos de semilla de zapote de Guatemala, los resultados obtenidos en dicha investigación mostraron que las propiedades no varían mucho de una región de cultivo a otra, pero no se han hecho estudios para estandarizar el proceso de tostación de las semillas, por lo que una investigación de esta naturaleza dejaría parámetros adecuados de manufactura, lo que puede ser de beneficio a la industria que ostenta como materia prima la semilla del zapote.

5. OBJETIVOS

5.1 General:

Caracterizar la grasa de las semillas de zapote (*Pouteria sapota*) posterior al proceso de tostado, variando temperatura y tiempo.

5.2 Específicos:

- 5.2.1 Someter la semilla del zapote al proceso de tostado, en función del tiempo de exposición al calor.
- 5.2.2 Someter la semilla del zapote al proceso de tostado, en función de la temperatura.
- 5.2.3 Realizar análisis proximal en las semillas de zapote, posterior al proceso de tostado.
- 5.2.4 Determinar índice acidez en las semillas de zapote, posterior al proceso de tostado.
- 5.2.5 Determinar índice de refracción en las semillas de zapote, posterior al proceso de tostado.
- 5.2.6 Determinar índice de saponificación en la grasa de las semillas de zapote, posterior al proceso de tostado.
- 5.2.7 Determinar perfil de ácidos grasos en las semillas de zapote, posterior al proceso de tostado.

6. HIPOTESIS

Alguna de las propiedades fisicoquímicas cambiara en las muestras sometidas al proceso de tostado, respecto de la muestra sin tostar.

7. MATERIALES Y METODOS

7.1 Universo:

Semillas de zapote silvestre (*Pouteria sapota*) escogidas al azar en los mercados de las ciudad de Guatemala.

7.2 Recursos humanos:

7.2.1 Autor: Bachiller en C.C.L.L. Gonzalo Flores Ronquillo

7.2.2 Asesor: Dr. Ricardo Bressani Castignoli.

7.3 Materiales y Cristalería:

7.3.1 Bolígrafos

7.3.2 Borrador

7.3.3 Frascos de vidrio con tapadera.

7.3.4 Papel aluminio

7.3.5 Tijeras

7.3.6 Pinzas universales para bureta

7.3.7 Anillo de metal

7.3.8 Soporte universal

7.3.9 Mufla carbolite 2040

7.3.10 Balanza analítica Denver AA250

7.3.11 Buretas de diversas medidas

7.3.12 Beackers de diversos volúmenes

7.3.13 Papel bond de 80 gramos

7.3.14 Varillas de vidrio de diversos tamaños

7.3.15 Impresora Cano IP1000

7.3.16 Computadora

7.3.17 Fibertec 1010

7.3.18 Cromatógrafo de gases Perkin-Elmer 8500

7.3.19 Mangueras de tubo ámbar

7.3.20 Mangueras de vacío

7.3.21 Refractómetro Bruck Brickman

7.3.22 Horno Scientific Precission 005

7.3.23 Agitador magnético

7.3.24 Aparatos de reflujo

7.3.25 Extractor soxhlet

7.4 Métodos de los análisis a realizar

7.4.1 Recolección de las semillas:

Las semillas se adquirirán en los mercados de la ciudad de Guatemala de forma aleatoria.

7.4.2 Preparación de la muestra:

Las semillas se extraerán del fruto, estas se lavaran y posteriormente se cortaran en trozos con medidas aproximadas de 1 cm de largo por 1 cm de ancho y ½ cm de grosor. Teniendo las semillas cortadas se pondrán en horno a 65°C para eliminar la humedad y por el tiempo necesario hasta que el peso de las muestras sea constante, seguidamente una muestra se dejara en crudo(sin tostar) y para las otras se usaran temperaturas de 100°C con tiempos de 30 y 60 minutos y 150°C con un tiempo de 30 minutos para el proceso de tostado. Una vez finalizado el tostado, todas las muestras incluyendo la muestra cruda, se someterán a la molienda para obtener la harina que se guardará en frascos color ámbar con cierre hermético hasta que se lleve acabo el análisis fisicoquímico y proximal de todas las muestras, incluyendo la muestra cruda.

7.4.3 Análisis proximal:

La metodología que se utilizara es la descrita por Altamirano (6).

7.4.4 Extracción del aceite de zapote en la semilla:

Para la extracción del aceite, se empleara un extractor soxhlet, hexano como solvente y como fuente de calor una estufa. Se pesaran para el efecto 10 gramos de muestra en balanza analítica, se envuelven en papel filtro, se

colocan en el soxhlet y se someterán a extracción durante 8 a 12 horas, una vez obtenido se le reconcentra y se pesa la grasa. El sobrante de la extracción se guardara para el análisis de la fibra cruda. (2)

7.4.5 Caracterización:

6.3.5.1 Caracterización fisicoquímica de la grasa:

6.3.5.1.1 Índice de saponificación:

Para este análisis, se utilizara la metodología descrita por Altamirano (6).

6.3.5.1.2 Índice de refracción

Para este análisis, se utilizara la metodología descrita por Altamirano (6).

6.3.5.1.3 Índice de ácidos grasos libres:

Para este análisis, se utilizara la metodología descrita por Altamirano (6).

6.3.5.2 Perfil de ácidos grasos:

Este perfil se hará por cromatografía de gases, para lo cual se usara un cromatógrafo Perkin-Elmer, con detector de ionización de llama (FID). La metodología a utilizar es la Técnica de Determinación de Acidos Grasos por Cromatografía de Gases del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (10).

7.4.6 Diseño experimental:

Se utilizaran 70 semillas adquiridas en los mercados capitalinos de manera al azar, los análisis se harán por duplicado y la estadística a emplear será la media y la desviación estándar. (7)

Media: medida de tendencia central más comúnmente utilizada, y se define como la sumatoria de los elementos (x) y la división por el número de elementos (N). (11)

$$\bar{x} = \sum x / N$$

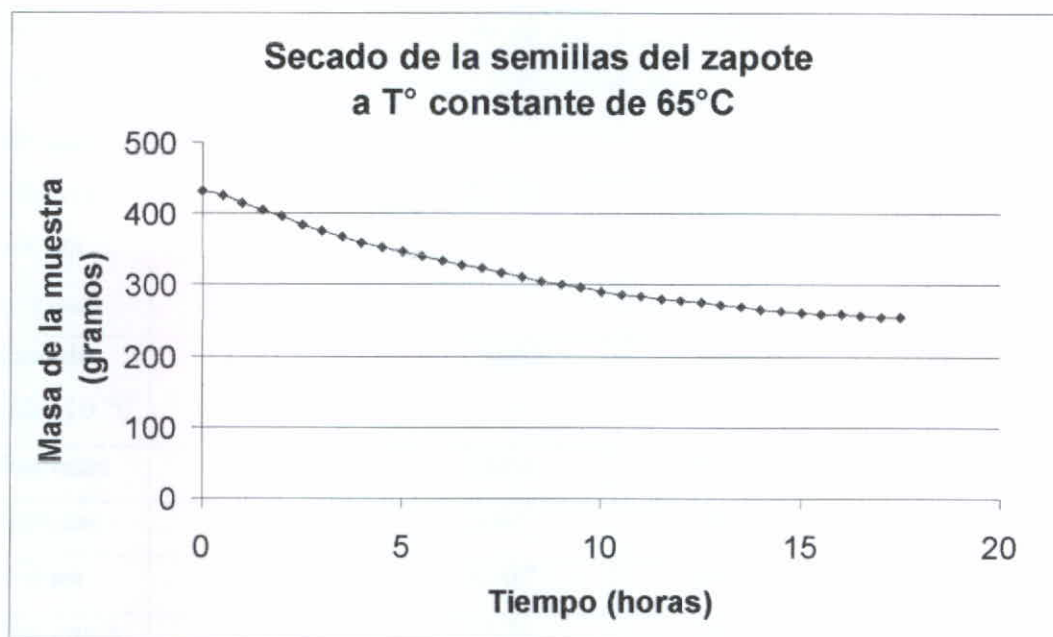
Desviación estándar: Se define como la raíz cuadrada de la media de las desviaciones de la media de una distribución elevadas al cuadrado. (11)

$$\sigma = \sqrt{\sum x^2 / N}$$

8. RESULTADOS

GRAFICA No. 1

Proceso de secado



Masa inicial de las semillas de *Pouteria sapota*: 432.0 gramos

Masa final de las semillas de *Pouteria sapota*: 254.7 gramos

Tiempo total de secado: 17.5 horas

Humedad eliminada en el secado: 41.04%

TABLA No. 1

CLASIFICACION DE LAS MUESTRAS

MUESTRA	EXPERIMENTO
1	Secado 17.5 horas a T° constante de 65°C
2	Tostado 30 minutos a T° constante de 100°C
3	Tostado 60 minutos a T° constante de 100°C
4	Tostado 30 minutos a T° constante de 150°C

TABLA No. 3
Resultados de la muestra 2

Análisis	Muestra 2	Muestra 2D*	Media	Desviación estándar
Indice de saponificación (mg/g grasa)	98.36	99.83	99.10	1.04
Indice de ácidos grasos libres (mg/g grasa)	3.83	3.37	3.60	0.32
Indice de refracción 20 °C	1.4257	1.4287	1.4272	0.002121
% Humedad	10.84	11.33	11.09	0.34
% Cenizas	2.97	2.88	2.92	0.059
% Grasa	44.84	46.47	45.65	1.15
% Fibra cruda	21.70	23.95	22.83	1.59
% Proteína	10.57	10.31	10.44	0.18
% Carbohidratos	9.06	5.02	7.04	2.85

