



**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química**

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE ACEITE  
ESENCIAL CRUDO DE TOMILLO (*thymus vulgaris L.*);  
CULTIVADO EN CHAQUIJYÁ, SOLOLÁ EXTRAÍDO A NIVEL  
LABORATORIO Y PLANTA PILOTO**

**Ana Patricia Fuentes Fuentes**

**Asesorada por Inga. Q. Telma Maricela Cano Morales**

**Guatemala, enero de 2005**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE ACEITE  
ESENCIAL CRUDO DE TOMILLO (*thymus vulgaris L.*);  
CULTIVADO EN CHAQUIJYÁ, SOLOLÁ EXTRAÍDO A NIVEL  
LABORATORIO Y PLANTA PILOTO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ANA PATRICIA FUENTES FUENTES**

ASESORADA POR INGA. Q. TELMA MARICELA CANO MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, ENERO DE 2005

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE ACEITE ESENCIAL CRUDO DE TOMILLO (*thymus vulgaris L.*); CULTIVADO EN CHAQUIJYÁ, SOLOLÁ EXTRAÍDO A NIVEL LABORATORIO Y PLANTA PILOTO.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 28 de enero de 2004.

Ana Patricia Fuentes Fuentes

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



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. José Eduardo Calderón García
EXAMINADOR	Ing. Manuel Gilberto Galván Estrada
EXAMINADOR	Dr. Ing. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS Y LA VIRGEN MARÍA**

Por estar conmigo en todo momento, y porque siempre me han dado fuerza e iluminado en los momentos difíciles.

### **A MIS PADRES**

Elmar Rogel Fuentes Fuentes y Estela Fuentes de Fuentes, por su gran amor y comprensión y porque siempre me han brindado su apoyo durante todo el tiempo, ya que sin ello no hubiera podido terminar esta etapa. Los quiero mucho y con este triunfo veo en ustedes uno de sus más grandes sueños.

### **A MIS HERMANOS**

César Fuentes, Elmar Fuentes y Erica Cordón de Fuentes, por su gran cariño y apoyo, y sobre todo por los buenos y malos momentos que hemos pasado juntos.

### **A MARCELINA MONZÓN**

Por darme su cariño, apoyo y por estar siempre conmigo. Gracias.

### **A TODA MI FAMILIA**

Por estar siempre pendientes de mí, en especial a las familias Vásquez Fuentes, Fuentes León, Guillén Fuentes, Godínez Ochoa y Amadeo Fuentes Castañón. A todos muchas gracias.

### **A MIS AMIGOS**

Marisa, Hilma, Abby, Carlos Enrique, Guillermo, Manuel, Hugo Norton, Hugo Galvéz, Karina, Marisol, Liz, Gustavo, Henry, Aldo, Roberto, Juan Carlos, por brindarme su apoyo y amistad. Espero que nunca termine.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A la Inga. Telma Maricela Cano Morales**

Por su valiosa asesoría y orientación durante la realización del presente trabajo.

### **Al Ing. José Eduardo Calderón García**

Por su amable atención en la revisión del presente trabajo.

### **A mis catedráticos**

Por compartir sus conocimientos.

### **A mis amigos**

Milton Calderón, José Estuardo Herrera y Gustavo Hidalgo, por su gran ayuda para la realización de mi trabajo de graduación. Muchas gracias.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
HIPÓTESIS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII

## 1. ANTECEDENTES

## 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen del aceite	5
2.1.1. Reseña histórica	5
2.1.2. Origen de los aceites esenciales naturales	6
2.1.2.1. Origen de la industria de aceites esenciales	6
2.2. Aceites esenciales	8
2.2.1. Composición química de los aceites esenciales	9
2.2.2. Propiedades de los aceites esenciales	10
2.2.2.1. Propiedades físicas de los aceites	10
2.2.2.2. Propiedades químicas de los aceites	10
2.3. Tipos de aceites esenciales	12
2.4. Recolección, secado y conservación de las plantas medicinales	13
2.4.1. Medidas para la recolección	13
2.4.2. Higiene	14

2.4.3.	Transporte	14
2.4.4.	Recolección	14
2.4.5.	Secado	15
2.4.5.1.	Formas de secado	16
2.4.5.2.	En manojos	16
2.4.5.3.	En capas	17
2.4.5.4.	En marcos	17
2.4.6.	Conservación	18
2.4.7.	Envasado	18
2.5.	Métodos de obtención de aceites esenciales	18
2.5.1.	Expresión	19
2.5.2.	Extracción por arrastre con vapor	19
2.5.3.	Extracción con agua y vapor de agua	19
2.5.4.	Extracción diferencial	20
2.5.5.	Evaporación instantánea	20
2.5.6.	Destilación fraccionaria	20
2.5.7.	Extracción con disolventes volátiles	21
2.5.8.	Enfleurage	21
2.5.9.	Maceración	22
2.5.10.	Extracción con fluidos supercríticos	22
2.6.	Cuidado y preservación de los aceites esenciales	23
2.7.	Usos y aplicaciones de los aceites esenciales	24
2.7.1.	Industria alimentaria	24
2.7.2.	Industria farmacéutica	24
2.7.3.	Industria de cosméticos	25
2.7.4.	Desodorantes ambientales	25
2.8.	Mercado de aceites esenciales	25
2.9.	Tomillo ( <i>thymus vulgaris L.</i> )	31

3.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	
3.1.	Localización	37
3.2.	Recursos humanos	38
3.3.	Recursos materiales	38
3.4.	Equipo y cristalería	38
3.5.	Metodología experimental	39
	3.5.1. Diseño de tratamientos	39
	3.5.2. Diseño experimental	40
3.6.	Descripción del método	40
	3.6.1. Extracción por arrastre de vapor de agua a nivel laboratorio	40
	3.6.2. Extracción por arrastre de vapor a nivel planta piloto	41
4.	RESULTADOS	43
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
	CONCLUSIONES	57
	RECOMENDACIONES	59
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	BIBLIOGRAFÍA	63
	APÉNDICE	65



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Rendimiento del aceite esencial crudo de tomillo ( <i>thymus vulgaris L.</i> ) extraído a nivel laboratorio por el método de extracción por arrastre con vapor.	44
2	Cromatograma del aceite esencial crudo de tomillo seco obtenido a nivel laboratorio	46
3	Cromatograma del aceite esencial crudo de tomillo fresco a nivel laboratorio	47
4	Cromatograma del aceite esencial crudo de tomillo seco a nivel planta piloto	49
5	Cromatograma del aceite esencial crudo de tomillo fresco a nivel planta piloto	50
6	Composición química porcentual del aceite esencial crudo de tomillo ( <i>thymus vulgaris L.</i> ) extraído a nivel laboratorio	51
7	Composición química porcentual del aceite esencial crudo de tomillo ( <i>thymus vulgaris L.</i> ) extraído a nivel planta piloto	51

### TABLAS

I	Métodos de obtención de aceites esenciales	23
II	Datos de Guatemala de importaciones de aceites esenciales, con respecto a otros productos agrícolas, (millones de US\$)	27
III	Estructura de importaciones de aceites y otros productos agrícolas	28

IV	Datos de exportaciones de Guatemala de aceites esenciales y otros (millones de US\$)	30
V	Estructura de exportaciones de Guatemala de aceites esenciales y otros	31
VI	Rendimiento del aceite esencial crudo de tomillo ( <i>thymus vulgaris L</i> ) por nivel, lote y estado físico	43
VII	Propiedades fisicoquímicas del aceite esencial crudo de tomillo ( <i>thymus vulgaris L.</i> ) a 24°C	44
VIII	Perfil cromatográfico del aceite esencial crudo de tomillo seco a nivel laboratorio	45
IX	Perfil cromatográfico del aceite esencial crudo de tomillo fresco a nivel laboratorio	45
X	Perfil cromatográfico del aceite esencial crudo de tomillo seco a nivel planta piloto	48
XI	Perfil cromatográfico del aceite esencial crudo de tomillo fresco a nivel planta piloto	48
XII	Cantidad de masa recuperada del aceite esencial crudo de tomillo ( <i>thymus vulgaris L.</i> )	65
XIII	Propiedades fisicoquímicas promedio del aceite esencial crudo de tomillo ( <i>thymus vulgaris L.</i> ) a 24°C	66
XIV	Rendimientos del aceite esencial crudo de tomillo extraído a nivel laboratorio y planta piloto	67

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
R1	Primera repetición
R2	Segunda repetición
R3	Tercera repetición
PP	Nivel planta piloto
L	Nivel laboratorio
S	Tomillo seco
F	Tomillo fresco
R	Rendimiento
$\Sigma$	Sumatoria
$\rho$	Densidad
$R_1$	Rendimiento de la primera repetición
$R_2$	Rendimiento de la segunda repetición
$R_3$	Rendimiento de la tercera repetición



## GLOSARIO

<b>Aceite esencial</b>	Son sustancias odoríferas de naturaleza oleosa obtenidos casi exclusivamente del reino vegetal, generalmente se presentan como líquidos a temperaturas ordinarias y son muy volátiles sin descomposición. Los aceites esenciales se obtienen de diversas partes de la planta
<b>Condensador</b>	Intercambiador de calor, donde ocurre un cambio de fase en uno de los fluidos
<b>Cromatografía de gases</b>	Es un medio para la separación, caracterización y análisis cuantitativo de los aceites esenciales
<b>Extracción por arrastre de vapor</b>	Es el arrastre de sustancias o principios aromáticos volátiles con vapor de agua para que luego de condensadas, se pueden separar y recolectar las dos fases: agua y aceite esencial
<b>Hidrolato</b>	Solución constituida de agua más aceite esencial
<b>Labiadas</b>	Familia de plantas dicotiledóneas de corola en forma de labio
<b>Miscible</b>	Sustancia que se puede mezclar en otra sustancia

