

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DEL CONJUNTO DE PARÁMETROS  
ADECUADOS A LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE LA SEMILLA  
DE MANGO A PARTIR DE DATOS EXPERIMENTALES A NIVEL  
DE LABORATORIO**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA  
POR

JAIME ROBERTO COREA OCHOA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1,999**

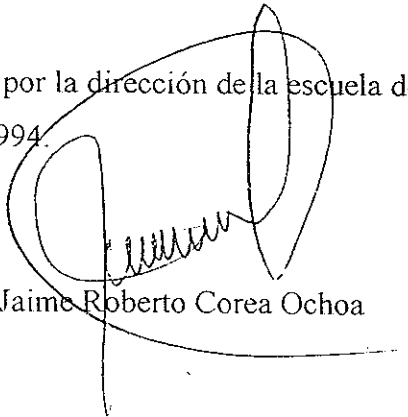


## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DETERMINACIÓN DEL CONJUNTO DE PARÁMETROS ADECUADOS A LA  
EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE MANGO A PARTIR DE  
DATOS EXPERIMENTALES A NIVEL DE LABORATORIO,

tema que me fuera asignado por la dirección de la escuela de Ingeniería Química con  
fecha 10 de noviembre de 1,994.



Jaime Roberto Corea Ochoa

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1º	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL 2º	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL 3º	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL 4º	Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán
VOCAL 5º	Br. Mauricio Alberto Grajeda Mariscal
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL  
PRIVADO**

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podzueck
EXAMINADOR	Ing. Rodolfo Espinosa Smith
EXAMINADOR	Ing. Julio Chávez Montúfar
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Alvarez Mejía
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

Guatemala, 16 de octubre de 1,999.

Ing. Otto Raúl de León,  
Director de Escuela de Ingeniería Química,  
Facultad de Ingeniería,  
Universidad de San Carlos.

Ing. De León.

Habiendo tenido a la vista el trabajo de investigación de tesis del estudiante Jaime Roberto Corea Ochoa, titulado: DETERMINACION DEL CONJUNTO DE PARAMETROS ADECUADOS A LA EXTRACION DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE MANGO, A PARTIR DE DATOS EXPERIMENTALES A NIVEL DE LABORATORIO, dejo constancia de aprobación para proceder a la autorización del mismo.

Sin otro particular y agradeciéndole la atención que se sirva dar a la presente, quedo de usted.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



---

Dr. Victor Quiroa  
ASESOR  
Col. 507



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 27 de Octubre de 1,999.

Ingeniero  
Otto Raúl de León de Paz  
Director  
Escuela de Ingeniería Química  
Presente

Estimado Ingeniero de León:

Atentamente me dirijo a usted para responder a su oficio Ref. EIQ. 234.99, mediante el cual se solicita revisar el informe final de tesis del estudiante universitario JAIME ROBERTO COREA OCHOA, titulado " DETERMINACIÓN DEL CONJUNTO DE PARÁMETROS ADECUADOS A LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE MANGO A PARTIR DE DATOS EXPERIMENTALES A NIVEL DE LABORATORIO " el cual fue asesorado por el Doctor Victor Quiroa Noriega.

Al respecto, me permito informarle que después de haber terminado la revisión del mencionado informe y haberle hecho las correcciones pertinentes, considero que llena los requisitos para ser aprobada por parte de la Escuela como trabajo de tesis, por lo cual se lo remito y lo pongo a su consideración.

Agradeciendo la atención a la presente, le saluda respetuosamente,

" ID Y ENSEÑAD A TODOS "

M. en Ing. Williams G. Alvarez Mejia  
Profesor Titular V  
Area de Operaciones Unitarias

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química, Ing. Otto Raúl de León de Paz, después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo de Tesis del estudiante, **Jaime Roberto Corea Ochoa**, titulado: **DETERMINACION DEL CONJUNTO DE PARAMETROS ADECUADOS A LA EXTRACCION DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE MANGO A PARTIR DE DATOS EXPERIMENTALES A NIVEL DE LABORATORIO**, procede a la autorización del mismo.

Ing. Otto Raúl de León de Paz  
DIRECTOR ESCUELA INGENIERIA QUIMICA



Guatemala, noviembre de 1,999.

/ga

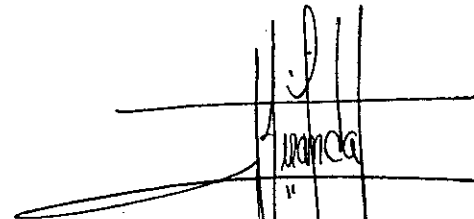
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de Tesis titulado: **DETERMINACION DEL CONJUNTO DE PARAMETROS ADECUADOS A LA EXTRACCION DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE MANGO A PARTIR DE DATOS EXPERIMENTALES A NIVEL DE LABORATORIO**, del estudiante, **Jaime Roberto Corea Ochoa**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

  
Ing. Herbert René Miranda Barrios  
DECANO



Guatemala, noviembre de 1,999.

## DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado

- A: Nuestro Padre Creador            por quien estamos aquí y nos da la energía para continuar adelante
- mis padres                                Roberto Corea y Enma Ochoa de Corea, por su amor y apoyo en todo momento para poder culminar mi carrera
- mis hermanos                            Geraldina, Enma de Lourdes y Juan Manuel, por su apoyo en toda circunstancia
- mis tíos                                    por su apoyo, en especial a Fernando Ochoa
- mis primos                                por la ayuda brindada en algún momento, en especial a Irma Ochoa, por su apoyo al inicio de mi carrera
- mi novia                                    Miriam Ruíz por su apoyo y paciencia en la elaboración de esta tesis
- mis amigos y compañeros            Jorge Abril, Ana Silvia Samayoa y Blanca Luz Chávez por ser los compañeros fieles, con quienes compartí momentos gratos y tristes.



## AGRADECIMIENTOS

Mi más grande agradecimiento al Dr. José Víctor Quiroa Noriega por ser el amigo y el guía a quien le debo parte de mi formación y también la elaboración del presente trabajo.