* Duplicado

TABLA No. 3.1

PERFIL DE ACIDOS GRASOS MUESTRA 2

ACIDO	%
PALMITICO	8.79
ESTEARICO	21.77
OLEICO	46.59
LINOLEICO	9.02
ARAQUIDICO	0.50

TABLA No. 4
Resultados de la muestra 3

Análisis	Muestra 3	Muestra 3D*	Media	Desviación estándar
Indice de saponificación (mg/g grasa)	96.67	96.13	96.40	0.38
Indice de ácidos grasos libres (mg/g grasa)	2.70	2.71	2.71	0.008892
Indice de refracción 20 °C	1.4587	1.4588	1.4588	0.00007071
% Humedad	6.71	6.17	6.44	0.37
% Cenizas	4.07	3.84	3.95	0.16
% Grasa	48.77	49.66	49.21	0.62
% Fibra cruda	22.68	23.57	23.13	0.62
% Proteína	11.39	11.75	11.57	0.25
% Carbohidratos	6.35	4.98	5.67	0.96

* Duplicado

TABLA No. 4.1

PERFIL DE ACIDOS GRASOS MUESTRA 3

ACIDO	%
PALMITICO	8.66
ESTEARICO	27.03
OLEICO	52.09
LINOLEICO	10.63
ARAQUIDICO	0.66

TABLA No. 5
Resultados de la muestra 4

Análisis	Muestra 4	Muestra 4D*	Media	Desviación estándar
Indice de saponificación (mg/g grasa)	96.73	97.00	96.87	0.19
Indice de ácidos grasos libres (mg/g grasa)	5.54	5.23	5.39	0.21
Indice de refracción 20 °C	1.4565	1.4567	1.4566	0.0001414
% Humedad	2.26	1.39	1.83	0.61
% Cenizas	4.29	3.99	4.14	0.21
% Grasa	45.34	50.32	47.83	3.52
% Fibra cruda	38.21	36.79	37.50	1.00
% Proteína	11.21	11.75	11.48	0.37
% Carbohidratos	0	0	0	0

* Duplicado

TABLA No. 5.1

PERFIL DE ACIDOS GRASOS MUESTRA 4

ACIDO	%
PALMITICO	9.01
ESTEARICO	27.13
OLEICO	52.68
LINOLEICO	10.58
ARAQUIDICO	0.60

TABLA No. 6

Resultados comparativos de la muestra seca, a tiempo y temperatura constante.

Análisis	Secado a 65°C por 17.5 horas	Tostado a tiempo constante (30 minutos)		Tostado a T° constante (100°C)	
	Muestra 1	Muestra 2 100°C	Muestra 4 150°C	Muestra 2 30 min	Muestra 3 60 min
Indice de saponificación (mg/g grasa)	97.13	99.10	96.87	99.10	96.40
Indice de ácidos grasos libres (mg/g grasa)	21.68	3.60	5.39	3.60	2.71
Indice de refracción 20 °C	1.4668	1.4272	1.4566	1.4272	1.4588
% Humedad	10.29	11.09	1.83	11.09	6.44
% Cenizas	3.55	2.92	4.14	2.92	3.95
% Grasa	50.13	45.65	47.83	45.65	49.21
% Fibra cruda	16.76	22.83	37.50	22.83	23.13
% Proteína	11.34	10.44	11.48	10.44	11.57
% Carbohidratos	7.89	7.04	0	7.04	5.67
% Acido palmítico	7.77	8.79	9.01	8.79	8.66
% Acido esteárico	24.00	21.77	27.13	21.77	27.03
% Acido oleico	47.01	46.59	52.68	46.59	52.09
% Acido linoleico	8.95	9.02	10.58	9.02	10.63
% Acido araquídico	0.55	0.50	0.60	0.50	0.66

TABLA No. 7

Variación de los resultados a tiempo y temperatura constante respecto de la muestra seca.

Análisis	Secado a 65°C por 17.5 horas	Tostado a tiempo constante (30 minutos)		Tostado a T° constante (100°C)	
	Muestra 1	Muestra 2 100°C	Muestra 4 150°C	Muestra 2 30 min	Muestra 3 60 min
Indice de saponificación (mg/g grasa)	97.13	1.96	-0.26	1.96	-0.72
Indice de ácidos grasos libres (mg/g grasa)	21.68	-18.08	-16.29	-18.08	-18.97
Indice de refracción 20 °C	1.4668	-0.0396	-0.0102	-0.0396	-0.008
% Humedad	10.29	0.79	-8.46	0.79	-3.85
% Cenizas	3.55	-0.62	0.58	-0.62	0.40
% Grasa	50.13	-4.47	-2.29	-4.47	-0.92
% Fibra cruda	16.76	6.06	20.74	6.06	6.36
% Proteína	11.34	-0.90	0.13	-0.90	0.22
% Carbohidratos	7.89	-0.84	-7.89	-0.84	-2.22
% Acido palmítico	7.77	1.02	1.24	1.02	0.89
% Acido esteárico	24.00	-2.23	3.13	-2.23	3.03
% Acido oleico	47.01	-0.42	5.67	-0.42	5.08
% Acido linoleico	8.95	0.07	1.63	0.07	1.68
% Acido araquídico	0.55	-0.05	0.05	-0.05	0.11

TABLA No. 8

Variación de resultados entre las muestras a temperatura y tiempo constante.

Análisis	Tostado a tiempo constante (30 minutos)		Tostado a T° constante (100°C)	
	Muestra 2 100°C	Muestra 4 150°C	Muestra 2 30 min	Muestra 3 60 min
Indice de saponificación (mg/g grasa)	99.10	-2.23	99.10	-2.69
Indice de ácidos grasos libres (mg/g grasa)	3.60	1.78	3.60	-0.89
Indice de refracción 20 °C	1.4272	0.0294	1.4272	0.0316
% Humedad	11.09	-9.25	11.09	-4.64
% Cenizas	2.92	1.21	2.92	1.02
% Grasa	45.65	2.18	45.65	3.55
% Fibra cruda	22.83	14.67	22.83	0.30
% Proteína	10.44	1.03	10.44	1.12
% Carbohidratos	7.04	-7.04	7.04	-1.37
% Acido palmítico	8.79	0.22	8.79	-0.13
% Acido esteárico	21.77	5.36	21.77	5.26
% Acido oleico	46.59	6.09	46.59	5.5
% Acido linoleico	9.02	1.56	9.02	1.61
% Acido araquídico	0.50	0.10	0.50	0.16

9. DISCUSION

El análisis de los resultados, se puede interpretar de distintas maneras, según el uso que se le dé al aceite, por ejemplo si este se utilizará en cosmetología o en la industria alimenticia, por ejemplo, como aditivo en la preparación del chocolate. En tal sentido, el trabajo de análisis de las semillas se oriento en función de las propiedades nutricionales que poseen. Cualquier otra interpretación de los resultados, deberá estar orientada al uso final que se desee dar a las semillas de zapote.

PROCESO DE SECADO

La gráfica No. 1 muestra claramente el contenido de humedad y el tiempo necesario para eliminarla, en este caso con 17.5 horas de secado a 65°C se pierden 41.04% de humedad.

% DE HUMEDAD

La tabla No. 6 muestra los valores obtenidos para el % de humedad presente durante el proceso de tostado de las semillas de zapote. En esta tabla puede verse que existe un leve incremento de la muestra 2 respecto de la 1, el cual puede ser debido a factores muy característicos de la muestra, como la homogeneidad y algunos otros no determinados. La tabla No. 7 indica que las muestras 3 y 4 decrecen el % de humedad, respecto de la muestra 1, como era de esperarse. La tabla No. 8 indica que la muestra 4 es menor a la muestra 3, por lo que en este caso la tendencia es perder humedad con forme se aumenta la temperatura.

% DE CARBOHIDRATOS Y % DE FIBRA CRUDA

La tabla No. 6 muestra los valores obtenidos para el % de carbohidratos, durante el proceso de tostado de las semillas de zapote. La tabla No. 7 muestra que tanto la temperatura como el tiempo son factores que propician la perdida de carbohidratos durante

el proceso de tostado de la semilla de zapote. La tabla No. 8 indica que la muestra 4 pierde totalmente los carbohidratos respecto de la muestra 3, por lo que, en este caso la tendencia es disminuir el % de carbohidratos conforme se aumenta la temperatura de tostado.

La tabla No. 6 muestra los valores obtenidos para el % de fibra cruda presente durante el proceso de tostado de las semillas de zapote. La tabla No. 7 indica que las muestras 2, 3 y 4 incrementan el % de fibra cruda respecto de la muestra 1. La tabla No. 8 indica que la muestra 4 supera a la muestra 3, por lo que en este caso la tendencia es a incrementar la cantidad de fibra cruda con forme aumenta la temperatura.

% DE GRASAS

La tabla No. 6 muestra los valores obtenidos para el % de grasa presente durante el proceso de tostado de las semillas de zapote. La tabla No. 7 indica que las muestras 2, 3 y 4 decrecen el % de grasa respecto de la muestra 1. La misma tabla indica que la muestra 2 es la que sufre una perdida considerable en relación con la muestra 1. La tabla No. 8 indica que la muestra 3 y 4 incrementan el % de grasa, pero ya no referente a la muestra 1 sino a la muestra 2, por lo que se puede únicamente determinar que los factores tiempo y temperatura disminuyen el % de grasa sin poder ser concluyente debido al resultado obtenido en la muestra 2.

PERFIL DE ACIDOS GRASOS

Acidos Grasos Saturados:

Los ácidos que constituyen en mayor proporción la grasa saturada son el láurico, palmítico y esteárico, en este caso solo están presentes los dos primeros, además del ácido araquídico de acuerdo con el perfil de ácidos grasos realizado.

Acido palmítico

La tabla No. 6 muestra los valores obtenidos para el % de ácido palmítico presente durante el proceso de tostado de las semillas de zapote. La tabla No. 7 indica que las muestras 2, 3 y 4 incrementan el % de ácido palmítico respecto de la muestra 1. La tabla No. 8 indica que la muestra 4 supera a la muestra 3, por lo que en este caso la tendencia es a incrementarse la cantidad de ácido palmítico con forme se aumenta la temperatura.