<b>Plantas aromáticas</b>	Son aquellas plantas medicinales cuyos principios activos están constituidos total o parcialmente por esencias
<b>Plantas medicinales</b>	Son aquellos vegetales que elaboran unos productos llamados principios activos, que son sustancias que ejercen una acción farmacológica, benéfica o perjudicial, sobre el organismo vivo; su utilidad primordial es servir como droga o medicamento que alivie la enfermedad o el desequilibrio orgánico
<b>Pineno</b>	Hidrocarburo que entra en la composición de la esencia de la trementina
<b>Secado</b>	Separación de pequeñas cantidades de agua contenidas en un sólido por medios mecánicos
<b>Terpenos</b>	Nombre común aplicado a determinados hidrocarburos que se encuentran en los aceites volátiles obtenidos de ciertas plantas
<b>Umbelíferas</b>	Familia de plantas dicotiledóneas de flores dispuestas en umbelas
<b>Volatilidad</b>	Facilidad de los compuestos de escapar de la fase líquida a la fase gaseosa

## RESUMEN

Se realizó la extracción de aceite esencial crudo de tomillo (*thymus vulgaris L.*) en seco y fresco aplicando el método por arrastre con vapor de agua a nivel laboratorio y a nivel planta piloto, para ello se varió el tamaño de lote (30, 40 y 50 gramos a nivel laboratorio y 3175 gramos a nivel planta piloto), y el tiempo de extracción fue de 2 horas, en ambos niveles. Se realizó con el objetivo de determinar la influencia que tiene la cantidad de material con respecto al rendimiento y la calidad que se obtiene del aceite esencial crudo.

La caracterización del aceite esencial crudo de tomillo se obtuvo mediante la cromatografía de gases y mediante la determinación de las propiedades fisicoquímicas tales como la densidad e índice de refracción.

El mejor rendimiento que se obtuvo fue a nivel laboratorio con un 1.403% utilizando tomillo seco y un 0.644% utilizando tomillo fresco, ambos rendimientos corresponden a un tamaño de muestra de 50 gramos. Mientras que a nivel planta piloto se obtuvieron rendimientos de 0.578% para tomillo seco y 0.156% para tomillo fresco, ambos rendimientos corresponden a un tamaño de muestra de 3175 gramos.



## OBJETIVOS

- **General**

Extraer aceite esencial crudo del tomillo a nivel de laboratorio y a nivel planta piloto por medio del método de extracción por arrastre con vapor de agua.

- **Específicos**

1. Comparar el rendimiento del aceite esencial crudo de tomillo extraído por el método de arrastre con vapor tanto a nivel laboratorio como a nivel planta piloto.
2. Evaluar la influencia del tamaño de lote sobre el rendimiento de la extracción de aceite esencial crudo de tomillo a nivel laboratorio.
3. Extraer aceite esencial crudo de tomillo para determinar sus propiedades fisicoquímicas.
4. Determinar por medio de cromatografía gaseosa, la composición porcentual de los compuestos presentes en el aceite esencial crudo de tomillo.



## **HIPÓTESIS**

Al realizar las extracciones del aceite esencial crudo de tomillo, por el método de arrastre con vapor, el porcentaje de rendimiento obtenido estará influenciado por extraer el aceite a nivel laboratorio o a nivel planta piloto.

### **HIPÓTESIS ESTADÍSTICA**

Para variable de respuesta porcentaje de rendimiento:

#### **Nula**

Ho: no existe diferencia significativa en los porcentajes de rendimiento del aceite esencial crudo de tomillo extraído a nivel laboratorio y planta piloto.

$$\mu_{M1} = \mu_{M2}$$

Donde:

$\mu_{M1}$  = es el rendimiento del aceite esencial crudo obtenido a nivel laboratorio.

$\mu_{M2}$  = es el rendimiento del aceite esencial crudo obtenido a nivel planta piloto.

#### **Alternativa**

Ha: Existe diferencia significativa en los porcentajes de rendimiento del aceite esencial crudo de tomillo extraído a nivel laboratorio y planta piloto.

$$\mu_{M1} \neq \mu_{M2}$$

Donde:

$\mu_{M1}$  = es el rendimiento del aceite esencial crudo obtenido a nivel laboratorio.

$\mu_{M2}$  = es el rendimiento del aceite esencial crudo obtenido a nivel planta piloto.



## INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales son sustancias líquidas extraídas por arrastre con vapor o por extracción por solvente (lo que permite conservar su energía y cualidades) que se obtienen a partir de diferentes partes de las flores, los frutos, las maderas, las hierbas, etc. de las plantas aromáticas, y que poseen excelentes poderes curativos, tanto físicos como emocionales. Los aceites esenciales los producen especialmente las plantas aromáticas, ya que aunque la mayor parte de las plantas los contienen, son éstas las que concentran una mayor cantidad.

Los aceites esenciales son una compleja mezcla de diferentes sustancias químicas, generalmente en número mayor de un centenar. Sin embargo, sus componentes principales suelen ser menores. La proporción de estas sustancias varía de un aceite esencial a otro, e incluso dentro de una misma especie, dándoles unas propiedades medicinales y una toxicidad característica para cada planta.

Los aceites esenciales no son un descubrimiento de estos tiempos. Todo lo contrario desde la antigüedad, época en que constituían el único remedio que poseía el hombre, se le utilizó con fines terapéuticos y también religiosos. Los griegos, egipcios y romanos eran excelentes conocedores de sus principios y han quedado muchos testimonios de su utilización.

Actualmente se encuentra poca información con respecto a la optimización de la extracción, rentabilidad y posible extracción de aceite esencial de tomillo, el cual es actualmente materia prima agrícola de gran demanda en el mercado internacional.

El estudio que a continuación se presenta trata sobre la extracción de aceite esencial crudo del tomillo. Dicho estudio presenta un especial interés ya que la planta del tomillo es considerada como aromática así como medicinal, ésta puede tener aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica, terapéuticas así como aplicaciones culinarias, teniendo las condiciones necesarias para la obtención de dicho aceite.

El proyecto de investigación sobre la extracción de aceite esencial crudo del tomillo tiene como objetivo general la evaluación del rendimiento y calidad del mismo. Para llevar a cabo dicho objetivo la extracción se realizó a nivel laboratorio y a nivel planta piloto por medio del método de extracción por arrastre con vapor. Para ambos métodos se utilizó tomillo fresco y seco.

## 1. ANTECEDENTES

Dentro del proceso de investigación que se llevó a cabo en la planta piloto de extracción-destilación de la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería se tienen varias investigaciones de extracciones de aceites esenciales.

En el año 2001 se realizó la investigación del proyecto 6-20 del Programa Universitario en Investigación y Desarrollo Industrial (PUIDI) coordinado por la Inga. Telma Maricela Cano Morales, titulado “Obtención y caracterización del aceite esencial del tomillo (*thymus vulgaris*) cultivado en Guatemala, utilizado en diversidad de productos fitofarmacéuticos”. En este proyecto se determinó la factibilidad de la extracción de aceite esencial de tomillo por medio de tres métodos: destilación con agua, destilación con vapor, destilación con agua y vapor de agua; y dos altitudes distintas: altitud 1, Santiago Sacatepéquez 1530msnm y altitud 2, Chaquijyá, Sololá 2380msnm. El mejor rendimiento de aceite esencial se obtuvo utilizando tomillo de la localidad de Chaquijyá, Sololá correspondiente a la altitud más alta trabajada. De los tres métodos utilizados el que tuvo mejor rendimiento de aceite esencial es el de destilación con agua y vapor de agua.

En el año 2002 se realizó una investigación del proyecto nro. 77-00, cuyo investigador principal fue la Inga. Telma Maricela Cano Morales, titulado “Obtención y caracterización de aceite esencial de 4 plantas medicinales cultivadas a diferentes niveles altitudinales de Guatemala”. En dicho proyecto se llevó a cabo la obtención y caracterización del aceite esencial de: manzanilla (*matricaria recutita* L.), pericón (*tagetes lucida*), ajeno (*artemisia absintium* L.) e hinojo (*foeniculum vulgare miller*), en la planta piloto de extracción-destilación del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la USAC. Se evaluó el rendimiento y la calidad en función del nivel altitudinal en el que fue cultivada la planta, por medio del método de extracción de arrastre de vapor directo. De las cuatro especies de plantas medicinales estudiadas, para el pericón se obtuvo un porcentaje de rendimiento muy cercano al valor que reporta la literatura, para las demás especies, los valores son muy bajos comparados con el valor que reporta la literatura.

En el año 2002 realizó Diana Hernández Yela, la investigación de tesis denominada: “Comparación del rendimiento del aceite esencial de la *matricaria courrantiana* (N.C. manzanilla) y la *matricaria recutita* (N.C. manzanilla), cultivadas en el departamento de Sololá; obtenido por los métodos de hidrodestilación y maceración”. Se extrajo dicho aceite dejando cantidad constante de material vegetal, tiempo de extracción y temperatura de condensado para el método de hidrodestilación. Los porcentajes promedio de rendimiento en el método de hidrodestilación son 0.1507 por ciento para la *matricaria courrantiana* DC y 0.0383 por ciento para la *matricaria recutita*; por el método de maceración no se tiene datos, pues la recuperación de aceite de esta extracción no fue cuantificable con ninguna de las dos especies. Las pruebas de extracción por los métodos de hidrodestilación y maceración se realizaron a una temperatura de 26°C y una presión atmosférica de 640mmHg.

En el año 2002 realizó María de los Ángeles Pernilla de León, la investigación de tesis denominada: “Extracción y determinación del rendimiento de aceite esencial de *ocimum basilicum* (Albahaca) en función de la estación de recolección y del tamaño de lote obtenidos por medio de arrastre con vapor a nivel laboratorio”. En dicha investigación se evaluó la influencia de los factores estación de recolección y tamaño de lote sobre el rendimiento del aceite; la recolección se realizó en invierno y verano; los tamaños de lote utilizados fueron de 30, 40 y 50 gramos de material seco.