También mi agradecimiento para el Ing. Francisco Rosales Cerezo, por facilitarme las instalaciones y equipo del laboratorio de química de la EFPEM.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	IV
GLOSARIO	V
RESUMEN	VI
INTRODUCCIÓN	VII
1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	1
2 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos	4
2.3 Hipótesis formulada	4
3 METODOLOGÍA EMPLEADA	5
3.1 Materiales y equipo	5
3.1.1 Materia prima	5
3.1.1.1 La semilla	5
3.1.1.1.1 Secado de la semilla	5
3.1.1.1.2 Prensado de la semilla	6
3.1.2 Solventes	6
3.1.3 Equipo	6
3.2 Descripción de la metodología de trabajo	7
3.2.1 Metodología general de extracción	7
3.2.2 Descripción de los procesos de obtención de aceite de la semilla de mango	8

3.2.2.1	Semilla fresca lixiviada	8
3.2.2.2	Semilla fresca prensada	8
3.2.2.3	Semilla seca	8
3.2.2.4	Semilla seca prensada	9
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	10
4.1	Proceso a partir de semilla fresca	10
4.2	Proceso a partir de semilla fresca prensada	10
4.3	Proceso a partir de semilla seca	10
4.4	Proceso a partir de semilla seca prensada	13
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	12
5.1	Proceso a partir de semilla fresca	12
5.2	Proceso a partir de semilla fresca prensada	13
5.3	Proceso a partir de semilla seca	14
5.4	Proceso a partir de semilla seca prensada	15
	CONCLUSIONES	17
	RECOMENDACIONES	18
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
	BIBLIOGRAFÍA	21
	APÉNDICE I	24
	APÉNDICE II	27

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

No.	TABLAS	Página
I	Proceso con semilla fresca lixiviada	26
II	Proceso con semilla fresca prensada	26
III	Proceso con semilla seca	27
IV	Proceso con semilla seca prensada	27

## LISTA DE SÍMBOLOS

g	Gramo
Has	Hectáreas
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
N	Newton
Kg.	Kilogramo
V	Voltio
W	Watt
B.S.	Base seca

## GLOSARIO

<b>Antractnosis</b>	Nombre genérico que se aplica a varias enfermedades criptogámicas que atacan las plantas cultivadas.
<b>Ápice</b>	Extremo superior o punta de alguna raíz o tallo.
<b>Drupa</b>	Fruto sencillo, carnoso o caríaceo, indehiscente, es decir, que no se abre naturalmente, con endocarpio leñoso (hueco) y mesocarpio generalmente carnoso (cereza, albaricoque, melocotón, etc). La almendra y la nuez son drupas en las cuales el mesocarpio, más resistente se seca al madurar.
<b>Endocarpio</b>	Parte de los frutos que recubre el lóculo que contienen las semillas, es unas veces membranosa y otras leñosa y forma un hueso con una sola cavidad que contienen las semillas.
<b>Exocarpio</b>	Capa exterior de protección de los frutos, vulgarmente se llama piel.
<b>Influorescencia</b>	En las plantas fluorescentes, la parte del retoño que lleva flores.
<b>Lentícela</b>	Cada una de las aberturas en forma de cráter de volcán que se hallan en los troncos y cortezas suberificadas en las plantas.

## RESUMEN

En la obtención de aceite, a partir de las almendras de semilla de mango se determina qué proceso es el adecuado desde el punto de vista económico y de rendimiento, para la posible industrialización debido a que se trata de un producto alimenticio de gran valor nutritivo (6), que vendría a sustituir a grasas que hasta la fecha se han utilizado en forma tradicional y el aprovechamiento de un recurso que hasta ahora se ha desechado, ya que en nuestro país se cosecha considerables cantidades de esta fruta aprovechándose únicamente la pulpa.

La obtención del aceite se realizó por cuatro métodos distintos, ensayando con cada uno de ellos, cinco solventes diferentes para evaluar el método que da mejores resultados, así como el solvente que extrae la mayor cantidad de aceite y se determinó que el método apropiado consiste en secar las almendras trituradas, someterlas a presión y finalmente extraer el aceite con hexano como solvente. El rendimiento es del orden del 13.73% en masa, este dato es muy parecido a lo reportado en la bibliografía, en donde se menciona que se han obtenido resultados de hasta un 12.6%, (13), lo cual demuestra que es posible obtener un rendimiento adecuado para pensar en su industrialización.

## INTRODUCCIÓN

Guatemala se caracteriza por ser un país prominentemente agrícola, con diversidad de cultivos, entre los cuales se cuenta el mango (*mangifera indica*) del cual existen diferentes variedades.

La mayoría de la producción nacional de mango se consume como fruta fresca y sólo una pequeña parte se aprovecha en la industria para la extracción de jugos o la fabricación de conservas, en ambos casos se aprovecha únicamente la pulpa y se desechan las semillas, las cuales constituyen entre el 15% y el 25% de la masa total de la fruta, dependiendo de la variedad de que se trate (13).

A pesar de los amplios estudios realizados sobre el mango a nivel mundial y de la gran producción de éste, calculada en unos 15 millones de toneladas para 1,988, (15) y de unos 17 millones de toneladas en 1,998, son pocos los esfuerzos de dedicados a las semillas, la cual es aprovechable para la extracción de aceite, almidón y harina (6).

Entre los países que han realizado algunos estudios al respecto se encuentran Alemania, Egipto, Pakistán y sobre todo la India, país que cosechó en 1,988 aproximadamente el 63% de la producción mundial (15) y que en 1,998 este porcentaje disminuyó al 56% debido al incremento que ha habido en la producción de otros países.



Las investigaciones realizadas en estos países demuestran que el aceite de la semilla de mango puede ser considerado como potencialmente comestible pudiendo además, sustituir al sebo y a la manteca de cacao en sus diferentes usos (6), debido a su composición (del 43.4% al 54.5% de ácido oléico y del 32.4% al 44% de ácido esteárico), lo cual lo coloca como una alternativa en el uso de aceites comestibles.

El aceite de la semilla de mango ha sido extraído con éxito en los países mencionados, al seguir métodos tradicionales con diferentes solventes, con lo cual se han obtenido valores muy parecidos en cuanto a rendimiento se refiere.

## 1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El mango (*mangifera indica*) es la fruta tropical cultivada más antiguamente, tal vez sobrepasa los 4,000 años; se originó en la península malaya y regiones adyacentes en la India. Los españoles lo llevaron de Filipinas a México (1,698) en Brasil lo introdujeron los portugueses tal vez traído del Africa (1,825), extendiéndose posteriormente a otros países de América (11).

La producción mundial de mango en 1,988 fue alrededor de 15 millones de toneladas métricas, de las cuales la India produjo aproximadamente el 63% (15); actualmente se calcula su producción en unos 17 millones de toneladas métricas, y es la India el productor del 56% del total .