Acido esteárico

La tabla No. 6 muestra los valores obtenidos para el % de ácido esteárico presente durante el proceso de tostado de las semillas de zapote. La tabla No. 7 indica que la muestra 2 disminuye respecto de la muestra 1, pero en las muestras 3 y 4 incrementan el % de ácido esteárico respecto de la muestra 1. La tabla No. 8 indica que la muestra 4 supera a la muestra 3, por lo que la tendencia es a incrementarse la cantidad de ácido esteárico con forme se aumenta la temperatura de tostado.

Acido araquídico

La tabla No. 6 muestra los valores obtenidos para el % de ácido araquídico presente durante el proceso de tostado de las semillas de zapote. La tabla No. 7 indica que la muestra 2 disminuye respecto de la muestra 1, pero en las muestras 3 y 4 incrementan el % de ácido araquídico respecto de la muestra 1. La tabla No. 8 indica que la muestra 3 supera a la muestra 4, por lo que la tendencia es a incrementarse la cantidad de ácido araquídico con forme se aumenta el tiempo de tostado.

Acidos Grasos Insaturados:

Acido linoleico

La tabla No. 6 muestra los valores obtenidos para el % de ácido linoleico presente durante el proceso de tostado de las semillas de zapote. La tabla No. 7 indica que las muestras 2, 3 y 4 incrementan el % de ácido linoleico respecto de la muestra 1. La tabla No.

8 indica que la muestra 3 supera a la muestra 4, por lo que en este caso la tendencia es a incrementarse la cantidad de ácido linoleico con forme se aumenta el tiempo de tostado.

Acido oleico

La tabla No. 6 muestra los valores obtenidos para el % de ácido oleico presente durante el proceso de tostado de las semillas de zapote. La tabla No. 7 indica que las muestras 2 disminuye respecto de la muestra 1, pero las muestras 3 y 4 incrementan el % de ácido oleico respecto de la muestra 1. La tabla No. 8 indica que la muestra 4 supera a la muestra 3, por lo que en este caso la tendencia es a incrementarse la cantidad de ácido oleico con forme se aumenta la temperatura de tostado.

PROTEINAS

La tabla No. 6 muestra los valores para el % de proteínas obtenido durante el proceso de tostado de las semillas de zapote. La tabla No. 7 indica que las muestras 2, 3 y 4 no presentan una variación significativa del % de proteínas respecto de la muestra 1. La tabla No. 8 confirma que no existe variación significativa del porcentaje de proteínas a tiempo y temperatura constante respecto de la muestra No. 1. Se puede inferir que el tiempo y la temperatura no son un factor que altere el porcentaje de proteínas durante el proceso de tostado de la semilla del zapote.

INDICE DE SAPONIFICACION

La tabla No. 6 muestra los valores obtenidos para el índice de saponificación durante el proceso de tostado de las semillas de zapote. La tabla No. 7 indica que la muestra 2 tiende a incrementar el índice de saponificación, pero las muestras 3 y 4 tienden a disminuirlo respecto de la muestra 1. La tabla No. 8 indica que en las muestras 3 y 4 disminuyen el índice de saponificación respecto de la muestra 2. Se puede únicamente determinar que los factores tiempo y temperatura disminuyen el índice de saponificación basándonos en los

resultados de la tabla No. 7, sin poder ser concluyentes debido al resultado obtenido en la muestra 2.

INDICE DE ACIDEZ

La tabla No. 6 muestra los valores obtenidos para el índice de acidez durante el proceso de tostado de las semillas de zapote. La tabla No. 7 indica que las muestras 2, 3 y 4 decrecen el índice de acidez respecto de la muestra 1. La tabla No. 8 indica que la muestra 3 es menor que la muestra 4, por lo que la tendencia es a disminuir el índice de acidez con forme aumenta el tiempo de tostado.

CENIZAS

La tabla No. 6 muestra los valores obtenidos para el % de cenizas presentes durante el proceso de tostado de las semillas de zapote. La tabla No. 7 indica que las muestras 3 y 4 incrementan el % de minerales respecto de la muestra 1. La tabla No. 8 indica que la muestra 4 supera a la muestra 3, por lo que en este caso la tendencia es a incrementar la cantidad de minerales con forme aumenta la temperatura. Este comportamiento puede ser atribuido a que la muestra contiene menos humedad.

INDICE DE REFRACCION

La tabla No. 6 muestra los valores obtenidos para el índice de refracción presente durante el proceso de tostado de las semillas de zapote. La tabla No. 7 indica que las muestras 2, 3 y 4 decrecen en relación con la muestra 1. Los valores presentados en la tabla No. 8 no son concluyentes debido a que la muestra 2 varia mas que la 3 y 4. Utilizando únicamente las tablas 6 y 7 comparando el valor de la muestra 3 con la muestra 1, se puede inferir que en este caso el tiempo no es un factor que altere el índice de refracción

10. CONCLUSIONES

- 10.1 Durante el proceso de tostado de las semillas de zapote, el % de humedad disminuye al aumentar la temperatura.
- 10.2 El % de carbohidratos disminuye al aumentar la temperatura de tostado de las semillas de zapote.
- 10.3 El % de fibra cruda aumenta al subir la temperatura durante el tostado de las semillas de zapote.
- 10.4 El % de grasa disminuye al aumentar el tiempo y la temperatura en el proceso de tostado de las semillas de zapote.
- 10.5 El % de ácido palmítico aumenta al subir la temperatura durante el proceso de tostado de las semillas de zapote.
- 10.6 El % de ácido esteárico aumenta al subir la temperatura durante el proceso de tostado de las semillas de zapote.
- 10.7 El % de ácido araquídico aumenta al subir el tiempo durante el proceso de tostado de las semillas de zapote, pero la variación es mínima.
- 10.8 El % de ácido linoleico aumenta al subir el tiempo de tostado durante el proceso de tostado de las semillas de zapote.
- 10.9 El % de ácido oleico se incrementa al aumentar la temperatura de tostado.
- 10.10 El % de proteínas no es afectado significativamente durante el proceso de tostado de la semilla del zapote.
- 10.11 El índice de saponificación disminuye al aumentar el tiempo y la temperatura de tostado, pero la variación es mínima.
- 10.12 El índice de acidez disminuye al aumentar el tiempo de tostado.
- 10.13 El % de cenizas se incrementa al aumentar la temperatura de tostado, pero la variación es mínima.
- 10.14 El índice de refracción no se altera con el tiempo y la temperatura de tostado ya que la variación de los resultados es mínima.
- 10.15 Los parámetros afectados directamente durante el proceso de tostado de las semillas de zapote son: el índice de acidez, el % de humedad, el % de fibra cruda,

el % de carbohidratos, el % de ácido palmítico, el % de ácido esteárico, el % de ácido oleico y el % de ácido linoleico. Para el resto de parámetros medidos la variación fue mínima. Ver gráficas de la 2 a la 10 en anexos.

10 RECOMENDACIONES

- 10.1 Caracterizar otras grasas de semillas que son sometidas al proceso de tostado para ver el comportamiento en relación con la caracterización hecha a la grasa de la semilla de zapote (*Pouteria sapota*).
- 10.2 Hacer un estudio sobre la utilización y demanda de la semilla del zapote en Guatemala y la comercialización que tiene en otros continentes.
- 10.3 Realizar un estudio nutricional para determinar la calidad del aceite de zapote (*Pouteria sapota*) como nutriente.
- 10.4 Hacer un estudio sobre la variación de la calidad del aceite de zapote (*Pouteria sapota*) para aplicación en la industria cosmética, al incrementar temperatura y tiempo de tostado.

11 REFERENCIAS

11.1 Libros, enciclopedias y paginas web consultadas

- 11.1.1 Azurdia, César. En imprenta. Sapotáceas de Guatemala, Diversidad Genética, Conservación y Utilización. Editorial Universitaria. Ref. (1)
- 11.1.2 Solís Cajas. 2004. Caracterización Físicoquímica de la Grasa del Zapote (*Pouteria sapota*) y el Contenido de Acidos Grasos. Tesis Licenciatura Química. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Química. 43 pp. Ref. (2)
- 11.1.3 Radi Alfaro. 1999. Estudio de la agro industrialización del zapote. Tesis Ing. Alns. Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala. Facultad de Ciencias y Humanidades. Departamento de Alimentos y Bioquímica. 88 pp. Ref. (3)
- 11.1.4 Morales Solís. 1999. caracterización morfológica y fenológica in situ de materiales genéticos de zapote (*Pouteria sapota*) (jac.) Moore & Stearn en las cuencas de los ríos la Conquista y Tunuco en el municipio de Quetzaltepeque, Chiquimula. Tesis Ing. Agr. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 71 pp. Pags. 4-14. Ref. (4).
- 11.1.5 Cameron, Fox. 1999. Ciencia de los alimentos, nutrición y salud. Limusa Noriega editores. México. Págs. 72,73. (5).
- 11.1.6 Altamirano G. 1985. Manual de técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. 2ª. Ed. México Ref. (6)
- 11.1.7 Aurand, L. U. U., Woods, A. E., Wells, M. R. 1987. Food Composition and Analysis. Van Nonstrand Reinhold. USA. Pág. 210-223 Ref. (7).
- 11.1.8 Oficial Methods of Analisis. AOAC. 14 Ed. Ref. (8)
- 11.1.9 Artículo consultado el 13 de septiembre del 2005:
www.api-guia.com.ar/propoleos/metodos%20analiticos.htm Ref. (9)
- 11.1.10 INCAP. 1996. Técnica de Determinación de Ácidos Grasos por Cromatografía de Gases. Instituto de Nutrición de Centro América y