La caracterización del aceite se realizó de las tres siguientes formas: cromatografía de gases de la que se obtuvo la composición del aceite; propiedades sensoriales: olor, sabor, aspecto y color; propiedades fisicoquímicas: densidad, índice de refracción y solubilidad. Se determinó que el rendimiento de aceite esencial de *ocimum basilicum* sí está influenciado por la estación de recolección, el tamaño de lote utilizado de material y de la interacción de ambos. El material recolectado en la estación de verano y con un tamaño de lote de 50 gramos presentó mayor rendimiento.



## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Origen de los aceites esenciales**

#### **2.1.1. Reseña histórica**

Fue en Oriente en donde por primera vez se produjeron y usaron los aceites esenciales, principalmente en Egipto, Persia y la India; posteriormente, fueron conocidos en occidente. En la antigua Grecia ya se conocía el aceite de trementina, que parece ser el más antiguamente conocido de los aceites esenciales.

Parece ser que el famoso médico y filósofo español Arnaldo de Vilanova describió por primera vez la destilación de aceites esenciales (1235-1311) con fines terapéuticos. El término de aceite esencial fue acuñado en el siglo XVI por el genial Paracelso, conocido como el mejor alquimista, farmacéutico y químico de la Edad Media. Paracelso utilizaba aceites esenciales destilados de plantas medicinales y de uso culinario. Sin embargo, los relacionó con el concepto de la “quintaesencia”, que fue concebida por el no menos famoso filósofo griego Aristóteles, dos mil años antes. Aristóteles propuso la existencia de una quinta esencia que se había de añadir a las cuatro ya conocidas (tierra, aire, fuego y agua), significando con el término esencia una entidad inmaterial que impregnaba todo ser viviente e inanimado y que se compararía con el alma y los cuerpos divinos. Las plantas aromáticas y los aceites eran muy utilizados en la antigüedad.

Los romanos comenzaron a introducirlo en la cocina y a perfumar con él los vinos y quesos, transmitiéndose así a los descendientes. En el medioevo las damas lo regalaban al caballero amado, con el fin de protegerlo en la batalla. Antes de la invención del refrigerador, el tomillo se usaba para conservar los alimentos por su notable concentración de aceite esencial de acción antiputrefacción.

En la actualidad, la aromaterapia emplea aceites destilados de plantas aromáticas, conocidos como aceites esenciales. Este proceso de destilación ha llegado desde el mundo árabe, y se piensa que fue inventado por Avicena en el siglo X. Los aceites esenciales se conocían como los perfumes de Arabia y llegaron a Europa con los cruzados, que también trajeron alambiques para destilar plantas aromáticas locales. Desde entonces, los aceites esenciales forman parte de la medicina de herbolario.

### **2.1.2. Origen de los aceites esenciales naturales**

Solamente existen hipótesis para explicar el origen de los aceites esenciales en las plantas. Existe la teoría que los terpenos (constituyentes principales de los aceites esenciales) están formados por la adición del beta-amino ácido butírico normal a 1-leucina con la eliminación de amoníaco y agua, o por la adición de  $\alpha$ -amino ácido isocaproico a la alanina para dar cimeno. Cimeno más leucina de ácido cinámico, uno de los principales constituyentes de la corteza de la canela. Ácido cinámico y cimeno se isomerizan produciendo terpenos. Existe también la opinión que los terpenos son originados de carbohidratos; la primera etapa es la formación del aldehído  $\beta$ -metil-crotónico de acetona y acetaldehído. Dos moléculas de aldehído metil-crotónico se polimerizan para obtener geraniol, el cual se isomeriza muy fácilmente a terpenos. Otra hipótesis admite la formación de terpenos a partir de carbohidratos y proteínas. (1)

Los aceites esenciales están íntimamente relacionados con los procesos vitales de las plantas. El estudio de la composición química y la estructura molecular de los principios inmediatos, que integran los aceites esenciales, ya sean volátiles o no volátiles, da una idea de los procesos metabólicos que los originan; y esos conocimientos forman la base de las especulaciones que se han formulado al respecto.

Se ha observado que algunas células y espacios intercelulares aparecen llenos de gotitas aceitosas difíciles de diferenciar de los aceites grasos; lo cual se determina por medio de reactivos tales como ácido ósmico, bisulfito sódico, etc. Las glándulas externas son células epidérmicas o sus modificaciones; los productos de la secreción se acumulan generalmente fuera de la célula, entre la cutícula y el resto de la pared celular; y como la cutícula es una membrana delgadísima, un ligero roce es suficiente para romperla y al sólo tocar la planta se siente inmediatamente el aroma.

#### **2.1.2.1. Origen de la industria de aceites esenciales**

En algunos escritos de la antigüedad y del principio de la edad media, ya se menciona el término de destilación refiriéndose a la forma de obtener otros aceites además del de trementina; pero parece que esa palabra no tenía entonces el mismo significado actual, abarcaba un concepto más amplio, indicando la preparación de los extractos vegetales y animales, de acuerdo con las reglas del arte de la separación. (2)

En un principio se usaron los aceites esenciales exclusivamente con fines terapéuticos, preparándose pequeñas cantidades en las farmacias; pero luego el desarrollo de la industria hizo posible su obtención en grandes cantidades y menor costo.

La revolución de la ciencia Química iniciada con Lavoisier (1743-1794), ofreció nuevas posibilidades en la investigación de los aceites esenciales; siendo interesante que las primeras investigaciones químicas fueron realmente dedicadas al más antiguamente conocido de los aceites, es decir al aceite de trementina. J. J. Houton de la Billardiere sometió el aceite a un análisis elemental, encontrando que la relación de carbono-hidrógeno es de 5:8; la misma que posteriormente fue establecida para todos los terpenos, hemiterpenos, sesquiterpenos y politerpenos. (2)

El estudio sistemático de los aceites esenciales, puede decirse que comenzó con los trabajos de J.B. Dumas (1800-1884); a quien siguieron otros eminentes científicos, descubriendo cada vez nuevos aceites y determinando su composición; trabajos que se intensificaron cada vez, conforme los usos de los diferentes aceites esenciales se diversificaban e intensificaban. En consecuencia, la aplicación de los aceites esenciales a usos médicos, fue pasando gradualmente a un segundo plano, conforme se fue extendiendo su empleo en perfumes, bebidas, etc.

El conocimiento de la composición química de los aceites esenciales, ha facilitado en los últimos tiempos la obtención sintética de algunos de ellos, formándose así otra nueva industria, la cual se ha extendido y desarrollado en diversos países.

## **2.2. Aceites esenciales**

Los aceites esenciales son productos generalmente muy complejos que contienen unas sustancias volátiles de origen vegetal, obtenido por un proceso de arrastre con vapor de agua, expresión o destilación. Los aceites esenciales los producen especialmente las plantas aromáticas, ya que aunque la mayor parte de las plantas los contienen, son éstas las que concentran una mayor cantidad. Es una mezcla compleja de sustancias miscibles entre sí e inmiscibles en agua.

Los aceites esenciales de plantas aromáticas, flores y frutos son apreciados por ser naturales extraídos directamente de las plantas una vez recolectados cada uno en la época que corresponda y en el lugar donde se cultiven. Los aceites esenciales utilizados en aromaterapia proceden de una gran variedad de fuentes naturales: hierbas, flores, hojas, madera, semillas, cáscara de frutos, raíces y resinas.

### 2.2.1. Composición química de los aceites esenciales

**Carburos terpénicos:** los terpenos son una clase de sustancias químicas que se hallan en los aceites esenciales, resinas y otras sustancias aromáticas de muchas plantas, como por ejemplo los pinos y muchos tipos de cítricos. Uno de los terpenos más comunes es el pineno, que se encuentra, entre otros, en la trementina, extraída del pino. Aunque no siempre se han de considerar tóxicos, los terpenos, tomados en dosis suficientemente elevadas, pueden producir convulsiones, insomnio, náuseas, pesadillas, temblores y vértigo, entre otros problemas. Algunos de los terpenos más usuales son el limoneno, felandreno, camfeno, cariofileno.

**Cetonas:** parecidas químicamente a los terpenos, algunas cetonas como la thuyona, se hallan en el ajeno (*artemisia absinthium*), utilizado en la fabricación de numerosas bebidas alcohólicas como la absenta o el vermut.

**Alcoholes:** como el borneol, mentol, geraniol, linalol o cineol.

**Fenoles:** timol, eugenol, eucaliptol, carvacrol, anetol.

**Aldehídos:** cinámico, anísico y benzoico.

**Esteres:** acetato de linalilo, salicilato de metilo (compuesto antiinflamatorio parecido a la aspirina).

## **Carburos saturados, ácidos, compuestos sulfurados. (3)**

### **2.2.2. Propiedades de los aceites esenciales**

#### **2.2.2.1. Propiedades físicas de los aceites**

Los aceites generalmente tienen color amarillo, a veces verdoso o pardusco. Esta coloración puede ser destruida por la acción de la luz o de los oxidantes. Además, tienen sabor y olor que recuerdan los de la materia prima de que proceden.

Los aceites son casi todos insolubles en agua y solubles en alcohol etílico a 78°C, éter, sulfuro de carbono, tetracloruro de carbono, cloroformo, bencol y esencia de petróleo. Los aceites empiezan a descomponerse entre 280 y 300°C. En este caso toman color obscuro y producen vapores inflamables de olor desagradable y asfixiante.