En Guatemala, en 1,988 se cosecharon 4,333.1 toneladas métricas (11), y en 1,998 esta producción se incrementó hasta llegar a las 172.000 toneladas métricas (5), las cuales son producidas principalmente en la región sur del país. Dicha producción podría ser exportable pero a falta de una planta agroindustrial procesadora o empacadora, las plantaciones no son aprovechadas y el mango constituye sólo un subproducto de las fincas ganaderas o algodoneras (11).

En países donde se ha industrializado el mango se han producido principalmente refrescos, néctares, jugos, fracciones en jarabes, jaleas, pulpas y compotas (9), aprovechándose en todos los casos únicamente la pulpa y desechando las semillas las cuales constituyen entre el 15% y el 25% de la masa total de la fruta, dependiendo de la variedad de que se trate (13).

En grandes países productores de mango como la India se han realizado investigaciones en torno a la utilización de las semillas, determinándose que es posible obtener de ellas, harina, almidón y aceite, éste último es potencialmente comestible debido a su alto contenido de ácido oleico y ácido esteárico, lo cual lo hace comparable al sebo y a la grasa de coco (6).

En 1,981, Van Pee y colaboradores publicaron que en un estudio efectuado en la república de Zaire se obtuvieron rendimientos de aceite de orden del 12,6%; el aceite fue determinado extrayendo muestras de almendras liofilizadas con éter dietílico anhídrico en un aparato de soxhlet. Después de 4 horas la muestra fue recuperada y molida en un mortero en presencia de arena de mar, continuando por 4 horas (13).

En 1,977, Char y colaboradores publicaron que en la India se utilizaron métodos tradicionales de extracción con lo que se obtuvieron rendimientos de hasta el 11% en masa de grasa (6), también se indica que se ha analizado dicha grasa por métodos cromatográficos para la determinación de su composición exacta. También publica Van Pee en 1,980 (14) acerca de los estudios realizados en Bélgica de la composición y estructura de la grasa de la semilla de mango. En los artículos referidos coinciden en que la grasa de la semilla de mango constituye una solución alimentaria para los países tropicales productores de dicha fruta.

Actualmente, las industrias que procesan aceite para la elaboración de sus productos se ven en la necesidad de importarlos ya que hasta ahora el margen de producción de semillas oleaginosas es pequeño y no alcanza a cubrir las demandas del mercado nacional, en los últimos años ha disminuído agravando más el déficit de aceites vegetales (2). Las principales fuentes concentradas de aceites y grasas las constituyen las semillas oleaginosas vegetales, así como los tejidos de carne de animales (13). La semilla de mango debido a su alto contenido de aceite representa una opción viable para la producción de aceite no sólo porque vendría a aliviar el problema alimentario, sino además se estaría aprovechando un recurso que hasta la fecha se ha desechado.

El mango además de consumirse como fruta fresca, como se hace hasta ahora, ha dado lugar en los últimos años a productos derivados, entre los que se cuentan los néctares, conservas y confitería de mango. Estos productos es a los que mayor énfasis se le ha dado, pero casi nadie ha pensado en utilizar los desechos de esta industria, como lo constituyen las semillas, las cuales tienen un valor nutritivo que debería de ser aprovechado por la población.

## **2. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Determinar el conjunto de parámetros adecuados a la extracción del aceite de la semilla de mango para su posible industrialización.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Definir el o los métodos de extracción del aceite de la semilla de mango posibles a nivel laboratorio.
- Definir el rango de los valores de los parámetros de los métodos de extracción posibles a nivel laboratorio.
- Determinar el conjunto de parámetros adecuados a cada uno de los métodos de la extracción del aceite de la semilla de mango a partir de datos experimentales.

### **2.3 Hipótesis formulada**

Es posible determinar el conjunto de parámetros adecuados de la extracción del aceite de la semilla de mango para su posible industrialización a partir de datos experimentales a nivel de laboratorio.

### **3. METODOLOGÍA EMPLEADA**

Los métodos utilizados para la obtención de aceite a partir de la semilla de mango son:

- Extracción a partir de semilla fresca, lixiviada
- Extracción a partir de semilla secada, lixiviada
- Extracción a partir de semilla fresca prensada, lixiviada
- Extracción a partir de semilla secada, prensada lixiviada

En todos los procedimientos se utiliza el soxhlet para efectuar las extracciones.

#### **3.1 Materiales y equipo**

##### **3.1.1 Materia prima**

La materia prima que se utiliza en los procesos de extracción son almendras de semillas de mango trituradas en un triturador de cuchillas, hasta reducir las al 90% que pasa por un tamís mesh 24.

### 3.1.1.1 La semilla

#### 3.1.1.1.1 Secado de la semilla

La semilla fresca triturada se masa, posteriormente se colocan en un horno por 24 horas, a una temperatura de 110 grados centígrados; masar nuevamente las muestras para determinar el contenido de humedad.

#### 3.1.1.1.2 Prensado de la semilla

Se toma una muestra de masa conocida de almendras de semilla de mango trituradas (frescas o secas), luego se coloca en una prensa hidráulica manual aplicando una presión de  $1,40 \times 10^7 \text{ N/m}^2$  por 20 minutos.

### 3.1.1.2 Solventes

Los solventes que se utilizan en los 4 métodos son: acetona, etanol, benceno, eter dietílico y hexano.

### 3.1.3 Equipo

Triturador de cuchillas

Balanza semianalítica

Beacker

Soxhlet

Soportes

Pinzas  
Anillos  
Camisa de calentamiento con reóstato 0-110 V de 500 W  
Destilador de reflujo  
Condensador  
Tamiz # 24  
Sacos de extracción  
Frascos con tapón de rosca  
Papel aluminio  
Papel filtro Watman # 40  
Bomba de vacío  
Termómetro -10, +150 grados centígrados  
Manómetro absoluto  
Horno de secado

### **3.2 Descripción de la metodología de trabajo**

#### **3.2.1 Metodología general de extracción**

El proceso general para la semilla de mango es el siguiente:

- Se pone en contacto con cada uno de los solventes por separado, durante 48 horas a 25 grados centígrados en la sombra, recubriendo el recipiente con papel aluminio.
- Se coloca semilla y solvente en un aparato de soxhlet y se somete a reflujo durante 4 horas, reflujo cada cinco minutos.



- Se separa el extracto por filtración en papel Watman No. 40 con filtración al vacío.
- El aceite es separado del solvente a presión reducida de 200 pascales en intervalos de 15 minutos de evaporación.
- Se masa el líquido residual, admitiendo que se encuentra presente únicamente el extracto.
- A partir de la masa conocida de semilla de mango utilizada se determina el rendimiento en base seca mediante la separación del aceite del solvente por destilación fraccionada a presión reducida, masando el producto obtenido.