- Panamá. Laboratorio de Composición de Alimentos, 1a Revisión, Guatemala, Ref. (10).
- 11.1.11 Levin, Jack. 1979. Fundamentos de estadística en la investigación social Editorial Harla S.A. de C.V. México. Págs. 39-59. Ref. (11).
- 11.1.12 Gessner G. Hawley. Diccionario de química y de productos químicos. Ediciones OMEGA, S.A. Barcelona. Pag. 349,480. Ref. (13)
- 11.1.13 Ll. Serra Majem. 1995. Nutrición y Salud Pública. Métodos, Bases científicas y Aplicaciones. Mansson, S.A. Barcelona. Pag. 8-12, 23-25. Ref. (14)
- 11.1.14 Artículo consultado el 13 de septiembre del 2005:
www.mundohelado.com/materiasprimas/chocolate/chocolate-almacenamiento.htm Ref. (15)
- 11.1.15 Hager. 1942. Tratado de Farmacia Práctica: para farmacéuticos, médicos y funcionarios de la sanidad. Vol. II. Editorial LABOR, S.A. Barcelona, España. pp. 130. Ref. (16)

12 ANEXOS

TABLA 1

Composición de grasa en la semilla del zapote (Ref. 3)

Especificaciones	Zapote*	Injerto Verde**	Injerto Amarillo***	Injerto Rosado****	Cacao*****
Gravedad específica a 25°C	0.91	0.92	0.92	0.92	0.97
Índice de refracción a 40°C	1.46	1.46	1.46	1.45	1.45
Índice de saponificación	188.90	208.20	205.05	195.4	145.08
Materia insaponificable %	1.40	0.98	1.36	1.66	0.62
Índice de yodo	70.05	18.30	42.20	30.16	37.60
Índice de rancidez	2.10	2.60	2.00	2.40	2.80
Punto de solidificación	15-16°C	16-17°C	32-33°C	34-35°C	-
Punto de fusión	34-38°C	35-36°C	15-16°C	16-17°C	32-34°C
Ácidos grasos saturados %	30.20	34.10	32.10	30.38	-
Ácidos grasos insaturados %	63.84	63.54	61.50	63.40	-
Índice de Poleyse	0.36	0.38	0.40	0.38	0.56
Índice de Reizhert-Meissel	0.20	0.24	0.26	0.22	0.84
Grasa %	50-60	20-25	12-22	20-25	50-60

(Aguilar, 1996)

* *Colocarpum sapota* (jacq.) Merrill** *Colocarpum viridis* Piltier*** *Colocarpum Standlyi* Aguilar**** *Colocarpum Sleyermarkii* Aguilar***** *Theobroma cacao* L.

TABLA 2

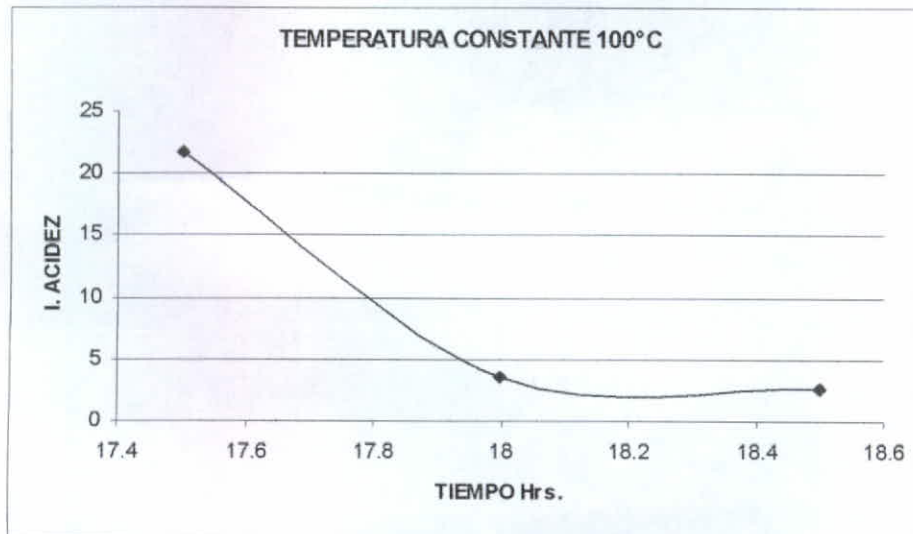
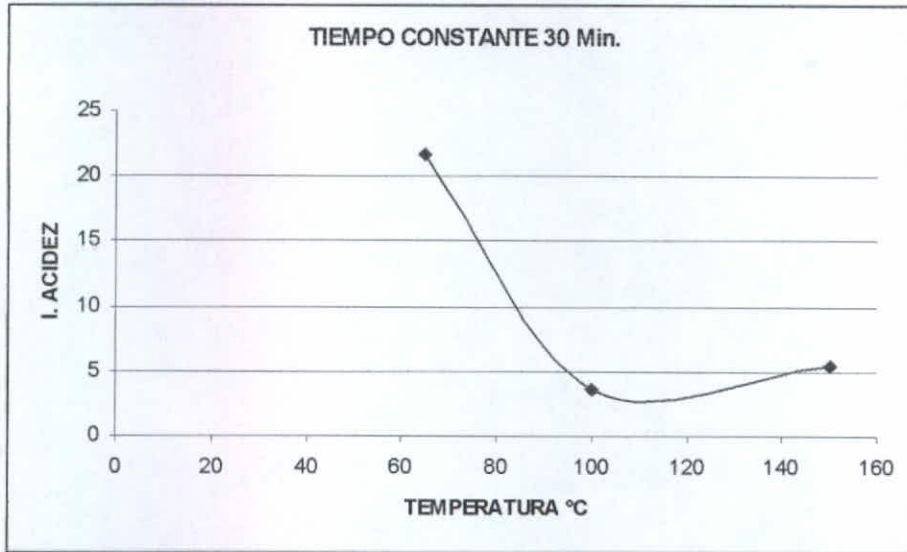
Resumen del árbol del fruto de zapote y su fruto (Ref. 3)

BOTANICA		ECOLOGIA		SEMILLA	
F A M I L I A	Sapotaceae	Zona donde crece	Bajas, cálidas y húmedas	Recolección de la semilla	Noviembre a mayo
		Altitud msnm	0-600	Almacena la semilla	Pocos días
		Temperatura °C	25-28		
		¿Necesita sequía?	No	Tratamiento semilla	Remover cáscara
		Precipt. Anual mm	1500-3000		
VIVERO		CAMPO		USOS	VARIOS
Tipos de producción	Semillas, injertos, acodos	Clase de suelo	Fértiles, bien drenados y profundos		
Días para brotar	30	Formas de sembrar	Plantación, huerto o sistema agroforestal	Fruto comestible, madera fina para carpintería, aceite medicinal	Fue el principal alimento de soldados de Hernán Cortez durante su marcha (1524)
Tiempo o altura	5 meses				

(Guauhitemal lugar de bosques, 1995)

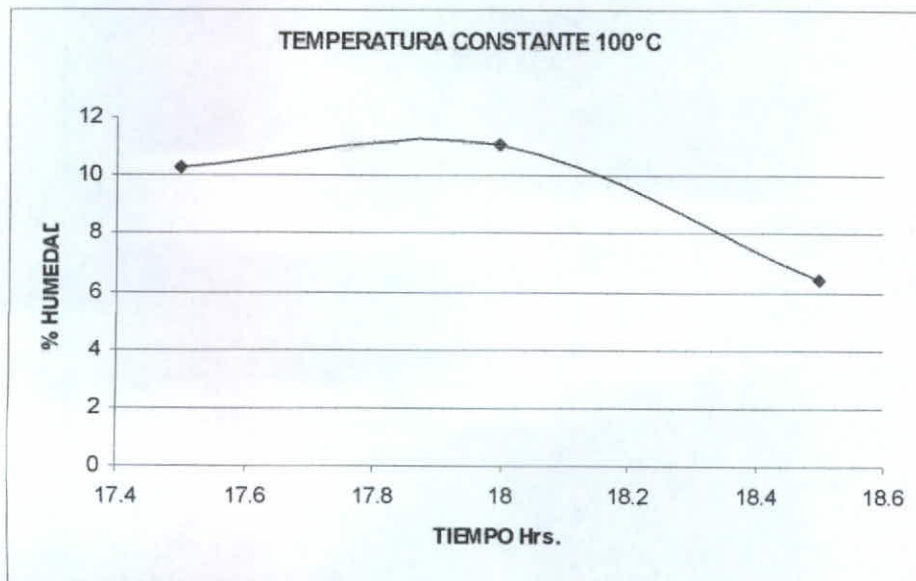
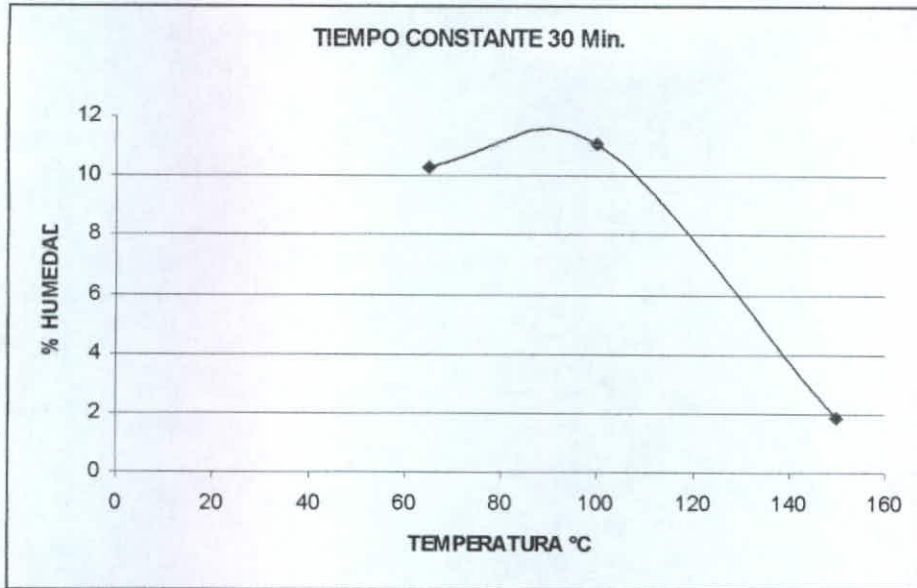
GRAFICA No. 2

Indice de acidez durante el proceso de tostado de la semilla de zapote.