El peso específico de los aceites es menor que el de agua; oscila entre 900 y 970kg/m<sup>3</sup>. La temperatura influye en el peso específico de los aceites y varía según el lugar en que crecen y se desarrollan las plantas o animales productores del aceite y según el método que se emplea para su obtención. La viscosidad de los aceites se mide a través de su fluidez y depende de la temperatura, siendo su parámetro de comparación la viscosidad del agua. (4)

#### **2.2.2.2. Propiedades químicas de los aceites**

Los aceites se dividen en vegetales y animales. Los aceites de origen vegetal se diferencian de los procedentes del reino animal, en que los primeros contienen fitosterina y los segundos colessterina. Los aceites vegetales se dividen en fijos y esenciales; y los aceites fijos en: secantes, semisecantes y no secantes, y los aceites animales en marinos y terrestres.

Los aceites vegetales fijos son líquidos de consistencia de jarabe, de color amarillo o rojizo más o menos marcado al ser extraídos y, luego de ser tratados son casi incoloros o ligeramente amarillos. Los olores y sabores de los aceites fijos son variados y casi imperceptibles luego de ser tratados. Los aceites vegetales esenciales o volátiles son líquidos volátiles a la temperatura ambiente, que al ponerlos en contacto con una hoja de papel o mejor dejando caer una gota sobre éste, forma una mancha que se extiende, pero que al poco rato desaparece sin dejar rastros, debido a la volatilización del aceite. Algunos aceites esenciales tienen olor agradable y más o menos intenso, peculiares a cada uno y dependiendo de la planta productora.

Los aceites secantes son los que tienen la propiedad de absorber oxígeno del aire convirtiéndose en una masa sólida y elástica, de apariencia de barniz. Esta propiedad es debida a la presencia de glicéridos de ácidos pertenecientes al grupo linoleico. En estos aceites, el ácido oleico se encuentra en pequeña proporción, por lo cual no se solidifican por la acción de los reactivos nitrosos. El índice de yodo de los aceites secantes es más alto que el de los no secantes. Una propiedad notable de estos aceites es que su facultad secante aumenta por la cocción a 200 o 250°C en presencia de algunos compuestos metálicos.

Los aceites semisecantes forman la transición entre los secantes y los no secantes. Se diferencian de los primeros por la ausencia de linoleína (ácido linoleico y glicerina), y de los últimos, por la presencia de grandes cantidades de linolina (ácido linolénico y glicerina). Su índice de yodo es bastante alto, estando relacionado con la proporción de ácido linolénico.

Entre estos aceites se encuentran los de algodón, soya, trigo, ajonjolí y otros. Forman además grupo aparte, entre los aceites semisecantes, los de muchas crucíferas (aceite de colza, de mostaza), menos secantes todavía y caracterizados por un índice de saponificación muy bajo, debido a la presencia de erucina.

Los aceites no secantes tienen índices de yodo sumamente bajos; carecen de ácido linolénico, y contienen el linoleico en cantidades muy pequeñas. A consecuencia de su riqueza en ácido oleico, dan por la acción de los reactivos nitrosos, elaidina dura. Pertenecen a este grupo los aceites de olivas, almendras, bellotas, manías, arroz, avellanas y otros.

Los aceites de animales marinos se asemejan a los aceites secantes en que tienen índice de yodo muy alto, absorben fácilmente oxígeno y no pueden producir elaidina por la acción de los reactivos nitrosos. Entre estos se encuentran los aceites de pescado y de hígado de bacalao.

Los aceites de animales terrestres tienen mucho más bajo el índice de yodo, no absorben el oxígeno con facilidad y dan, con los reactivos nitrosos, elaidina dura. (4)

### **2.3. Tipos de aceites esenciales**

**Silvestres:** son los mejores aceites. Proceden de plantas que encontramos en la naturaleza en estado puro; así se puede encontrar todavía: eucalipto, hisopo, romero, tomillo, hinojo. Con todo, hay muchas que ya no se encuentran. Es importante señalar que nunca se debe cortar las plantas de raíz.

**Biológicos:** procedentes de plantas cultivadas orgánicamente, sin abonos químicos. Se puede conseguir lavanda, salvia, mejorana.

**Naturales:** es muy difícil tener la garantía de que han sido cultivados orgánicamente: limón, naranja, menta.

**Adulterados:** se pueden adulterar con aceites esenciales naturales. Por ejemplo, añadiendo geranio o palmarosa al aceite de rosa. También se pueden adulterar con elementos químicos. Por ejemplo, se puede añadir rosenol al aceite esencial de rosa.

**Reconstituidos:** se obtienen alcoholes de otras esencias a través de la extracción, se separan los componentes y se unen nuevamente para imitar esencias.

**Sintéticos:** son esencias químicas que imitan los olores de las esencias naturales. No obstante, existe una enorme diferencia cuando se conoce el olor auténtico. Estos productos no son saludables y producen problemas al cabo del tiempo. (5)

## **2.4. Recolección, secado y conservación de las plantas medicinales**

### **2.4.1. Medidas para la recolección**

Existen medidas bastante sencillas que permiten aprovechar las plantas silvestres sin alterar sus ciclos normales de crecimiento y reproducción. Aplicándolas se evita la desaparición de las plantas silvestres medicinales de los lugares donde viven. Algunas de estas medidas son:

- a) No aprovechar las plantas que son escasas en la zona de recolección.
- b) Las plantas jóvenes o poco desarrolladas no deben tocarse. Tampoco las que no serán usadas con fines medicinales.
- c) Nunca se debe sacar una planta de raíz, a no ser que sus propiedades medicinales se encuentren allí.

- d) Para cortar, se usa un cuchillo afilado o una tijera de podar, para no dañar el esto de la planta.
- e) No recolectar en lugares contaminados.

#### **2.4.2. Higiene**

- a) No recolectar plantas muy húmedas, ni lavarlas por el peligro de pudrición.
- b) Sólo escoger partes vegetales sanas, libres de parásitos, caracoles, mohos, polvo, etc.

Las hierbas que se han secado naturalmente, no se usan porque han estado expuestas mucho tiempo al aire.

#### **2.4.3. Transporte**

El transporte de las hierbas se hace en recipientes bien aireados, tales como bolsas de malla y sacos harineros limpios. Hay que evitar el uso de bolsas de polietileno (plástico), porque provocan un comienzo de pudrición en pocas horas.

#### **2.4.4. Recolección**

Las plantas medicinales en peligro de extinción no deben recolectarse. La autoterapia con plantas calificadas de tóxica o tóxica mortal está totalmente prohibida.

Lo más importante por tener en cuenta antes de la recolección de la planta seleccionada es haberla identificado exactamente, ya que de otro modo, la menor duda puede dar lugar a peligrosas confusiones con plantas tóxicas. Muchas plantas medicinales, por ejemplo, pertenecen a la familia de las umbelíferas, en las que también hay especies tóxicas.

El momento más adecuado para hacerlo son las primeras horas de la mañana, aunque los ejemplares deben estar ya secos del rocío matutino. Deber escogerse solamente plantas que estén bien limpias. Las que están sucias o con polvo pierden gran parte de su valor. (6)

Las hojas deben recogerse cuando son jóvenes, porque ya están totalmente desarrolladas; las flores, cuando ya está abiertas, pero siendo todavía frescas. En los árboles y arbustos altos se deben cortar las ramas sólo si se necesita recolectar corteza. Nunca arrancar la corteza de ramas principales, ni mucho menos de troncos, pues cada pedazo de corteza arrancado es una herida irrecuperable para la planta. En los arbustos bajos y hierbas perennes se cortan algunas ramas por planta, desde 10 cm del suelo para que la planta pueda recuperarse.

Las hierbas anuales se deben recolectar en lugares donde sean abundantes. Llevar sólo algunas para que haya suficiente producción de semillas y el número de plantas no disminuya al año siguiente. De flores, frutos y semillas se recolectan siempre sólo una pequeña cantidad por planta, para no alterar el proceso reproductivo de ésta.

#### **2.4.5. Secado**

Las plantas medicinales se secan para poder guardarlas y así usarlas en una época en que no se la pueda conseguir. La planta está formada en gran parte por agua.

El agua debe ser eliminada después de cortar la planta para que no se pudran sus tejidos, ni se alteren sus principios activos o sustancias medicinales.

En el secado el sol directo está prohibido porque puede alterar los principios activos (la luz ultravioleta puede producir reacciones químicas que los destruyan) o evaporarlos. Se necesita entonces secar las plantas en un local cubierto con techo. La aireación tiene que ser constante, para que se vaya renovando el aire humedecido por la evaporación del agua que sale de la planta puesta a secar. Para secar bien se necesita un local bien ventilado. En el caso de grandes volúmenes de producción se debe contar con playas de secado.

Generalmente se seca luego de la cosecha, época que en la zona no es la más conveniente dado que coincide con las lluvias, motivo por el cual se deberán tener estructuras diseñadas para poder cumplir con este fin en condiciones no óptimas, es decir con alta humedad.

La hierba debe ser secada en el menor tiempo posible. El tiempo de secado varía según la planta, la aireación que reciba durante el proceso, la temperatura y humedad del aire, y generalmente no es inferior a ocho días. En algunos casos se requiere el material fresco, ya que la acción enzimática que se desata luego de cortada la planta puede producir hidrólisis de los compuestos de interés.

#### **2.4.5.1. Formas de secado**

##### **2.4.5.1.1. En manojos**

Es un buen sistema para secar ramas. Los manojos no deben ser muy tupidos, para que el aire circule dentro de ellos. El hilo que sujete el manojito debe estar suelto, para evitar que se pudran las partes apretadas, por falta de aire.

Se cuelgan manojos del techo o de la pared. En este último caso, hay que dar vuelta todos los días el manajo para que se seque uniformemente, porque la parte que está pegada a la pared no recibe mucho aire.