### **3.2.2 Descripción de los procesos de extracción de aceite de la semilla de mango**

La semilla frescamente obtenida se lleva al proceso de trituración descrito anteriormente y en seguida se somete a los procesos siguientes:

#### **3.2.2.1 Semilla fresca lixiviada**

La semilla fresca triturada se somete directamente a la extracción con solventes por el método general descrito.

#### **3.2.2.2 Semillas fresca prensada**

Inmediatamente triturada la semilla es prensada y se somete al proceso general de extracción descrito anteriormente.

### 3.2.2.3 **Semilla seca**

Inmediatamente después de triturada se trata la semilla a 110 grados centígrados durante una hora y se deja enfriar quince minutos ya seca, continuando su tratamiento inmediatamente con la lixiviación, según el método descrito.

### 3.2.2.4 **Semilla seca prensada**

Inmediatamente después de triturada se trata la semilla a 110 grados centígrados durante una hora y se deja enfriar quince minutos la ya seca, se continúa su tratamiento prensándola inmediatamente y seguida del proceso de extracción, según el método descrito.

## 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Proceso a partir de semilla fresca lixiviada

Por este método es posible obtener el rendimiento en extracto de la semilla de mango, los valores más altos son los correspondientes al éter dietílico y al hexano (5.34% y 11.83% en masa, base seca, respectivamente), y los más bajos son para el benceno y el etanol: 4.51% y 4.75%, en masa, base seca, respectivamente (ver tabla I en apéndice I).

### 4.2 Proceso a partir de semilla fresca prensada

En este método, aparte de triturar la semilla, se mete en una prensa manual y se aplica una presión de  $1.40 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup> durante 20 minutos, luego se coloca el extracto y la semilla a extracción con los solventes mencionados, los mejores rendimientos son los correspondientes para el éter dietílico y el hexano: 9.75% y 12.11%, en masa, base seca, respectivamente; y los menores rendimientos se obtienen utilizando acetona y etanol: 8.55% y 5.75%, en masa, base seca respectivamente; (ver tabla II en el apéndice I).

### 4.3 Proceso a partir de semilla seca

En este proceso se aplica un factor más a los utilizados en los métodos anteriores, éste consiste en el secado de las semillas, se determinó que la humedad promedio de las semillas corresponde a un 60.4%, este secado provoca un comportamiento diferente en los rendimientos del extracto, se obtienen los mejores resultados cuando se utiliza éter dietílico y al hexano (10.80% y 12.11% en masa, base seca, respectivamente), por el contrario

cuando se utiliza etanol y acetona se obtienen los resultados más bajos (3.05% y 5.09% en masa, base seca, respectivamente); los resultados se pueden observar en la tabla III del apéndice I.

#### **4.4 Proceso a partir de semilla seca prensada**

En este proceso se aplica una combinación de los anteriores, o sea que incluye, triturado, secado y prensado, se obtienen los mejores resultados en este proceso, se observa el mismo comportamiento que en los anteriores, ya que los mayores rendimientos se obtienen utilizando el éter dietílico y el hexano como solventes (13.15% y 13.73% en masa, base seca, respectivamente) y los menores rendimientos se obtienen utilizando etanol y acetona (3.56% y 6.10% en masa, base seca, respectivamente); los resultados completos se aprecian en la tabla No. 4 del apéndice No.1.

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Proceso a partir de semilla fresca lixiviada

En este proceso, la semilla se tritura para reducirla de tamaño, luego se procede a efectuar la extracción con los cinco diferentes solventes en un aparato de soxhlet; a diferencia de los destiladores convencionales, en este aparato se recircula el solvente tantas veces como se desee, extrayendo el producto deseado en cada ciclo, recuperando el solvente y separando el extracto por destilación fraccionada, teniendo el cuidado de calentar el extracto con el solvente, se controla la temperatura que debe ser la necesaria para evaporar el solvente, sin llegar al punto de ebullición de los componentes del aceite, lo que nos ocasionaría pérdidas en el sistema.

Una desventaja de este proceso se debe a que en las semillas frescas se encuentra agua presente, 60% de la masa total, haciendo que ésta interfiera con las propiedades de cada uno de los cinco solventes utilizados, se marca más el efecto en solventes como el benceno y etanol que tienen la particularidad, el primero, de ser un compuesto apolar, aprótico, inmisible con el agua y es el solvente que menos aceite extrae (4.51%); y el segundo, tiene la característica de formar puentes de hidrógeno con el agua, por su estructura química, haciéndolo de esta manera poco activo, con poca asociación con el aceite, extrae sólo una pequeña parte de éste (4.75%). De igual manera ocurre al utilizar acetona como solvente, ya que tiene una estructura parecida al etanol, y por lo tanto, presenta las mismas dificultades en la extracción por lo que se obtienen resultados muy bajos (4.50%). Por el contrario, si se utiliza otros solventes como el hexano que tiene las características de ser un solvente apolar, aprótico, pero a diferencia de los otros mencionados con estas

características, éste sí tiene la capacidad de disolver el aceite de la semilla de mango, por lo que es un magnífico extractor del aceite mencionado, obtiene los valores más altos en este proceso (11.83%). De igual forma, al utilizar éter dietílico se observa que éste tiene una gran capacidad de disolver el aceite, obtiene resultados mayores, pero mucho menores a los obtenidos al utilizar hexano (5.34%), y ligeramente mejores que los obtenidos al utilizar los otros tres solventes mencionados.

## 5.2 Proceso a partir de semilla fresca prensada

En este proceso se introduce una modificación respecto del anterior, que consiste en aplicarle una presión constante a las semillas ( $1.40 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ ) durante 20 minutos, en una prensa manual Carver, esta presión hace que las miscelas en donde se encuentra ocluido el aceite se rompan, y así posteriormente se extrae todo cuanto sea posible, utilizando los mismos cinco solventes orgánicos, se obtienen resultados ligeramente más altos (2.31% mayor en promedio) que los obtenidos con el primero de los procesos descritos.