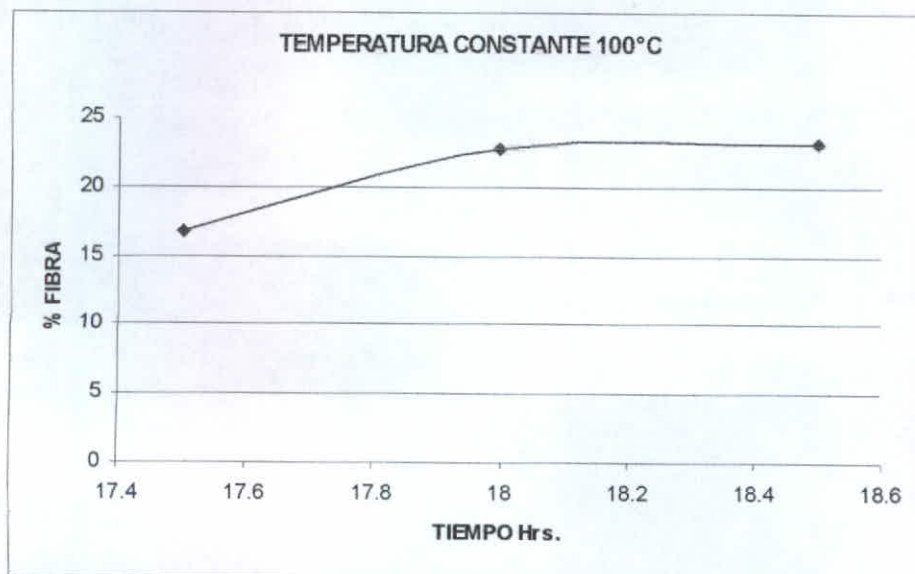
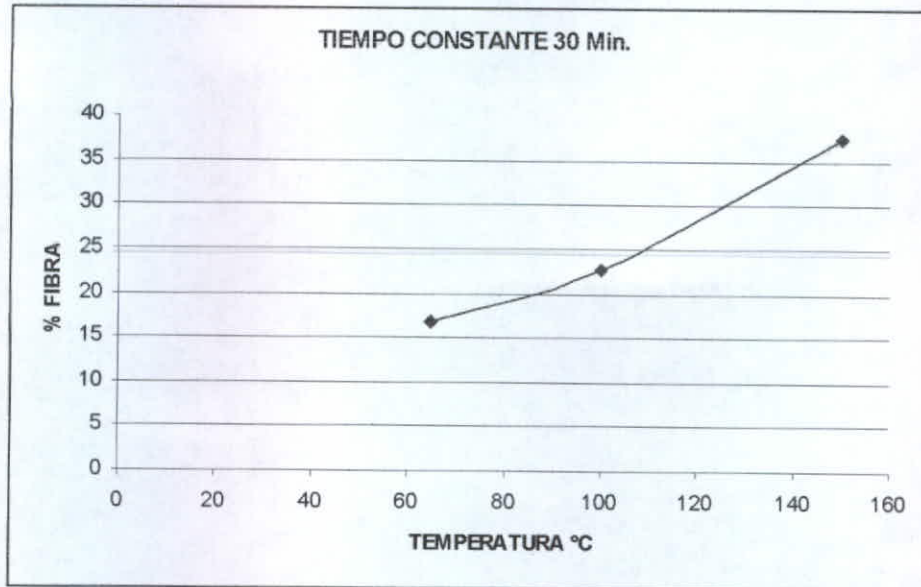
GRAFICA No. 3

% de humedad durante el proceso de tostado de la semilla de zapote.



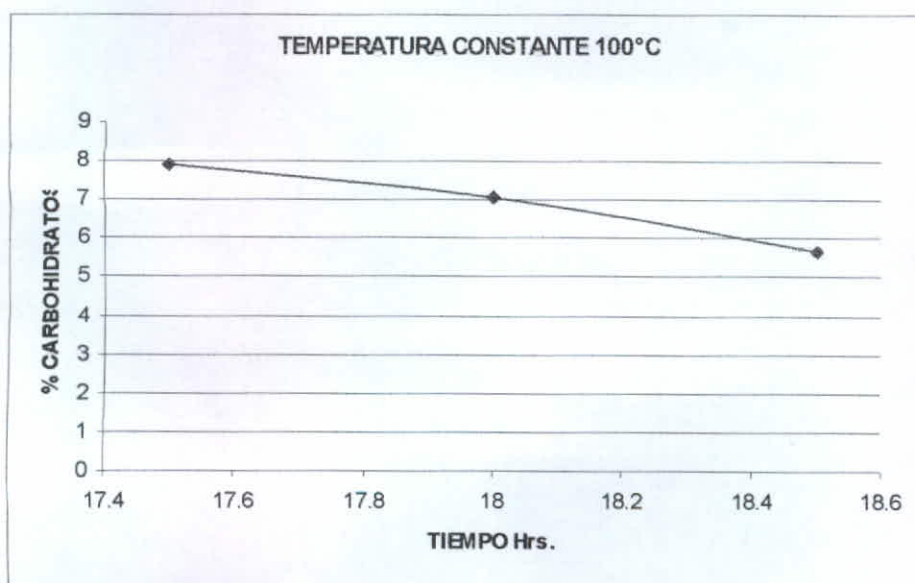
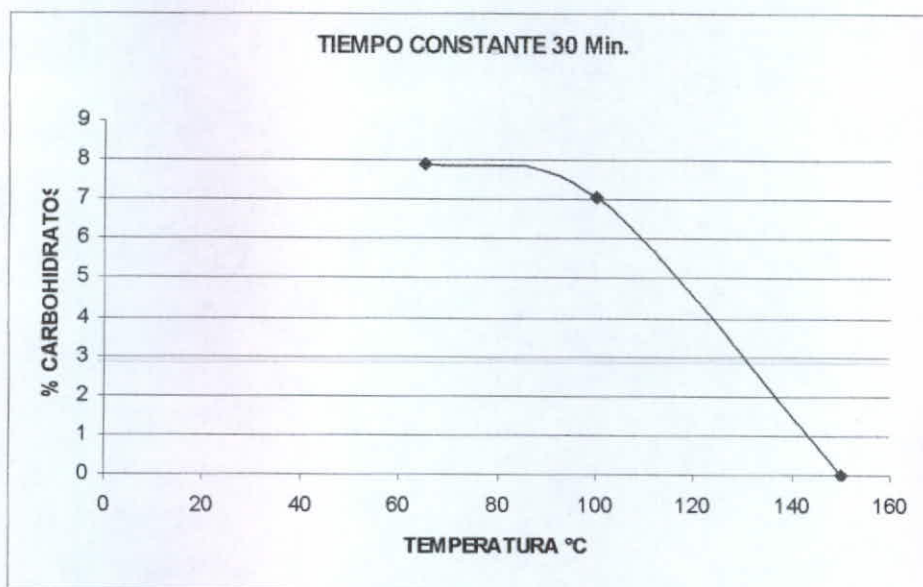
GRAFICA No. 4

% de fibra cruda durante el proceso de tostado de la semilla del zapote.



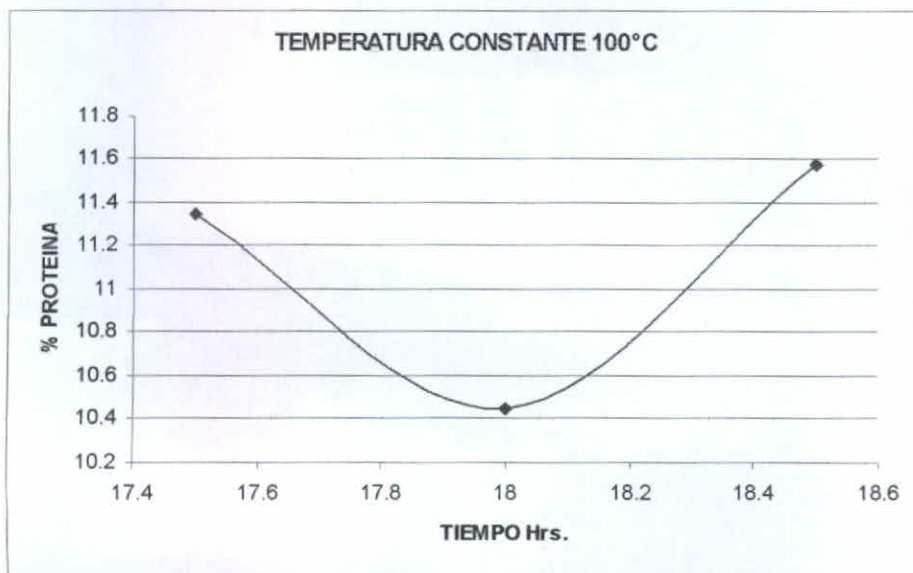
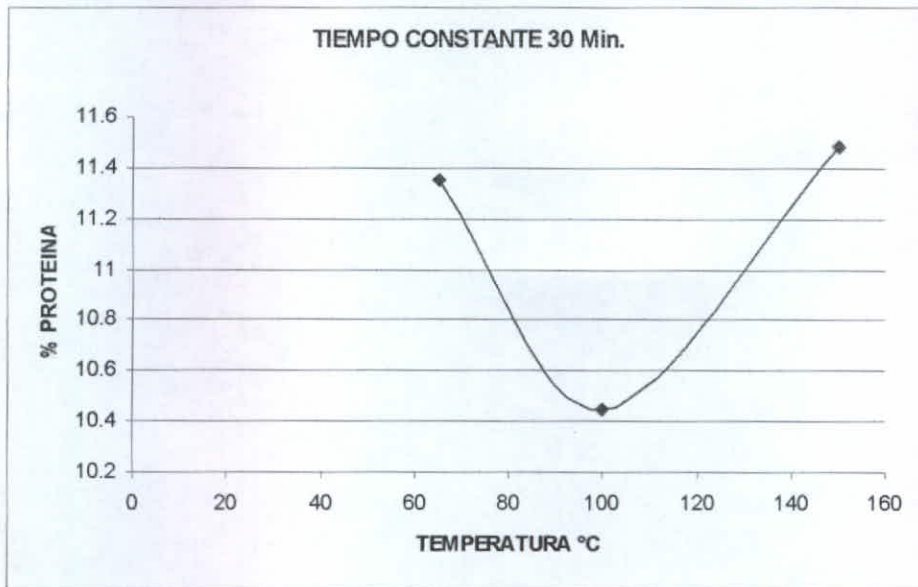
GRAFICA No. 5

% de carbohidratos durante el proceso de tostado de la semilla de zapote.