#### **2.4.5.1.2. En capas**

Sirve especialmente para secar hojas sueltas, flores, pétalos y toda parte de hierba que sea muy corta para formar manojos. La hierba se pone sobre papel, encima de una mesa.

Si se secan ramas, la capa de hierba tendrá una altura máxima de 15 cm. Si se secan flores, pétalos, cualquier hierba trozada, ramas muy tupidas o ramas entre las que quede poco espacio para el aire, la altura máxima de la capa tiene que ser de 5 cm. En ambos casos hay que remover diariamente la hierba y darla vuelta para evitar que se pudra la parte que estaba en contacto con la mesa o la pared.

#### **2.3.1.1.1. En marcos**

Este es un sistema para cantidades más o menos grandes de hierbas. Se hacen marcos de madera de 1,20 m \* 1,20 m, a los cuales se le pone un pedazo de arpillera, de malla de metal, de plástico o de hilo. Sujetándoles con una estructura de madera, se los apila a una distancia de 20 cm.

Se pone la hierba en capas de 5 cm y se las remueve diariamente. Las ventajas de este sistema son que la malla de los marcos y la distancia entre ellos garantizan una buena circulación del aire para toda la hierba puesta a secar, haciendo el secado mucho más rápido.

Tanto para el secado por capas, como para el secado en capas sobre marcos, no se pone la hierba apretada, sino más bien suelta, para que el aire circule bien.

#### **2.4.6. Conservación**

Una hierba medicinal bien secada tiene propiedades medicinales alrededor de un año. Después de ese tiempo sus principios activos se evaporan o se alteran. Entonces si la planta es aromática ya casi no tiene olor, o éste es desagradable. Otra forma de conocer si una hierba está pasada es por su color amarillento.

#### **2.4.7. Envasado**

Las hierbas secas se guardan en frascos de vidrio, en tarros o dentro de bolsas de papel, celofán o cualquier otro material que no sea impermeable, nunca dentro de bolsas de plástico. Los envases tienen que estar bien cerrados, para proteger la planta de polvo, insectos, humedad y sobre todo para preservar al máximo sus principios activos.

Para guardar grandes cantidades se pueden usar sacos de harina limpios. En ambos casos se etiquetan con el nombre de la hierba, fecha de recolección y fecha de envasado. Almacenar en lugar seco y oscuro. Se verifica cada cierto tiempo su color, olor y se palpa para ver si se conserva quebradiza y libre de mohos.

### **2.5. Métodos de obtención de aceites esenciales**

Los aceites esenciales se obtienen mediante diversos procesos de extracción. La elección del proceso de extracción depende de la parte de la planta que se utilizará para la fabricación del aceite esencial.

Los métodos de extracción básicos son: presión, destilación, normalmente con agua y/o vapor, y extracción mediante un disolvente. Es precisamente la correcta aplicación del método de extracción de un aceite esencial lo que determinará la calidad final del producto.

### **2.5.1. Expresión**

Al exprimir por máquinas puede producirse un aceite casi idéntico al producto exprimido a mano y es el método aplicado en forma industrial. De los procesos de exprimir a mano, el proceso de esponja es el más importante, ya que produce el aceite de mayor calidad. En la expresión el material vegetal es exprimido mecánicamente para liberar el aceite y éste es recolectado y filtrado. Este método es utilizado para el caso de las esencias de cítricos.

### **2.5.2. Extracción por arrastre con vapor**

Este método es el que tiene mayor aplicación para obtener el aceite crudo, consiste en colocar la muestra vegetal generalmente fresca y cortada en trozos pequeños en un recipiente cerrado y sometido a una corriente de vapor de agua sobrecalentado, la esencia así arrastrada es posteriormente condensada, recolectada y separada de la fracción acuosa. Se utiliza a escala industrial debido a su alto rendimiento, la pureza del aceite obtenido y porque no requiere tecnología sofisticada.

### **2.5.3. Extracción con agua y vapor de agua**

Se emplea cuando los aceites esenciales contenidos en la droga seca o fresca se alteran por ebullición. Si el material es seco (canela, clavo de olor) se muele previamente, se cubre con una capa de agua para humectarlo y se pasa el vapor generado en una cámara independiente a través de la mezcla macerada.

Se evita de esta manera la alteración de la esencia por ebullición directa. Nuevamente el destilado así obtenido es condensado en una cámara refrigerante.

#### **2.5.4. Extracción diferencial**

En este método la mezcla se hace hervir y el vapor generado se separa del líquido, condensándolo tan rápidamente como se genera. Los aparatos usados para este fin reciben el nombre de alambiques.

#### **2.5.5. Evaporación instantánea**

La evaporación instantánea (*flash*), implica la evaporación de una fracción del líquido, generalmente por calentamiento a alta presión, manteniendo al vapor y al líquido el tiempo necesario para que el vapor alcance el equilibrio con el líquido, separando ambos finalmente.

#### **2.5.6. Destilación fraccionada**

La destilación fraccionada es el método más empleado actualmente para separar los componentes de una mezcla líquida. Incluye el retorno de una parte del vapor condensado al equipo, de tal manera que el líquido que se regresa entra en contacto íntimo a contracorriente con los vapores que se dirigen al condensador.

Este tipo de destilación es continua y permite manipular grandes cantidades de materiales y el reflujo hace posible alcanzar purezas elevadas en los productos destilados. Los equipos empleados en este tipo de destilación son torres o cilindros metálicos por los que pasan los vapores y los líquidos generados. Dentro de estas columnas se encuentran platos con perforaciones o empaques de cerámica para un mayor contacto líquido-vapor.

Los residuos en esta operación se localizan como sedimentos o lodos y en algunos casos breas en el fondo de las torres o tanques de destilación, como cabezas líquidas o gaseosas en lo alto de las torres y como colas líquidas en la parte baja de ésta.

### **2.5.7. Extracción con disolventes volátiles**

Es un sistema moderno de obtener las esencias, cada vez más utilizado en la industria de los perfumes. La muestra seca y molida se pone en contacto con solventes tales como alcohol, cloroformo, etc. Estos solventes solubilizan la esencia pero también solubilizan y extraen otras sustancias tales como grasas y ceras, obteniéndose al final una esencia impura.

Se utiliza a escala de laboratorio pues a escala industrial resulta costoso por el valor comercial de los solventes, porque se obtienen esencias impurificadas con otras sustancias, y además por el riesgo de explosión e incendio característicos de muchos solventes orgánicos volátiles.

El factor más importante para lograr el éxito en este método es la selección del disolvente. El disolvente debe ser selectivo esto es disolver rápida y totalmente los componentes odoríferos, con sólo una mínima parte de materia inerte; tener un bajo punto de ebullición; ser químicamente inerte al aceite; evaporarse completamente sin dejar cualquier residuo odorífero; ser de bajo precio y de ser posible no inflamable.

### **2.5.8. Enfleurage**

En el método de enflorado o enfleurage, el material vegetal (generalmente flores) es puesto en contacto con una grasa. La esencia es solubilizada en la grasa que actúa como vehículo extractor. Se obtiene inicialmente una mezcla (concreto) de aceite esencial y grasa la cual es separada posteriormente por otros medios físico-químicos.

En general se recurre al agregado de alcohol caliente a la mezcla y su posterior enfriamiento para separar la grasa (insoluble) y el extracto aromático (absoluto). Esta técnica es empleada para la obtención de esencias florales (rosa, jazmín, azahar, etc.), pero su bajo rendimiento y la difícil separación del aceite extractor la hacen costosa. (7)

### **2.5.9. Maceración**

La maceración se asemeja a la extracción por disolventes, la diferencia es que el material permanece varios días sumergido; en este sistema se usa aceite, grasa fundida y aún alcohol etílico. En general, los productos de la maceración son de calidad inferior a los de la extracción con solventes volátiles. (8)

Es un sistema poco usado, se usa más que todo para el tratamiento de materiales en pequeña cantidad, produciendo esencias semejantes a las obtenidas por enflorado, pero el rendimiento es menor.

### **2.5.10. Extracción con fluidos supercríticos**

El método de extracción con fluidos supercríticos es de desarrollo más reciente. El material vegetal cortado en trozos pequeños, licuado o molido, se empaca en una cámara de acero inoxidable y se hace circular a través de la muestra un fluido en estado supercrítico (por ejemplo  $\text{CO}_2$ ), las esencias son así solubilizadas y arrastradas y el fluido supercrítico, que actúa como solvente extractor, se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente, y finalmente se obtiene una esencia cuyo grado de pureza depende de las condiciones de extracción.

El método de extracción presenta varias ventajas como rendimiento alto, es ecológicamente compatible, el solvente se elimina fácilmente e inclusive se puede reciclar, y las bajas temperaturas utilizadas para la extracción no cambian químicamente los componentes de la esencia, sin embargo el equipo requerido es relativamente costoso, ya que se requieren bombas de alta presión y sistemas de extracción también resistentes a las altas presiones.

**Tabla I** Métodos de obtención de aceites esenciales

MÉTODO	PROCEDIMIENTO		PRODUCTOS OBTENIDOS
<b>Métodos directos</b>	Expresión	Compresión de cáscaras	Aceites esenciales cítricos
		Raspado de cáscaras	
	Exudado	Lesiones mecánicas en cortezas	Aromas, resinas, bálsamos
<b>Extracción</b>	Directa		Aceites esenciales y aguas aromáticas
	Por arrastre con vapor (directo, indirecto, a presión, a vacío)		
	Destilación-Maceración (liberación enzimática de aglicomas en agua caliente)		
<b>Extracción con solventes</b>	Solventes volátiles	En caliente	Infusiones y resinoides alcohólicos en caliente, oleoresinas
		En frío	Concretos y absolutos, resinoides en frío, oleoresinas
	Solventes fijos (grasas y aceites)	En caliente	Pomadas en caliente, lavados y absolutos de pomadas
		En frío	Pomadas en frío, lavados y absolutos de enflorados

FUENTE: <http://www.flissbis.com/aroma/extracción.htm>

## 2.6. Cuidado y preservación de los aceites esenciales

Generalmente el deterioro es atribuido a reacciones generales como oxidación, resinificación, polimerización y a la interacción de grupos funcionales. Estos procesos parecen estar activados por calor, oxígeno, humedad, luz y en algunos casos posiblemente por metales. Como regla general, cualquier aceite esencial será tratado antes de almacenarlo, removiéndole impurezas metálicas, humedad y materia suspendida.