La razón principal por la que este método es más eficiente que el anterior se debe principalmente al aceite que se extrae en la primera fase de este proceso que es la presión aplicada, dado que en todas las extracciones de este tipo, siempre es posible obtener una parte del producto por simple extrusión. A este producto se le llama aceite virgen y es en otros casos, el aceite más puro extraído, seguido por el aceite que se extrae en cada ciclo, que se convierte en otros procesos, de una menor calidad al inicial. El primero de los productos obtenidos presenta el inconveniente de ser un aceite mezclado con el agua contenida en las almendras frescas, la cual debe de ser removida para tener una mayor pureza y una mejor calidad. En este proceso, siempre se acarrea el problema del exceso de agua presente en las semillas (60%), se obtiene menores rendimientos a los logrados en los procesos descritos posteriormente.

Los resultados obtenidos en este proceso siguen la misma tendencia de los obtenidos en el primero, debido a que los mayores rendimientos se logran para el hexano y el éter dietílico (12.11% y 9.75% en masa, base seca, respectivamente), por las mismas razones descritas en el proceso anterior. Con los otros solventes se observa el mismo comportamiento y se obtienen valores más bajos, dadas las características de los solventes y por interferencia del agua con ellos.

### 5.3 Proceso a partir de semilla seca

En este proceso, se introduce una variable muy importante, que es el secado de la semilla, esto se hace para probar el efecto que tiene el agua, presente en la semilla fresca, al emplear los mismos cinco solventes orgánicos que se han utilizado en los casos anteriores, se varía la preparación que se le da a la semilla previamente a la extracción.

Para este proceso, se trituran las semillas, luego se colocan en un horno de convección, para así eliminar la cantidad de agua presente, se determina que la mayor parte de la semilla está compuesta por agua (60%), se tiene el cuidado de que la temperatura no exceda los 120 grados centígrados, dado que al alcanzar 140 grados centígrados se volatilizan los componentes del aceite, ocasionándonos pérdidas en el sistema. Luego de efectuada esta operación, se hacen las extracciones con los solventes, al igual como se hizo con los otros dos procesos anteriores, se nota un incremento en la cantidad de aceite obtenido, lo que nos confirma el efecto del agua y cómo interfiere con los solventes orgánicos, con los que es inmisible en todos los casos, obteniéndose valores más altos que en el proceso anterior, los que llegan hasta 12.11% en el caso del hexano y un 10.8 % en el caso del éter dietílico, ambos rendimientos en masa en base seca y siempre se obtienen valores mucho menores

para los otros tres solventes, debido a la poca capacidad de extracción de los mismos, como se discutió anteriormente.

#### 5.4 Proceso utilizando semilla seca prensa

En el proceso con semilla fresca, se obtienen valores bajos respecto a los reportados en la bibliografía, por las razones que anteriormente se discuten. En el segundo de los procesos se nota un aumento en la cantidad de aceite obtenido, gracias al efecto de presión aplicada a las semillas frescas, se llega a incrementar la cantidad de aceite en un 2.31 %. En el tercer proceso ensayado se retiró el agua presente en las semillas, se obtuvo un incremento en el rendimiento con respecto al proceso anterior. En este proceso se hace una combinación de los anteriores procesos, se aprovechan las ventajas del prensado de las semillas y el secado de las mismas para observar el efecto individual de cada uno de los anteriores, se obtiene mayor rendimiento, el cual llega al 13.73% de aceite, lo que representa un incremento absoluto del 11.8 % con respecto del tercero de los procesos ensayados.

Dicho incremento se presume que se debe al efecto de presión, debido a que en el proceso anterior, en el cual sólo se secan las semillas, se obtienen rendimientos ligeramente menores (2.31% menor), manteniendo constantes los otros parámetros. Los principios de extracción para cada solvente son los mismos que se discuten anteriormente en cada uno de los procesos, y al aplicar presión sobre las semillas se rompen las celdas que contienen el aceite, dejando el aceite libre para que los solventes lo extraigan mejor, porque ya se ha retirado el agua, la que constituye la mayor parte de la masa de las semillas, y es la principal responsable de que los solventes pierdan parte de sus propiedades de extracción del aceite.



En este último proceso estudiado se presenta el método de extraer la mayor cantidad de aceite posible, se determinó que el mejor de los solventes utilizados lo constituye el hexano.

Cantidades ligeramente menores se obtienen al utilizar éter dietílico, pero con el inconveniente de que este último tiene un costo muy elevado lo que lo sitúa muy por encima del valor del hexano. El precio está en una proporción de 10 a 1, y considerarlo en producción a escala industrial, resulta conveniente utilizar el hexano, con lo que se evita un efecto de aumento económico en el costo de producción de este aceite, si éste no ha de ser para consumo humano. Si el aceite es para consumo humano, se prefiere el proceso sin solventes y el remanente se extrae con solventes, pero será destinado a otros usos.

Luego de efectuada la extracción, se obtiene una masa de semillas de mango sin utilidad aparente, pero se ha reportado que en los países donde han hecho ensayos para extraer aceite, se le han hallado otros usos uno de ellos como buena fuente de alimento para ganado o como abono orgánico para cultivos, el cual puede ser considerado en otro trabajo de investigación que desee este otro recurso con potencial económico explotable.

## CONCLUSIONES

- 1 El método apropiado para la extracción de la semilla de mango es a partir de semilla triturada, secada y prensada.
- 2 Al utilizar semilla fresca, no es posible extraer el aceite esperado, dado que el agua presente en la semilla interfiere en la extracción con los solventes hidrófobos utilizados.
- 3 Prensar la semilla después de secada, hace que el rendimiento de aceite obtenido se incremente en un 18 % respecto a la semilla sin prensar.
- 4 Los rendimientos más altos obtenidos en los procesos utilizados se obtienen al utilizar hexano y éter dietílico (13.73% y 13.15% en masa, base seca, respectivamente).
- 5 El estudio económico comparativo muestra que la extracción con hexano es diez veces más barata que la extracción con éter dietílico, si se toma en cuenta el costo de los solventes y la volatilización durante el proceso.