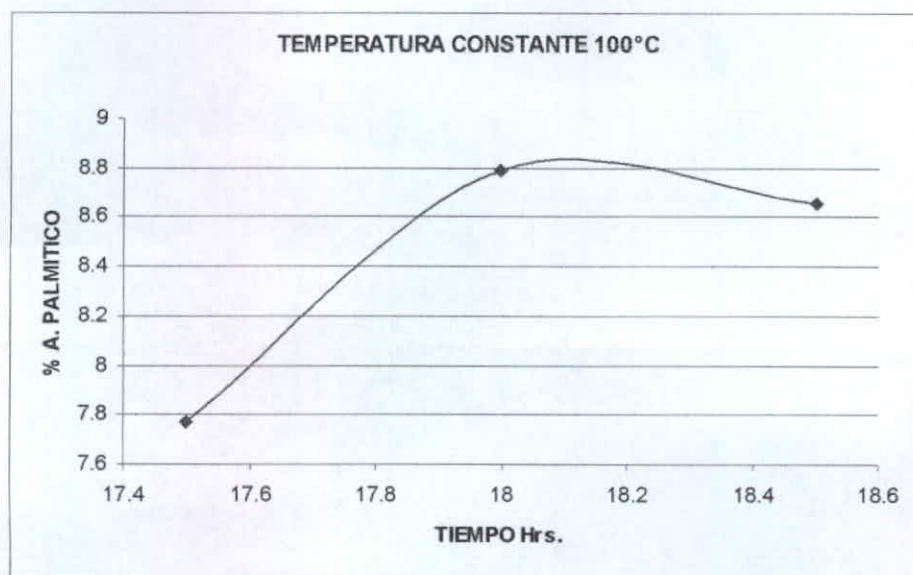
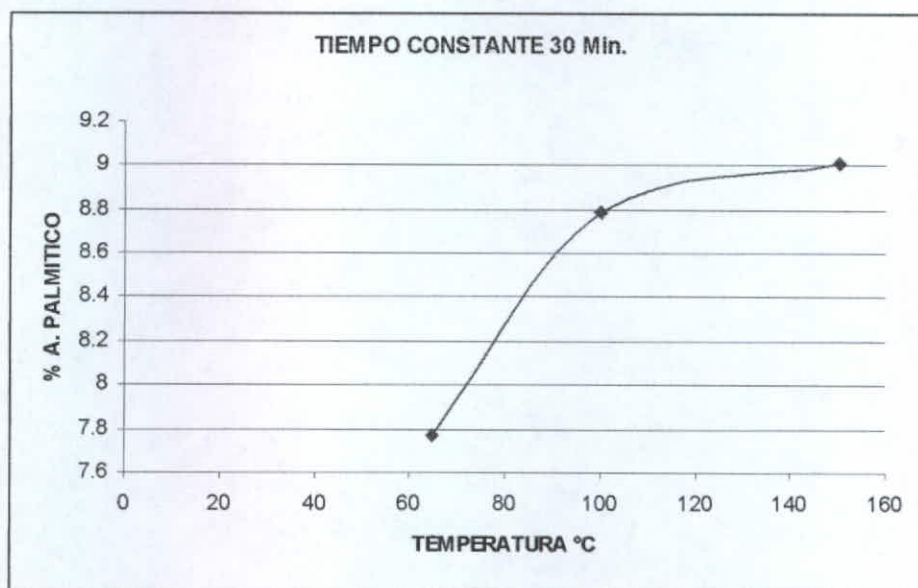
GRAFICA No. 6

% de proteína durante el proceso de tostado de la semilla de zapote.



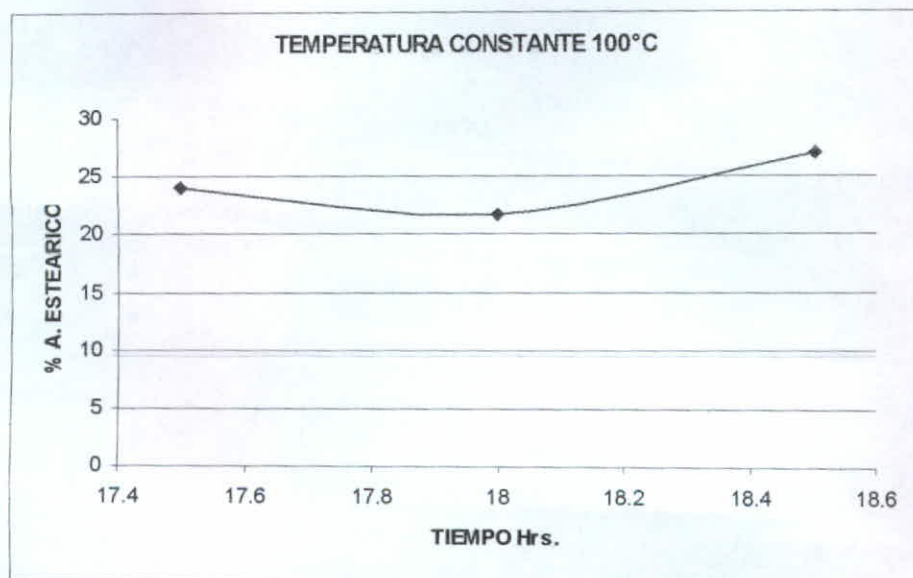
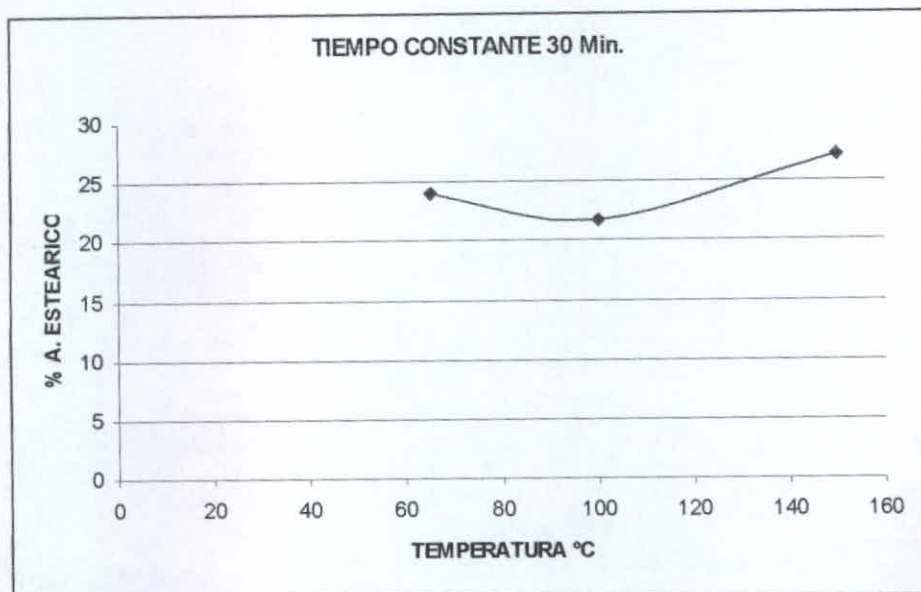
GRAFICA No. 7

% de ácido palmítico durante el proceso de tostado de la semilla de zapote.