Los envases deben quedar completamente llenos, colocándose en un lugar fresco y protegido de la luz. Antes de sellar los recipientes, es conveniente burbujear nitrógeno o anhídrido carbónico para desalojar del envase la cámara de aire que pudiera haber quedado dentro del aceite.

## **2.7. Usos y aplicaciones de los aceites esenciales**

Los aceites esenciales tienen una gran variedad de aplicaciones, sus propiedades más apreciadas son sus olores.

### **2.7.1. Industria alimentaria**

Se emplean para condimentar carnes preparadas, embutidos, sopas, helados, queso, etc. Los aceites más empleados por esta industria son: coliandro, naranja y menta, entre otros. También son utilizados en la preparación de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, especialmente refrescos. Con respecto a esta utilidad se puede citar las esencias extraídas del naranjo, limón, mentas e hinojos, entre otros.

### **2.3.2. Industria farmacéutica**

Se usan en cremas dentales (aceite de menta e hinojos), analgésicos e inhalantes para descongestionar las vías respiratorias (eucalipto, tomillo). Son utilizados en la fabricación de neutralizantes de sabor desagradable de muchos medicamentos (naranjas y menta, entre otros).

### **2.7.3. Industria de cosméticos**

Esta industria emplea los aceites esenciales en la producción de cosméticos, jabones, colonias, perfumes y maquillaje. En este rubro se pueden citar los aceites de geranio, lavanda, rosas y pachouli.

### **2.7.4. Desodorantes ambientales**

Actualmente se ha desarrollado el uso de esencias para disimular el olor desagradable de algunos productos industriales como el caucho, los plásticos y las pinturas.

## **2.8. Mercado de aceites esenciales**

Para poder conquistar mercado y permanecer en él es imprescindible contar con calidad creciente. En este rubro la calidad está determinada por atributos de orden físicos, químicos y bacteriológicos.

En las especies en las que se utiliza el aceite esencial o la oleoresina, su contenido y composición química resultan determinantes. En ambos casos confluyen factores de orden genético, ambientales, la manera de cultivarlo y el estado de desarrollo del cultivo al momento de la cosecha; principalmente.

El factor genético es de fácil control, para quien decida emprender en este rubro, así para iniciar un cultivo se debe multiplicar solamente material vegetal de origen y de composición química conocidos. Para la implantación de la mayoría de los cultivos de este rubro es utilizada la multiplicación vegetativa, dado que asegura la homogeneidad genética.

Las técnicas agrotecnológicas para el cultivo son el general de fácil aplicación y el momento en que se cosecha un cultivo es controlable, a pesar de verse influenciado por factores externos como las condiciones climáticas. (9)

Los aceites esenciales han sido durante mucho tiempo las materias primas básicas de los fabricantes de perfumes. Estos aceites constituyen una valiosa fuente de ingresos, aunque de carácter más bien secundario, para gran número de pequeños agricultores y negociantes en pequeña escala en países en desarrollo, aunque existe también una producción más organizada a escala de plantaciones.

Pero, en muchos, los aceites esenciales naturales están sometidos a una presión creciente. De una parte, los productores en países en desarrollo tratan de mantener, mediante aumentos de precios, el valor real de sus productos frente a la inflación general. Por otra parte, los que controlan financieramente las principales empresas de elaboración y composición de mezclas obligan a sus técnicos en perfumes y saponíferos a mantener o incluso a reducir el costo de las fórmulas que utilizan, lo que les obliga a utilizar ingredientes, ahora más abundantes y baratos, de origen sintético. Las fuertes y repetidas alzas en el precio del petróleo durante el decenio de 1970 hizo aumentar grandemente el costo de producción de los aceites esenciales.

Asimismo, la creciente escasez y alto costo de los combustibles vegetales, de lo que depende la mayor parte de la producción en pequeña escala, ha alterado apreciablemente la economía de la producción. Un efecto adverso, aunque no sorprendente, de estas presiones de los costos, en particular cuando las condiciones de mercado impiden un incremento compensador en el precio del producto en la destilería ha sido inducir a los productores a reducir su dependencia de los abonos o de otros insumos, con los riesgos inherentes de una reducción en los rendimientos de las cosechas o de la calidad del producto, lo que hace empeorar aún más las perspectivas a largo plazo para sus productos.

Otro problema planteado es el costo cada vez mayor de las piezas de repuesto del equipo de destilación, cuyo diseño tradicional era barato, en su origen, especialmente porque en algunas regiones ciertos oficios tradicionales están empezando a desaparecer. Además, el equipo moderno, a pesar de su mayor duración en general que la del equipo tradicional, puede resultar tan costoso que sea totalmente incompatible con los precios en destilería del producto que corresponden a los sistemas tradicionales.

Es también de vital importancia que la utilización de equipo moderno no provoque un cambio inaceptable en las características odoríferas del producto. Incluso, aunque el producto sea de calidad menos variable como resultado del control de calidad más estricto que hace posible el equipo moderno, cabe esperar reacciones adversas de los compradores ante un producto tradicional como para hacer necesaria una reelaboración costosa de las fórmulas.

**Tabla II** Datos de Guatemala de importaciones de aceites esenciales, con respecto a otros productos agrícolas, (millones de US\$)

Años	Granos básicos	Oleagin, aceites y grasas	Productos lácteos	Productos pecuarios	Insumos para la agricultura	B. Capital para la agricultura	Total
1950-54	0.4	<b>0.3</b>	1	0.8	1.9	2.9	7.3
1955-59	3.5	<b>0.6</b>	1.6	1.6	3.4	5	15.7
1960-64	5.4	<b>1</b>	1.7	2.7	4.6	5.9	21.3
1965-69	6	<b>2.1</b>	1.8	5.2	8.2	7.5	30.8
1970-74	11.5	<b>4.2</b>	2.7	4.7	15.2	8.7	47.0
1975	33	<b>4.2</b>	2.7	4.4	41.2	19.3	104.8
1976	12.7	<b>3.8</b>	2.1	5.5	49.9	24	98.0
1977	12.7	<b>5</b>	7.1	4.9	64.9	33.5	128.1
1978	25.3	<b>7.2</b>	7.4	5.8	71.4	34.7	151.8
1979	29.6	<b>5.6</b>	5.3	8.2	83.8	23.4	155.9
1980	41.2	<b>6.1</b>	16.1	8.4	74.3	22.8	168.9
1981	40.9	<b>12.9</b>	13	12.1	80.4	27.4	186.7

Continuación

1982	20.5	<b>22.6</b>	18.3	13.2	67.9	11.7	154.2
1983	22.8	<b>19.7</b>	9.9	9.9	59.7	9.9	131.9
1984	26.1	<b>23.2</b>	13.2	14.8	82.5	13.3	173.1
1985	28.5	<b>32.4</b>	12.2	13.9	77.1	10.8	174.9
1986	28.7	<b>21.5</b>	11	9.9	71.7	14.5	157.3
1987	28.7	<b>22.4</b>	17.3	7.6	74.6	24.4	175.0
1988	29.2	<b>25.5</b>	22.3	16.1	83	22	198.1
1989	33.2	<b>32.5</b>	34.2	18	91.9	24.3	234.1
1990	53.8	<b>22.4</b>	29.1	12.5	90.6	32.6	241.0
1991	5036	<b>36</b>	22	15.2	118.5	32.4	5260.1
1992	55.4	<b>43.1</b>	32.2	23	124.9	49.9	328.5
1993	110.8	<b>38.8</b>	29.1	15.1	70.8	71.8	336.4
1994	85.4	<b>53.3</b>	36.5	19.2	102.7	24.7	321.8
1995	84	<b>60.4</b>	34.5	24.2	114.1	35.9	353.1
1996	135.8	<b>63.6</b>	39.1	22.9	115.3	33.7	410.4
1997	99.1	<b>76</b>	53.5	35.8	142.3	40.8	447.5
1998	50.3	<b>83.6</b>	58.5	64.9	114.6	64.1	436.0

Fuente: Marco cuantitativo de la agricultura guatemalteca

**Tabla III** Estructura de importaciones de aceites y otros productos agrícolas

Años	Granos básicos	Oleagin, aceites y grasas	Productos lácteos	Productos pecuarios	Insumos para la agricultura	B. Capital para la agricultura	Total
1950-54	5.3	<b>3.7</b>	14.2	14.2	26.1	39.8	100.0
1955-59	22.3	<b>3.8</b>	10.0	10.0	21.6	32.0	100.0
1960-64	25.2	<b>4.8</b>	8.1	8.1	21.5	27.6	100.0
1965-69	19.5	<b>6.7</b>	5.9	5.9	26.6	24.3	100.0
1970-74	24.4	<b>8.9</b>	5.7	5.7	32.4	18.5	100.0
1975	31.5	<b>4.0</b>	2.6	2.6	39.3	18.4	100.0
1976	13.0	<b>3.9</b>	2.1	2.1	51.0	24.5	100.0
1977	9.9	<b>3.9</b>	5.6	5.6	50.7	26.1	100.0