## RECOMENDACIONES

- 1 La importancia del aceite de la semilla de mango como una opción alimenticia en la dieta de la población, radica en su composición química, principalmente de ácido oléico y ácido esteárico, esto lo hace nutritivo comparado con otras fuentes de grasas y aceites que tradicionalmente se consumen, es por ello que se debe explotar este recurso que se ha desperdiciado al consumirse únicamente la pulpa y desecharse las semillas, que son la fuente de aceite obtenido por el proceso aquí presentado.
- 2 Una de las dificultades en la extracción del aceite de la semilla de mango por medio de solventes orgánicos, es lo referente a la desodorización, por lo que se deben buscar métodos para la eliminación de olores en el extracto y así pueda servir para consumo humano.
- 3 Luego de efectuada la extracción, se puede buscar otros usos a la masa residual de la semilla de mango, ya que se ha reportado en otros países que es una buena fuente alimenticia para ganado, por lo que en el futuro se deben investigar métodos que eviten dicho desperdicio, y así aumentar la rentabilidad de este recurso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andersen, A. J. C. **Refinación de aceites y grasas comestibles.** Traducido por Nicolás Ambrossi. (España: Editorial CECSA, 1,979). p. 327
2. Asociación Nacional de Girasol. **Relatorio de la cosecha de girasol de los EUA (USA:** Editorial SPI 1,986). p. 19
3. Banco de Guatemala. **Informe económico. Base para el fomento de soya.** ( Guatemala: Editorial del Banco de Guatemala. 1,975. octubre-diciembre). p. 35
4. Banco de Guatemala. **Informe económico. El aceite, perspectivas para 1,981.** (Guatemala: Editorial del Banco de Guatemala, 1,975. octubre-diciembre). p. 13
5. Banco de Guatemala. **Estadísticas de Producción Agrícolas.** (Guatemala: Editorial del Banco de Guatemala, 1,999) p. 25
6. Char, Narasimha, B.L.; Reddy, B.R. y Rao, Thirunula, S.D. **Processing Mango Stones for Fat.** (USA: Journal of American Oil Chemists Society, 1,977) p. 494
7. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. **Ajonjolí, informe técnico.** (Guatemala: Editorial ICTA, 1982). p 11
8. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. **Evaluación nutricional de la población de Centroamérica y Panamá.** ( Guatemala: Editorial INCAP. 1,968) p. 24
9. OEA. **Seminario sobre frutas procesamiento de frutas tropicales.** ( México: Editorial OEA, 1,976) p. 48.
10. Secretaría Permanente del Tratado General de Integración Económica Centroamericana, SIECA. **Arancel centroamericano de importación.** (Guatemala: Editorial CIECA, 1,998) p. 15-02

11. SEGEPLAN/SINAFIP. **Instalación de una planta procesadora de frutas tropicales en el sur de Guatemala.** (Guatemala: Editorial SEGEPLAN, 1,992) p.53
12. Swer, Daniel. **Baileys industrial oil and fat products.** (USA: Editorial John Wiley and Sons., 1,977) p. 35
13. Van Pee, Walter; Boni, Luc E.; Foma, Mazibo N.; Hendrik, Achiel. **Fatty Acid Composition and characteristics of de kernel fat of different mango (mangifera indica) varieties.** (USA: Revista J. Sci. Food agric., 1,981) p. 484
14. Van Pee, W.; Boni, L.; Foma, M.; Hoylaerts, M.; Hendrik. **Positional distribution of the fatty acids in the triglycerides of mango (mangifera indica) kernel fat.** (USA: Revista Journal of the american oil chemists society, 1,980) p. 243
15. Yorassomky, Karine. **Tropical fruits fresh processed.** (England: Revista Science, 1,989) p. 116

## BIBLIOGRAFÍA

1. ASOEXPO. **Seminario de especialización en embalaje, transporte y comercialización de 10 especies de productos frescos.** Guatemala, 1,992.
2. Cab International News. **Mango pest give into integrated control.** USA: Revista News, 1993
3. Cámara Nacional de Agricultura y Agroindustria. **Costos de Producción del mango.** Guatemala, 1,990, p.p. 1-3
4. Centro de Investigación y Estudios Socioeconómicos y Gerenciales. **Instalación de una planta procesadoras de frutas en el oriente de Guatemala.** Guatemala, 1,992. pp 1-140
5. Consultecnia. **Proyecto planta de tratamiento hidrotérmico de mango.** Guatemala, 1,990 p.p 1-15.
6. Chaplin, Growth R.; Nuevo, Perlita A.; Graham, Douglas; Cols, Stephen P. **Chilling responses of "Kensington" mango stored under variable low temperature regimes.** England: Revista Science 1,986; p.p 1-5
7. Chen Wen-Shaw. **Endogenous growth substances in relation to shoot growth and flowers bud.** USA: Chemonics Internationals Editorial, 1,987; p.p 5-9
8. Davenport, T. L. **Manejo de la reproducción de mango en centroamérica.** Costa Rica: EMCOPER editorial, 1,992; p.p. 1-15
9. De la Cruz, Walter. **Revisión del mercado de mango en Europa y Estados Unidos.** Guatemala: Editorial Profruta, 1,993; p.p 1-23
10. Dewald, Stephen G.; Litz, Richard E.; Moore, Gloria A. **Optimizing Somatic Embryo Production In Mango.** USA: GTZ Editorial, 1,989; p.p 1-5
11. European Economic Community; GEXPRONT; CADEXCO. **Informaciones Mercado Europeo Frutas-Vegetales.** Guatemala: Informe GEXPRONT 1,994; p.p. 1-14

12. EUROFRUIT. **Mangos Congelados**. England: GTZ Editorial 1,992; p.p. 1-12
13. GEXPRONT; Paske, Michael R. **Seminario: Control de calidad para productos frescos para el mercado europeo**. Guatemala; p.p. 1-72
14. Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales. **Reporte final estudio de factibilidad para una planta de tratamiento hidrotérmico de mango**. Guatemala: GEXPRONT, 1,990; p.p. 1-15
15. Haris, Steven. **Chemonics**, USA: Revista Science, 1,992; p.p. 1-13
16. Hartman, Donna. **How to lift mango sales**. USA:Revista GEXPRONT 1,991; p.p. 5-8
17. Hurtarte, Francisco. **El mango gana mercado a nivel internacional**. Costa Rica: Informe AGEXPRONT, 1,992; p.p. 15-16
18. ITC; Centro de Comercio Internaccional. **Fruit Juices**. USA: Chemonics, 1,992; p.p. 1-52
19. Linde, Tim; Thompson, Tad; Fielding, Tom. **International Produce Journal**. USA:GTZ, 1,992; p.p. 20-47
20. Medlicott, Andrew; Reynolds, Stephen; Thompson, Anthony. **Harvest Maturity Effects on Mango Fruit Ripening**. USA: Revista Science, 1,988; p.p. 5-10
21. Medlicott, Andrew; Reynolds, Stephen; Thompson, Anthony. **Effects of Ethylene and Acetylene on Mango Fruit Ripening**. USA:Revista Science, 1,991; p.p. 24-27
22. Miller, W. R.; McDonald, R. E.; Sharp, J. L. **Quality changes during storage and ripening of "Tommy Atkins"**. USA: Trillas, 1,991; p.p. 7-10
23. Mondoñedo, José; PROEXAG. **The Status of PROEXAG mango flower induction program**. USA: Proexag, 1,991; p.p. 14-25
24. Noboa, Luis; CINDE. **Proyecto de Mango**. Guatemala:Informe CINDE, 1,991; p.p. 1-95
25. PROFRUTA. **El cultivo de Mango; Guatemala:Reporte**, 1,997, p.p. 3-10