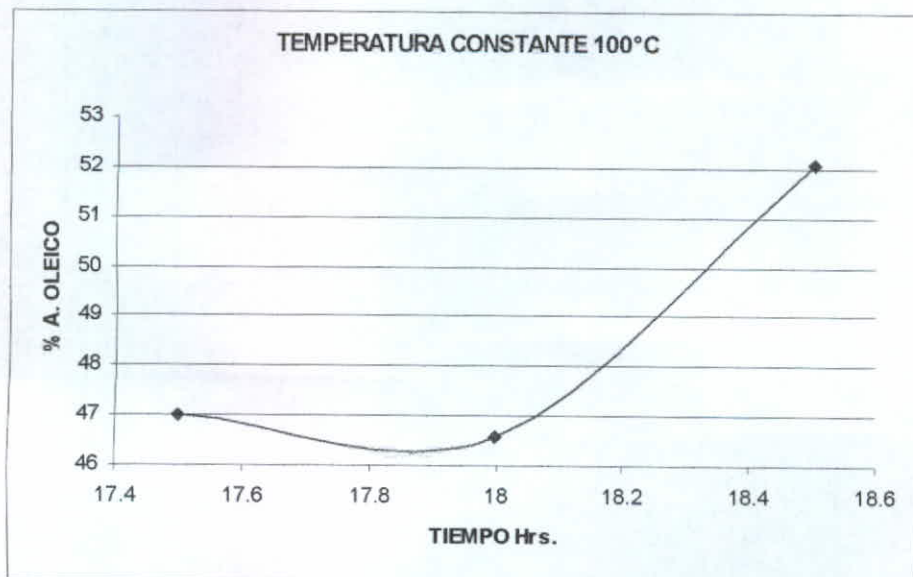
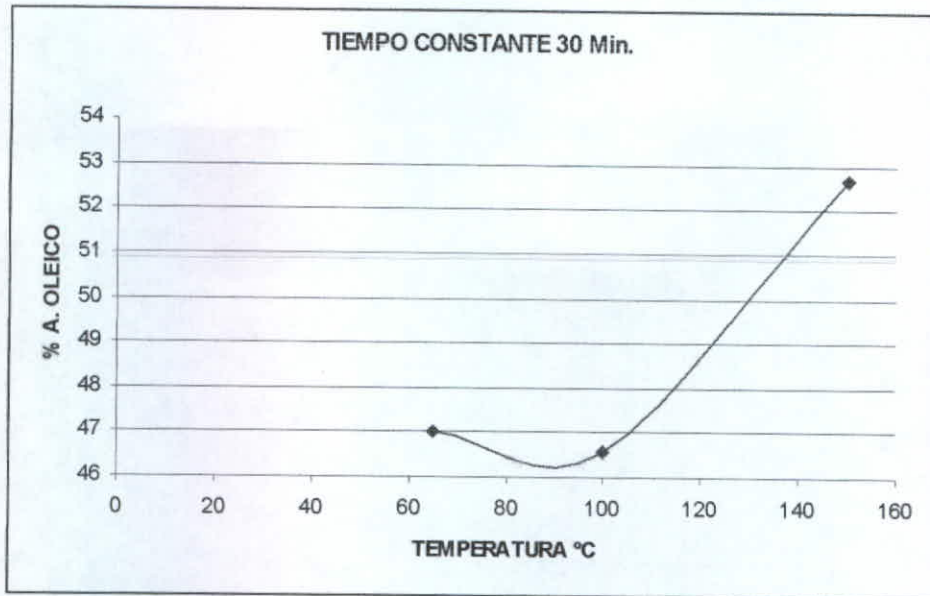
GRAFICA No. 8

% de ácido esteárico durante el proceso de tostado de la semilla de zapote.



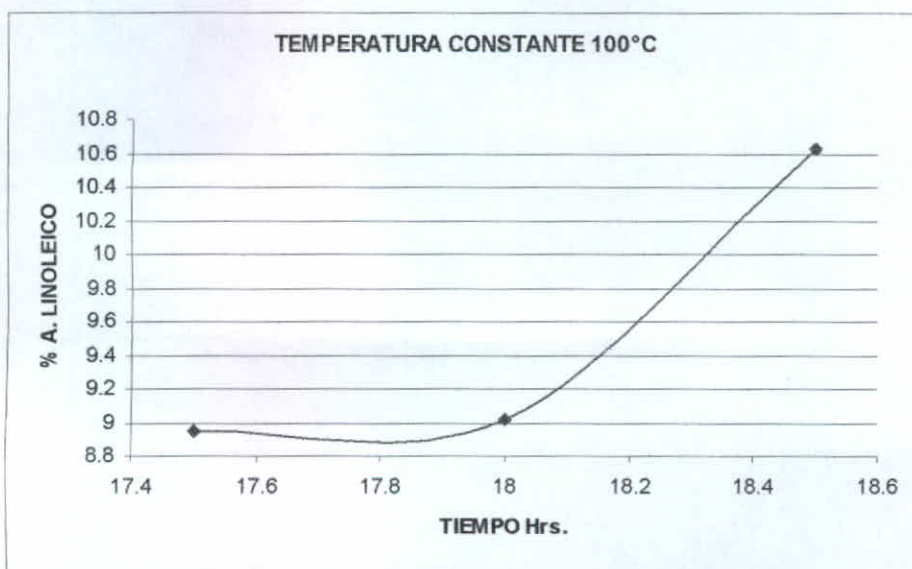
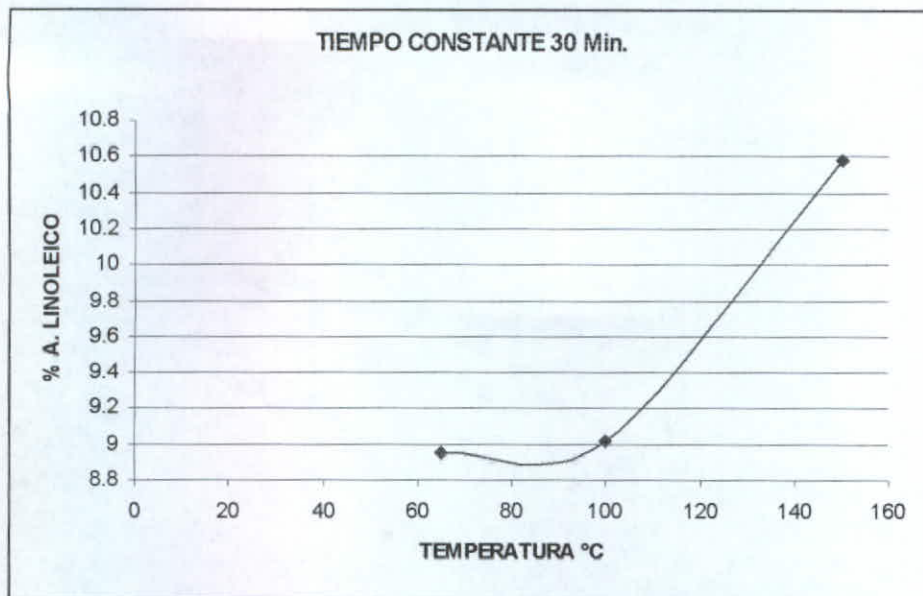
GRAFICA No. 9

% de ácido oleico durante el proceso de tostado de la semilla de zapote.



GRAFICA No. 10

% de ácido linoleico durante el proceso de tostado de la semilla de zapote.



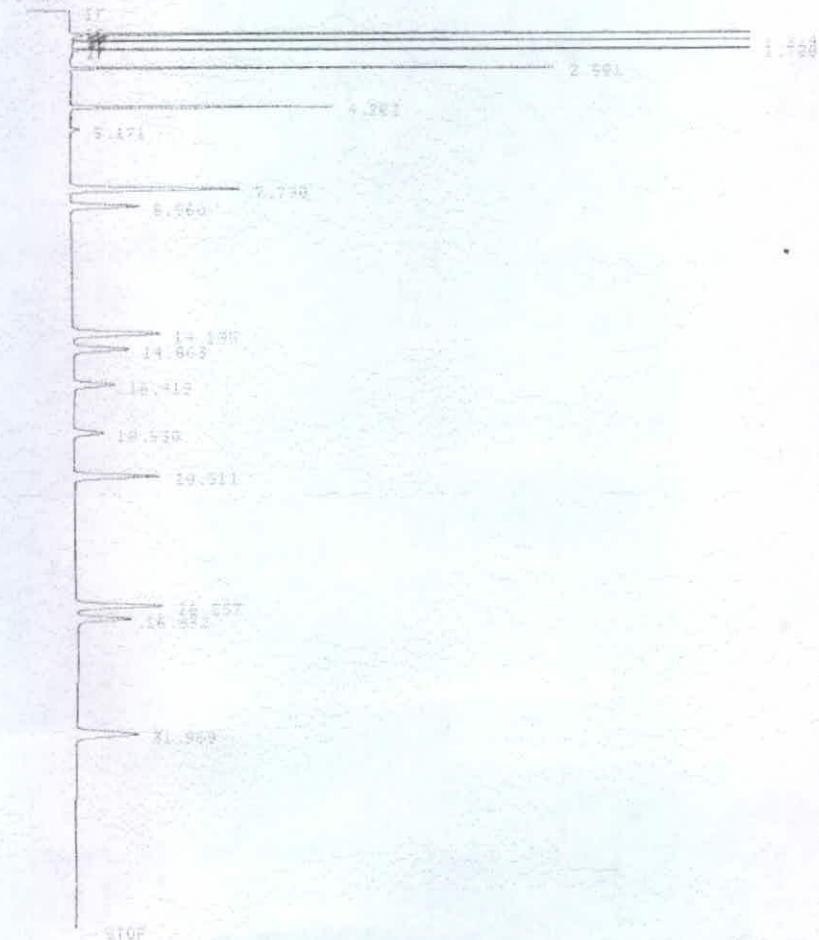
CROMATOGRAMAS DEL PERFIL DE ACIDOS GRASOS

ESTANDAR DEL PERFIL DE ACIDOS GRASOS

USE ONLY THE INFORMATION
USE SAMPLE TABLE IN MANUAL FOR E. 1121

1510 AM 00.0000+00 3>
SAMPLE AMT 00.0000+00 3>
PUL FACTOR 01.0000+00 3>
RECALCULATION CY 0003>
NAME: ST. ACIDOS GRASOS
REPORT METHOD: AC10010FH300