Continuación

1978	16.7	<b>4.7</b>	4.9	4.9	47.0	22.8	100.0
1979	19.0	<b>3.6</b>	3.4	3.4	53.8	15.0	100.0
1980	24.4	<b>3.6</b>	9.5	9.5	44.0	13.5	100.0
1981	21.9	<b>6.9</b>	7.0	7.0	43.1	14.7	100.0
1982	13.3	<b>14.6</b>	11.8	11.8	44.0	7.6	100.0
1983	17.3	<b>14.9</b>	7.5	7.5	45.3	7.5	100.0
1984	15.1	<b>13.4</b>	7.6	7.6	47.6	7.7	100.0
1985	16.3	<b>18.5</b>	7.0	7.0	44.1	6.2	100.0
1986	18.2	<b>13.7</b>	7.0	7.0	45.6	9.2	100.0
1987	16.4	<b>12.8</b>	9.9	9.9	42.6	13.9	100.0
1988	14.7	<b>12.9</b>	11.3	11.3	41.9	11.1	100.0
1989	14.2	<b>13.9</b>	14.6	14.6	39.3	10.4	100.0
1990	22.3	<b>9.3</b>	12.1	12.1	37.6	13.5	100.0
1991	18.4	<b>13.1</b>	8.0	8.0	43.1	11.8	100.0
1992	16.9	<b>13.1</b>	9.8	9.8	38.0	15.2	100.0
1993	32.9	<b>11.5</b>	8.7	8.7	21.0	21.3	100.0
1994	26.5	<b>16.6</b>	11.3	11.3	31.9	7.7	100.0
1995	23.8	<b>17.1</b>	9.8	9.8	32.3	10.2	100.0
1996	33.1	<b>15.5</b>	9.5	9.5	28.1	8.2	100.0
1997	22.1	<b>17.0</b>	12.0	12.0	31.8	9.1	100.0
1998	11.5	<b>19.2</b>	13.4	13.4	26.3	14.7	100.0

**Fuente:** Marco cuantitativo de la agricultura guatemalteca

**Tabla IV** Datos de exportaciones de Guatemala de aceites esenciales y otros  
(millones de US\$)

<b>Años</b>	<b>Derivados del algodón</b>	<b>Leche y derivados</b>	<b>Azúcar</b>	<b>Aceites esenciales</b>	<b>Dulces</b>	<b>Llantas y prod. caucho</b>	<b>Total</b>
1979	0.9	1.5	53.5	<b>1.6</b>	5.2	11.5	192.8
1980	1.3	2.2	69.3	<b>2.7</b>	6.6	20.3	234.2
1981	3.8	2.2	85.2	<b>2.5</b>	4	18.8	255.2
1982	1.0	1.7	23.2	<b>2.2</b>	3.1	16.4	150.4
1983	0.5	1.4	126.8	<b>1.7</b>	2.8	22.3	242.2
1984	0.2	1.6	74.6	<b>1.6</b>	3.6	14.9	191.8
1985	3.1	1.0	44.2	<b>1.6</b>	2.8	5.9	142.0
1986	0.3	0.9	50.8	<b>1.5</b>	3	8.7	147.8
1987	0.2	0.8	53.5	<b>1.7</b>	4.5	12	191.0
1988	1.7	0.8	71.3	<b>2.4</b>	4.6	8.6	231.8
1989	4.6	1.2	86.3	<b>2.5</b>	5	10.4	262.9
1990	11.8	0.8	120.4	<b>1.3</b>	5.3	12.6	318.3
1991	0.7	1.4	138.1	<b>1.6</b>	5.9	10.9	354.6
1992	0.1	1.6	158.1	<b>1.1</b>	7.3	14	400.2
1993	0.6	2.4	143	<b>0.9</b>	7.2	13.1	400.3
1994	0.5	3.1	159.2	<b>1.1</b>	7.5	12.1	416.2
1995	0.1	2.7	237	<b>1.4</b>	7.6	13.9	494.2
1996	0.0	3.8	202	<b>1.1</b>	6	14	507.6
1997	2.6	6.3	255.3	<b>1.2</b>	5.6	15.8	587.6
1998	0.8	6.9	315.3	<b>1.4</b>	5	15	704.5

**Fuente:** Marco cuantitativo de la agricultura guatemalteca

**Tabla V** Estructura de exportaciones de Guatemala de aceites esenciales y otros

Años	Derivados del algodón	Leche y derivados	Azúcar	Aceites esenciales	Dulces	Llantas y prod. caucho	Total
1979	0.5	0.8	27.8	<b>0.8</b>	2.7	3.0	100.0
1980	0.6	0.9	29.6	<b>1.2</b>	2.8	8.7	100.0
1981	1.5	0.9	33.4	<b>1.0</b>	1.6	7.4	100.0
1982	0.6	1.1	15.4	<b>1.5</b>	2.1	10.9	100.0
1983	0.2	0.6	52.4	<b>0.7</b>	1.2	9.2	100.0
1984	0.1	0.8	38.9	<b>0.8</b>	1.9	7.8	100.0
1985	2.2	0.7	31.1	<b>1.1</b>	2.0	4.2	100.0
1986	0.2	0.6	34.4	<b>1.0</b>	2.0	5.9	100.0
1987	0.1	0.4	28.0	<b>0.9</b>	2.4	6.3	100.0
1988	0.7	0.4	30.8	<b>1.0</b>	2.0	3.7	100.0
1989	1.7	0.4	32.8	<b>1.0</b>	1.9	4.0	100.0
1990	3.7	0.2	37.8	<b>0.4</b>	1.7	4.0	100.0
1991	0.2	0.4	39.0	<b>0.5</b>	1.7	3.1	100.0
1992	0.0	0.4	39.5	<b>0.3</b>	1.8	3.5	100.0
1993	0.1	0.6	35.7	<b>0.2</b>	1.8	3.3	100.0
1994	0.1	0.7	38.3	<b>0.3</b>	1.8	2.9	100.0
1995	0.0	0.5	47.9	<b>0.3</b>	1.5	2.8	100.0
1996	0.0	0.8	39.8	<b>0.2</b>	1.2	2.8	100.0
1997	0.4	1.1	43.4	<b>0.2</b>	1.0	2.7	100.0
1998	0.1	1.0	44.8	<b>0.2</b>	0.7	2.1	100.0

**Fuente:** Marco cuantitativo de la agricultura guatemalteca

## 2.9. Tomillo (*thymus vulgaris L.*)

**Nombre vulgar:** tomillo

**Nombre científico:** *thymus vulgaris L.*

**Familia:** labiadas

**Partes usadas:** sumidad aérea y raíces.

**Longevidad:** perenne.

**Altura:** 10-30cm.

**Floración:** de mediados de primavera a mediados de verano.

**Lugar de origen:** mediterráneo.

**Hábitat:** ampliamente cultivada en clima montañoso, templado y subtropical de América y el Caribe. En Guatemala se cultiva en el antiplano central y occidental en lugares secos y soleados. (10)

**Descripción botánica:** ésta especie forma una matita de un palmo de altura o poco más; muy poblada de hojas, a lo sumo de 1 cm incluido el rabillo, de figura entre aovada y lanceolada, pero por lo común aparentando ser más estrechas, porque la sequedad suele hacer que se arrollen por sus bordes hacia el reverso, que es blanquecino, por los muchos pelitos blancos que lo recubren, y acopladas y enfrentadas en cada nudo.

En el extremo de las ramitas las flores se agrupan en una especie de cabezuelas y tienen el cáliz de color rojizo vinoso, de una sola pieza, con la garganta obstruida por pelitos blancos, dividido en dos labios; el labio superior tiene tres dientes cortos y casi iguales; el inferior queda dividido en dos largas y estrechas lacinias. Estas lacinias si me miran con una buena lente, se ven armadas de pelitos blancos y tiesos en los bordes, como si fueran las púas de un peine. La corola no suele rebasar los 7 u 8mm y está dividida en dos labios: el superior, escotado, y el inferior subdividido en tres lóbulos divergentes, y es de color de rosa o blanca. A veces, las flores tienen la corola diminuta y carecen de estambres.

Esta planta desprende un intenso olor a timol; es el típico olor a tomillo. Florece en primavera, a partir del mes de marzo. Se cría en los collados, cabezos y laderas expuestas al sol, en las sardas y en toda suerte de matorrales de las tierras bajas calcáreas o arcillosas, con mucho menor frecuencia en las silíceas.

La desecación, a la sombra y en lugar ventilado, es fácil y rápida, si no se amontonan grandes cantidades de tomillo. Cuando está bien seco, se guarda en sacos metidos en cajas de madera o de hojalata.

**Composición cualitativa y cuantitativa:** sus componentes alcanzan la mayor concentración durante la época de floración.

Aceite esencial (1.0-2.5%). Monoterpenos como timol (20-55%), p-cimeno (14-45%), carvacrol (1-10%), gamma-terpineno (5-10%), borneol (8%), linalol (8%).

Flavonoides. Luteolina, apigenina, naringenina, eriodictol, cirsilineol, salvigenina, cirsimaritina, timonina, timusina.

Ácidos fenólicos derivados del ácido cinámico. Ácidos cafeico, rosmarínico (0.15-1.35%).

Triterpenos. Ácidos ursólico (1.9%), oleanólico (0.6%).

Saponinas y taninos. (11)

**Recolección y conservación:** del tomillo se recogen las puntas florecidas o las ramas jóvenes cuando están en floración. La recolección se realiza en las primeras horas de la tarde, cortando las ramas a 5 cm del suelo, evitando de cortar las partes leñosas.

Las hojas son más ricas de aceite esencial. La desecación se realiza a la sombra en un lugar aereado, colocando las ramas sobre una hoja de papel, ya que, las hojas tienden a caerse. Se conservan en recipientes de vidrio y porcelana.