26. PROFRUTA. **II Seminario internacional y III encuentro nacional de productores y exportadores y de mango de Guatemala.** Guatemala: Seminario PROFRUTA, 1,998; p.p. E-1 a E-3
27. Programa de Apoyo Regional en Sanidad Agropecuaria Convenio Centroamericano. CEEALA 91/31. **Consideraciones sobre el cultivo de mango para exportación en Guatemala.** Guatemala: Informe MAGA, 1,997; p.p. 1-11



## APÉNDICE I

**Tabla I proceso con semilla fresca**

Solvente	Masa de la Muestra (g)	Masa del aceite (g)	% Rend. En masa (B.S.)
Acetona	10.00	0.18	4.50
Éter dietílico	10.00	0.21	5.34
Etanol	10.00	0.19	4.75
Benceno	10.00	0.18	4.51
Hexano	10.00	0.47	11.83

**Tabla II proceso con semilla fresca prensada**

Solvente	Masa de la muestra (g)	Masa del Aceite (g)	% Rend. En masa (B.S.)
Acetona	10.00	0.33	8.55
Eter dietílico	10.00	0.38	9.75
Etanol	10.00	0.22	5.75
Benceno	10.00	0.20	5.09
Hexano	10.00	0.48	12.11

**Tabla III proceso con semilla seca**

Solvente	Masa de la muestra (g)	Masa del aceite (g)	% Rend. en masa (B.S.)
Acetona	10.00	0.20	5.09
Eter dietílico	10.00	0.42	10.80
Etanol	10.00	0.12	3.05
Benceno	10.00	0.24	6.11
Hexano	10.00	0.48	12.11

**Tabla IV proceso con semilla seca prensada**

Solvente	Masa de la Muestra (g)	Masa del aceite (g)	% Rend. en masa (B.S.)
Acetona	10.00	0.24	6.10
Eter dietílico	10.00	0.52	13.15
Etanol	10.00	0.14	3.56
Benceno	10.00	0.31	8.01
Hexano	10.00	0.54	13.73

## APÉNDICE II

### EL MANGO

El mango es una fruta dulce, jugosa y fragante. Los mangos son nutritivos y tienen formas y colores atractivos. Hay distintas variedades con diferentes propiedades y cada uno atrae por sus características, esto es escasamente sorprendente, pues el mango es una fruta popular. No solamente es una fruta popular, también tiene otros usos como un vasto potencial comercial, en consumo doméstico y de exportación. Cuando está inmaduro (verde), el mango puede degustarse como ensalada y preservante congelado. Cuando éste madura puede ser procesado en jugo, pulpa y puré, néctar, mermelada, jalea, tajadas de mango enlatado, helado, dulce de mango, pasteles o pan de mango. Las hojas jóvenes pueden comerse en ensalada y tienen un confiable valor medicinal.

#### **Origen de importancia**

Se considera originario del sur de Asia, posiblemente India o Malasia. Ha sido cultivado desde la antigüedad en Asia hasta el punto que se le menciona dentro de la historia de Buda (unos 4,000 años a.C.) y más de 1,000 variedades pueden encontrarse hoy día en ese país.

Su cultivo se ha difundido por todas las zonas tropicales y subtropicales del mundo. En la mayor parte de las zonas partiendo de plantas francas, se han desarrollado variedades propias que se han adaptado bien a las condiciones particulares de las mismas.

El mango es una fruta importante en los países tropicales de todo el mundo. Es probablemente de mayor importancia en los trópicos que la manzana y la pera en los países de clima templado. En la India se calcula que hay 880,000 Has. cultivadas de mango. Este cultivo representa en la India el 70% del área sembrada de frutales.

### **Características botánicas**

La especie cultivada pertenece a la familia de las Anacardiaceas y se conoce con el nombre de Mangifera Indica (L), esta clasificación botánica es según Hayes.

### **Morfología de la planta**

La planta está considerada dentro de las “siempre verdes”. Su desarrollo es variable dependiendo principalmente del origen de la planta (franca o injerta), de la variedad y de las condiciones de zona.

El crecimiento de la copa se presenta en ciclos denominados “flujos vegetativos”, los brotes nuevos en crecimiento pasan por 3 tonalidades diferentes conforme maduran.

Las hojas tiernas, cuando recién aparecen se presentan generalmente de un tono violáceo o cobrizo, luego, posteriormente, estas hojas se tornan de un verde pálido el que se mantiene hasta que la hoja ha alcanzado su tamaño normal, para finalmente tomar el color verde más oscuro propio de las hojas adultas.

Las flores se presentan en inflorescencias numerosas que pueden ser estaminadas o perfectas, éstas pueden ir de 300 a 500 en algunas variedades, y hasta 3,000 o más en

otras. Las flores son pequeñas con un diámetro aproximado de 6 a 12 centímetros y nacen en pedúnculos grandes que son generalmente terminales y a veces auxiliares.

Estudios sobre la biología floral del mango, indicaron con relación a la inflorescencia, lo siguiente: La longitud promedio de la panícula es de alrededor de 25 centímetros y su ancho aproximado es de 15 centímetros. El número de panículas de un árbol adulto varía con las diferentes variedades, en árboles grandes totaliza cifras hasta 4,000.

Se conoce que el árbol produce una gran cantidad de flores, pero sólo un pequeño porcentaje de estas flores son perfectas y aptas para producir frutos, esta proporción está en función de la variedad. Se ha demostrado que las variedades con el más alto porcentaje de flores perfectas, usualmente son mejores productoras.

El fruto es una drupa que está formado por exocarpio que es la cáscara, el mesocarpio constituye la parte comestible y el endocarpio fibroso que cubre la semilla. De este endocarpio salen un número variable de fibras que se extienden en la parte carnosas y cuyo número varía de unas pocas a muchas. Los frutos son de forma, color y tamaño variable. Existen frutos que miden desde 5 hasta 25 centímetros o más de largo y pesos de unos pocos gramos hasta más de 2 Kgs.

### **Grupos**

Se consideran inicialmente 3 orígenes primitivos de las variedades, que se encuentran reunidas en 3 grupos según este origen: India, Indochina y Filipinas.