* RUN # 457 JAN 24, 1985 09:57:51
START



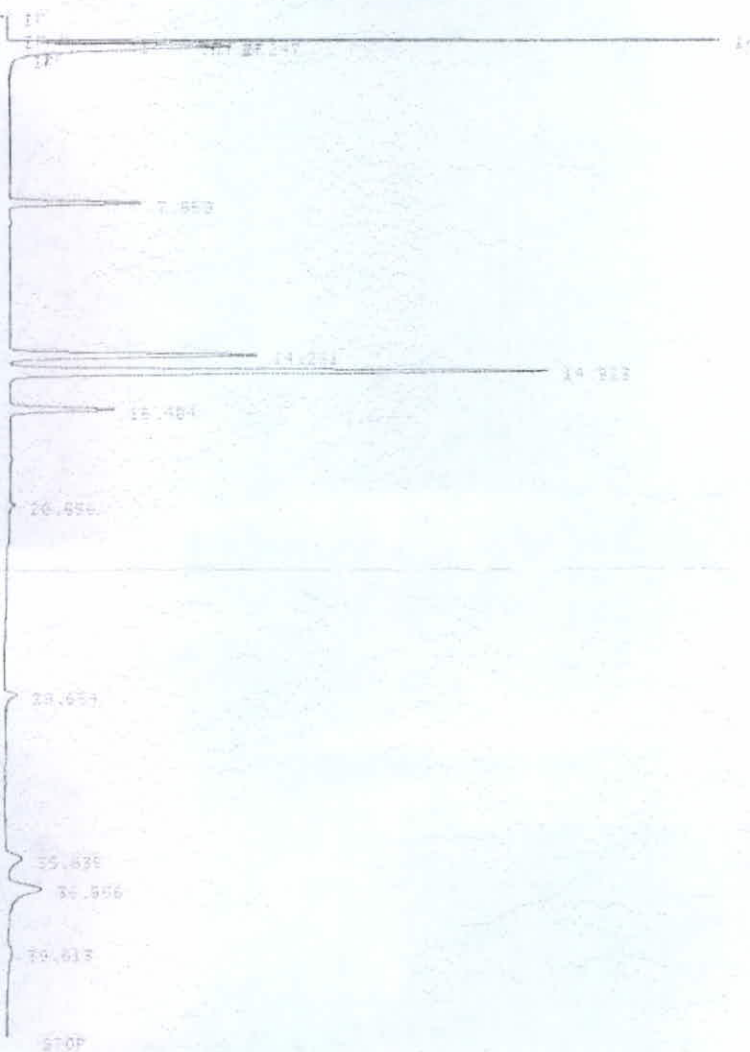
STOP
Closing signal file M-015041 - RM
Storing processed peaks to M-01504100.PPC
DIRECTORY FILE

CROMATOGRAMA MUESTRA 2

DEFAULT SAMPLE INFORMATION
USE SAMPLE TABLE IF MANUAL RUN 12/14/82

INSTR AMT 00.0000E+00 31
SAMPLE AMT 00.0000E+00 31
INTEGRATOR 01 0000E+00 31
RECALIBRATION BY 4802
NAME 2
REPORT METHOD ACID000 000000

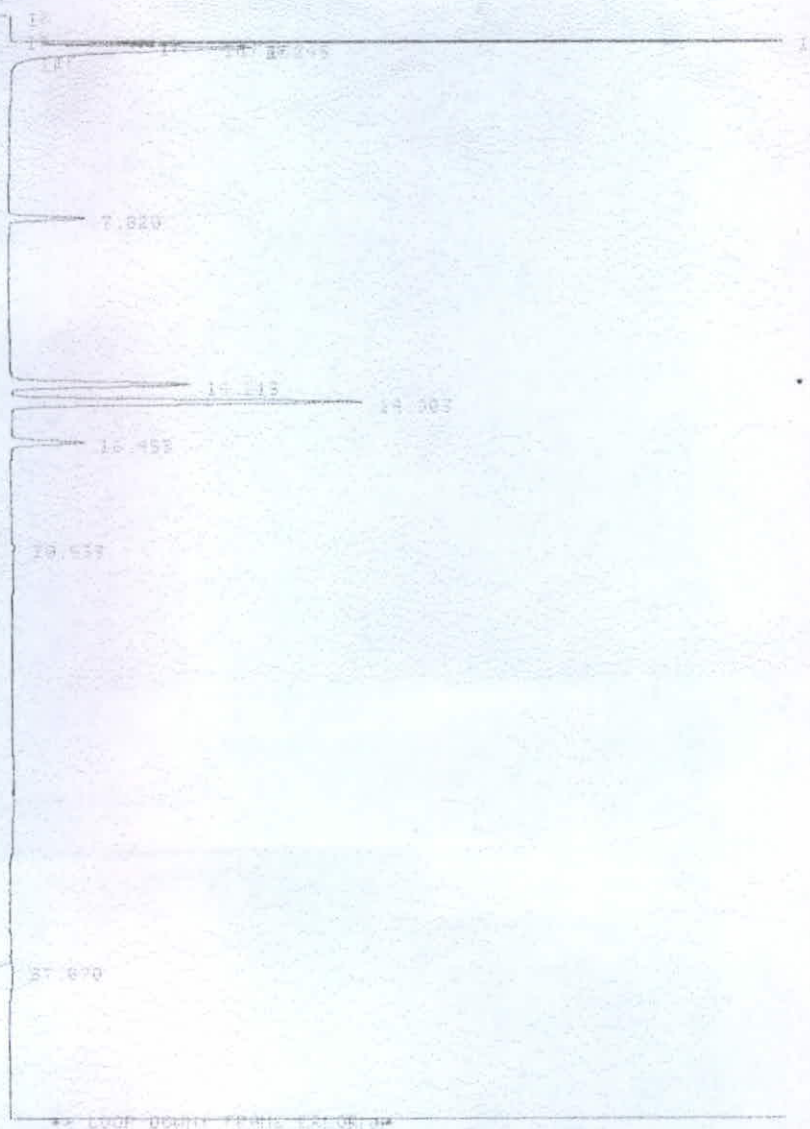
* RUN 4 486 204 03 1200 12:40:11
START



CROMATOGRAMA MUESTRA 3

SAMPLE AMT 08.0000E+00 3
HVL FACTOR 11.0000E+00 10
CALIBRATION EV 0.043
NAME 005
REPORT MEMO ACIDOS 06/00/00

* RUN # 496 JAN 24, 2006 10:21:22
START



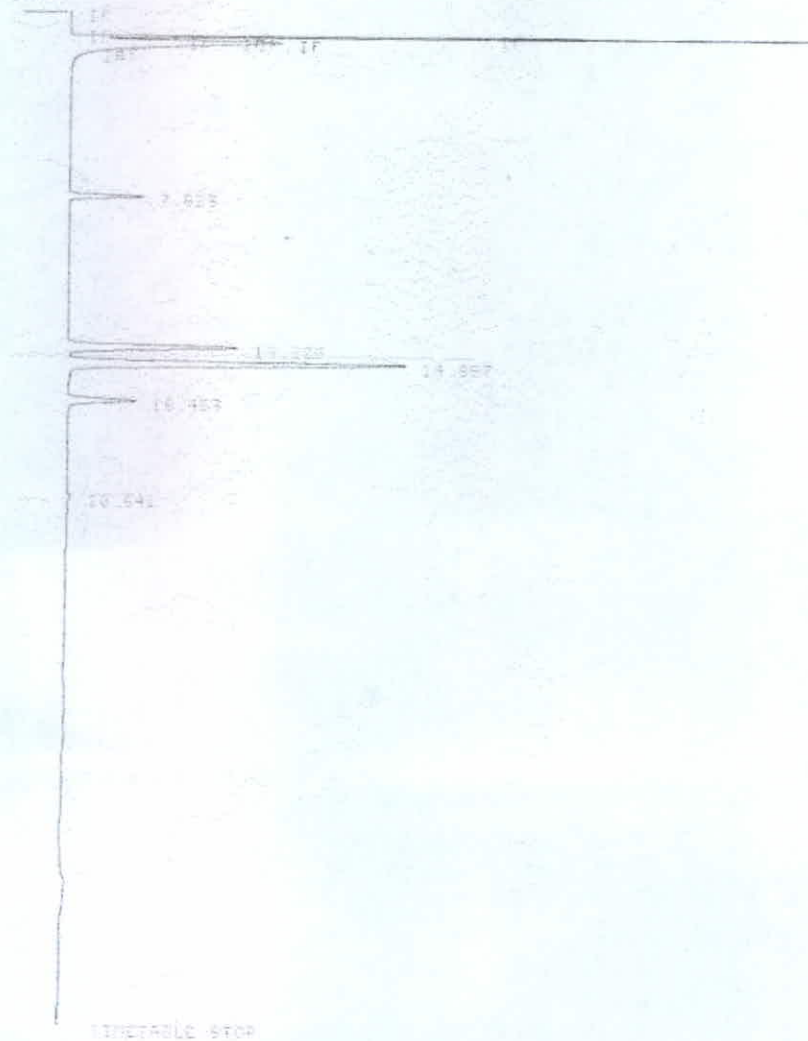
Closing signal file D:\SIGNAL .ARR

CROMATOGRAMA MUESTRA 4

DEFAULT SAMPLE INFORMATION
USE SAMPLE TABLE IN MANUAL FOR C= 402

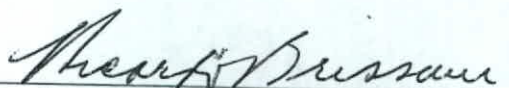
INSTR UNIT 00.00000-00 3
SAMPLE UNIT 00.00000-00 3
DIL FACTOR 01.00000+00 3
RECALIBRATION 24-N43
INSTR 4
REPORT MENU* RTTIME ORSOS

* RUN # 430 JAN 23, 2000 11:11:21
START

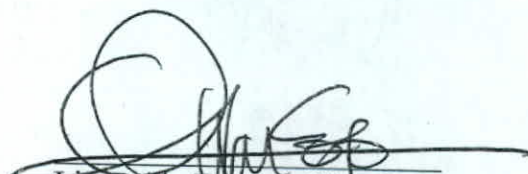




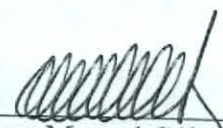
Gonzalo Flores Ronquillo
Tesista



Dr. César Ricardo Bressani Castignoli
Asesor



Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto
Director de Escuela



Ph.D. Oscar Manuel Cobar Pinto
Decano