## **Variedades potenciales en Guatemala**

A continuación se presenta una descripción de variedades que son aceptadas en el mercado internacional y que por su origen, es factible su establecimiento y producción comercial en Guatemala. El orden en que se describen no implica un orden de importancia.

En general, las variedades de color rojo intenso y rojo amarillento tienen mayor aceptación y demanda mundial por parte de los importadores. En relación con el tamaño, las frutas de tamaño reducido y con un peso que oscila entre los 350 y 500 gramos por unidad son las más apetecidas en el mercado.

### **Tommy Atkins**

Originaria de una semilla de Haaden, en Florida (USA), en 1,992, el fruto es de mediano a grande, de 450 a 710 gramos, ovoide, levemente oblongo, base redondeada, pedúnculo inserto oblicuamente en una estrecha cavidad, pico lateral pequeño, punta grande y redondeada. Es de color amarillo-anaranjado con manchas que pueden ser rojo claro a oscuro y que pueden cubrir la mayor parte del fruto. La cáscara es gruesa y resistente a daños mecánicos. La pulpa es de color amarillo, muy firme por causas de fibras finas y abundantes. El árbol es vigoroso, con copa densa y redonda.

### **Haden**

Se originó de la variedad del grupo hindú Mulgoba, por cruzamiento natural, en Florida (USA) y fue fijada por injerto en 1,910. Presenta frutos de tamaño medio a

grande, hasta con 14 centímetros de largo y 680 gramos de peso. De forma ovalada a redondeada, color amarillo vivo, con manchas púrpuras y numerosas lenticelas blancas. La base es redondeada, con pedúnculo inserto en la región central, ápice redondeado y pico comprimido; su cáscara es gruesa, lisa, firme y se separa fácilmente de la pulpa, firme con pocas fibras finas, principalmente alrededor del hueso (semilla) y de color amarillo naranja. Hueso oblongo, con muchas fibras y venas salientes en posición transversal al eje; semilla monoembriónica. No es resistente a la antracnosis y los árboles tienden a crecer mucho en forma abierta y a presentar una alternancia acentuada.

### **Irwin**

Originada de una semilla de variedad Lippens plantada en Miami en 1,939. Presenta frutos en forma ovoide, ligeramente comprimidos lateralmente, tamaño de mediano a pequeño, de 225 a 340 gramos de peso, puede alcanzar 450 gramos. Su color básico es el rojo claro, con manchas rojas más oscuras; las lenticelas son pequeñas y blancas. Su pulpa tiene poca fibra, sabor suave y dulce, medianamente aromática y de excelente calidad. Los frutos son poco resistentes a las enfermedades y se deben cosechar cuando están completamente maduros o no maduran adecuadamente. Semilla pequeña monoembriónica. El árbol es de crecimiento compacto y los frutos se presentan en racimos.

### **Kentt**

Originaria de una semilla de la variedad Brooks plantada en Miami en 1,932, que fructificó en 1,938. Fruto de forma ovoide, voluminosa, de 750 a 800 gramos de peso. De 112 milímetros de ancho y 86 a 93 milímetros de espesor, base redondeada;

pedúnculo inserto en forma ligeramente oblicua sobre el nivel del fruto en una ligera depresión, ápice redondeado hacia el pico. Cáscara de color verde pálido a amarillo, con lados rojizos oscuros, con numerosas lenticelas amarillas, dulce, de excelente calidad. El hueso representa el 9% del peso total del fruto y la semilla ocupa unos  $\frac{3}{4}$  del mismo. Árbol de crecimiento erecto con ramas erguidas y poco ramificadas.

### **Keitt**

Originaria de una semilla Mulgoba en Florida en 1,939. Frutos de forma ovalada, de tamaño medio a grande, con pesos promedios de 450 a 680 gramos, de unos 112 a 118 milímetros de largo, base redondeada, pedúnculo inserto en forma ligeramente oblicua, color amarillo con mancha roja, muy atractivo, la cáscara no se separa fácilmente de la pulpa, que es de color amarillo. Sin fibras, excepto en la parte cercana a la semilla. Semilla pequeña, monoembriónica. Árbol de crecimiento erecto, con ramas largas y abiertas, con hojas volteadas hacia el interior de las ramas.

### **Zill**

Se originó en 1,932 de una semilla de Haden plantada en Florida (USA) que fructificó en 1,930. Frutos de forma acorazonada, algo comprimidos lateralmente, pequeños de 250 a 300 gramos de peso, color rosado o rojizo sobre un fondo amarillo. Base redondeada, pedúnculo insertado en forma ligeramente oblicua; la cáscara no se separa fácilmente de la pulpa que es de color amarillo claro, firme, sin fibras, se presenta un ligero sabor a trementina, semilla pequeña, presenta una pequeña franja de fibras finas en la región ventral. Arbol erecto, vigoroso, de copa abierta y follaje denso.



## **Requerimientos agroclimáticos**

El cultivo del mango es por excelencia, una planta adaptada a las condiciones tropicales o subtropicales. El clima influye en el momento de la floración, y principalmente en la época de la maduración y cosecha.

En Guatemala, la altitud recomendable para la siembra del mango es de 0-250 m.s.m. con temperaturas que oscilan entre 25-30 grados centígrados, aunque se prefiere una media de 26 grados centígrados; y una precipitación pluvial promedio anual de 1,000 mm; sin embargo, con riego puede cultivarse en áreas menores a los 600 mm anuales. En regiones mayores de 2,500 mm/año el manejo del cultivo se dificulta principalmente en el control de plagas, enfermedades e inducción floral. El rango máximo no es tan determinante, pero si es indispensable que se marque una temporada seca en los meses de noviembre a abril, que coincida con la floración y cosecha del mango.

En cuanto a su requerimiento de suelos, se puede considerar poco exigente, se le encuentra vegetando en buenas condiciones en gran variedad de suelos, inclusive en aquellos en que otros frutales fracasarían.

El mango es exigente en cuanto a drenaje, la planta puede tolerar terrenos muy húmedos, pero no fructificará o lo hará con problemas. Prospera bien en suelos ligeros o pesados, y únicamente tiene dificultades en suelos poco profundos, por lo que se refiere suelos francos medianamente profundos.

Se considera necesario un período de sequía antes y durante la floración. Si se presentan lluvias continuas y condiciones de humedad favorables, el crecimiento vegetativo se mantendrá durante todo el año, lo cual dará como resultado mucho desarrollo vegetativo, pero poca fructificación.