**Aplicaciones terapéuticas:** se trata de una planta con gran tradición en la herboristería. Se utiliza par aliviar la tos, los trastornos digestivos (flatulencia, digestiones pesadas) y para combatir la inapetencia (una infusión de flores y hojas tomada antes de las comidas). Es un remedio eficaz contra la diarrea leve y se ha utilizado tradicionalmente para combatir los parásitos intestinales. Por vía externa es un buen desinfectante.

**Otros usos:** aromatizante en la cocina: en la cocina se puede utilizar para dar sabor a los platos, dándole un toque típico de sabor a los preparados que aumentan sus propiedades medicinales. Se ha utilizado también para aromatizar los quesos e incluso se han llegado a comer los brotes tiernos. La presencia de niacina favorece la circulación de la sangre, reduce el colesterol y evita el síntoma de indigestión, muchas veces asociado con la falta de este elemento en el organismo.

Repelente de mosquitos: la presencia de alcoholes y aceites esenciales muy (especialmente el carvacrol, que se utiliza en la industria como producto desinfectante y fungicida) lo convierten, junto con la ajedrea, en un buen repelente de los mosquitos, por lo que se puede utilizar como planta cultivada o de jardín colocándola en las ventanas para que estos insectos no se acerquen tanto a las viviendas.

Para extraer aceites de uso industrial: de él se pueden extraer productos como el anetol, utilizado en la fabricación de perfumes o el carvacrol, mencionado anteriormente.

**Toxicidad:** en dosis normales su uso no tiene toxicidad alguna. Se debe vigilar, sin embargo cuando se hace uso del aceite esencial, que no debe utilizarse nunca en casos de embarazo, úlcera o problemas cardíacos. Un uso elevado del aceite, por su contenido en timol, puede producir hipertiroidismo o intoxicación, por irritación del aparato digestivo.



### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Localización

La parte experimental de la investigación se llevó a cabo en la Universidad de San Carlos de Guatemala en las siguientes dependencias

- Planta piloto de extracción-destilación de la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería. En este lugar se llevaron a cabo las extracciones del aceite esencial de tomillo
- Laboratorio de ensayo fisicoquímico de la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería. En este laboratorio se llevaron a cabo las extracciones a nivel laboratorio asimismo se realizó un análisis de las características fisicoquímicas del aceite esencial de tomillo, así como la identificación de sus componente químicos
- Unidad de Análisis Instrumental, UAI, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. En esta unidad se realizaron los análisis de cromatografía de gases a los aceites extraídos por ambos métodos
- Unidad de secado solar del Centro de Experimentación Docente CEDA de la Facultad de Agronomía. En esta unidad se llevó a cabo el secado del tomillo

### **3.2. Recursos humanos**

Investigador: Br. Ana Patricia Fuentes Fuentes

Asesora: Inga.Q. Telma Maricela Cano Morales

### **3.3. Recursos materiales**

Para cada unidad experimental:

*thymus vulgaris* fresco y seco

Agua destilada

Hexano

Refrigerante para el condensador

Agua de circulación y baño maría

### **3.4. Equipo y cristalería**

Los equipos que se utilizaron para la extracción de aceites esenciales a nivel planta piloto son:

Caldera de alimentación de vapor

Extractor

Condensador del extractor

Vaso florentino

Los equipos y cristalería que se utilizaron para la extracción de aceites esenciales a nivel laboratorio son

Equipo para extracción de aceites esenciales Neoclavenger

Rotaevaporador

Balanza analítica

Bomba hidráulica

Bomba de vacío

Manta de calentamiento

Soportes y pinzas para asegurar el Neoclavenger

Pizeta

Recipiente para agua de recirculación

Micropipetas

Manguera de caucho

Balón de 100ml para rotaevaporar

### **3.5. Metodología experimental**

#### **3.5.1. Diseño de tratamientos**

El rendimiento y la calidad de la extracción de aceite esencial del tomillo, se evaluó al someter la planta en fresco y en seco a un método de obtención del aceite, se tomaron tres distintos tamaños de lote (*batch*), para el tomillo en fresco y seco, a nivel laboratorio con tres repeticiones para cada uno. A nivel planta piloto se utilizó un mismo lote con tres repeticiones para el tomillo en fresco y tres repeticiones para el tomillo en seco, dando como resultado final veinticuatro experimentos.

### **3.5.2. Diseño experimental**

Se utilizó un diseño completamente al azar, en el cual se aplicó un experimento factorial, o sea con un solo factor con dos niveles: un tamaño de lote para la muestra en fresco y un tamaño de lote para la muestra en seco, ambos para la extracción a nivel planta piloto, y tres tamaños de lote para pruebas en el laboratorio, lo cual dará como resultado cinco tratamientos, aplicando a los resultados un análisis de varianza.

### **3.6. Descripción del método**

El método propuesto para la obtención del aceite esencial a partir de las hojas secas, es el siguiente

#### **3.6.1. Extracción por arrastre de vapor de agua a nivel laboratorio**

Este método consiste en extraer el material vegetal durante un cierto tiempo, teniendo el control de la temperatura. En un balón se coloca la muestra y se agrega agua hasta humedecer la muestra de forma uniforme, dicho balón se coloca en el equipo de extracción Clevenger. Se agrega hexano sobre la sección de descarga, ya que éste se utiliza como trampa para el aceite extraído. Se enciende la bomba hidráulica para recircular el agua del condensador. Se agrega calor con la plancha de calentamiento para que se inicie la ebullición. Se deja extraer durante dos horas, luego de dicho tiempo se apaga la plancha de calentamiento y se espera que termine de producirse el condensado. Después de finalizada la extracción, se procede a separar el aceite esencial del condensado en el rotavapor que es un evaporador al vacío, para de esa manera obtener solamente el aceite esencial.

### **3.6.2. Extracción por arrastre con vapor a nivel de planta piloto**

Para la operación de arrastre de vapor de agua que se aplicó en la planta piloto de extracción de aceites esenciales, se hace uso de la metodología siguiente: el vapor de agua se introduce al extractor por la parte inferior de éste; y una vez establecido el equilibrio, el vapor vivo forma en el aceite esencial contenido en la planta vegetal un sistema no miscible. El aceite esencial se calienta por medio del vapor de agua proveniente de la caldera y es desalojado del tejido vegetal mezclándose con el vapor de agua. Después la mezcla de vapor de aceite esencial se hace pasar por una superficie fría donde se condensa obteniéndose en forma líquida, las fases se separan en el vaso florentino, almacenado el aceite esencial obtenido dentro de un frasco, midiendo el peso y volumen total del aceite.



## 4. RESULTADOS

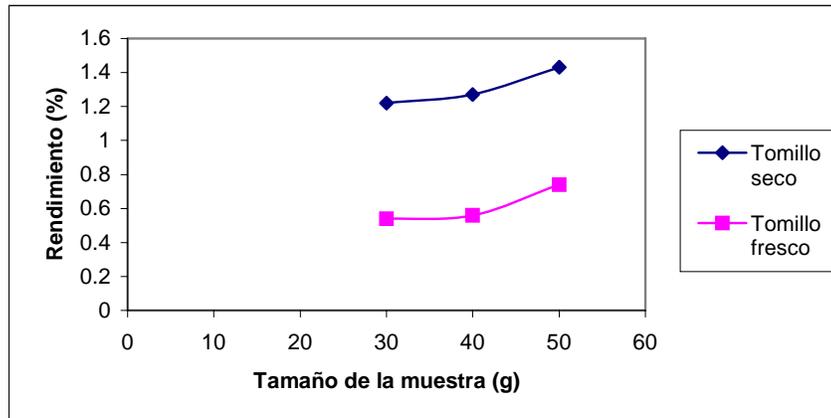
Se obtuvo mayor porcentaje de rendimiento de aceite esencial crudo de tomillo utilizando la materia prima seca, con un tamaño de lote de 50 gramos y el método de extracción por arrastre con vapor a nivel laboratorio.

**Tabla VI** Rendimiento del aceite esencial crudo de tomillo (*thymus vulgaris L.*) por nivel y lote.

Nivel	Tamaño de la muestra	Tomillo	Porcentaje de rendimiento (%)		
			R1	R2	R3
Laboratorio	30 gramos	Seco	1.136	1.228	1.289
		Fresco	0.550	0.611	0.459
Laboratorio	40 gramos	Seco	1.273	1.158	1.389
		Fresco	0.457	0.686	0.526
Laboratorio	50 gramos	Seco	1.329	1.552	1.403
		Fresco	0.828	0.736	0.644
Planta piloto	3175 gramos	Seco	0.606	0.664	0.578
		Fresco	0.148	0.131	0.156

FUENTE: Sección de datos calculados

**Figura 1** Rendimiento del aceite esencial crudo de tomillo (*thymus vulgaris* L.) extraído a nivel laboratorio utilizando el método de extracción por arrastre con vapor



FUENTE: Sección, datos calculados

**Tabla VII** Propiedades fisicoquímicas del aceite esencial crudo de tomillo a 24°C

Tamaño del lote	Tomillo	Densidad promedio (g/mL)	Índice de refracción promedio
30 gramos	Seco	0.921	1.495
	Fresco	0.917	1.496
40 gramos	Seco	0.926	1.495
	Fresco	0.914	1.497
50 gramos	Seco	0.923	1.496
	Fresco	0.92	1.50
7 libras	Seco	0.917	1.495
	Fresco	0.903	1.494

FUENTE: Sección, datos originales

**Tabla VIII** Perfil cromatográfico del aceite esencial crudo de tomillo seco a nivel laboratorio

<b>Tiempo de retención</b>	<b>Compuesto</b>	<b>Área</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
4.97	Alfa-pineno	3.4308	0.7664
6.84	Mirceno	3.3569	0.7499
9.16	Para-cimeno	67.5821	15.0981
22.13	Linalool	3.4208	0.7642
31.40	Timol	83.4308	18.6387
31.71	Carvacrol	7.4356	1.6611

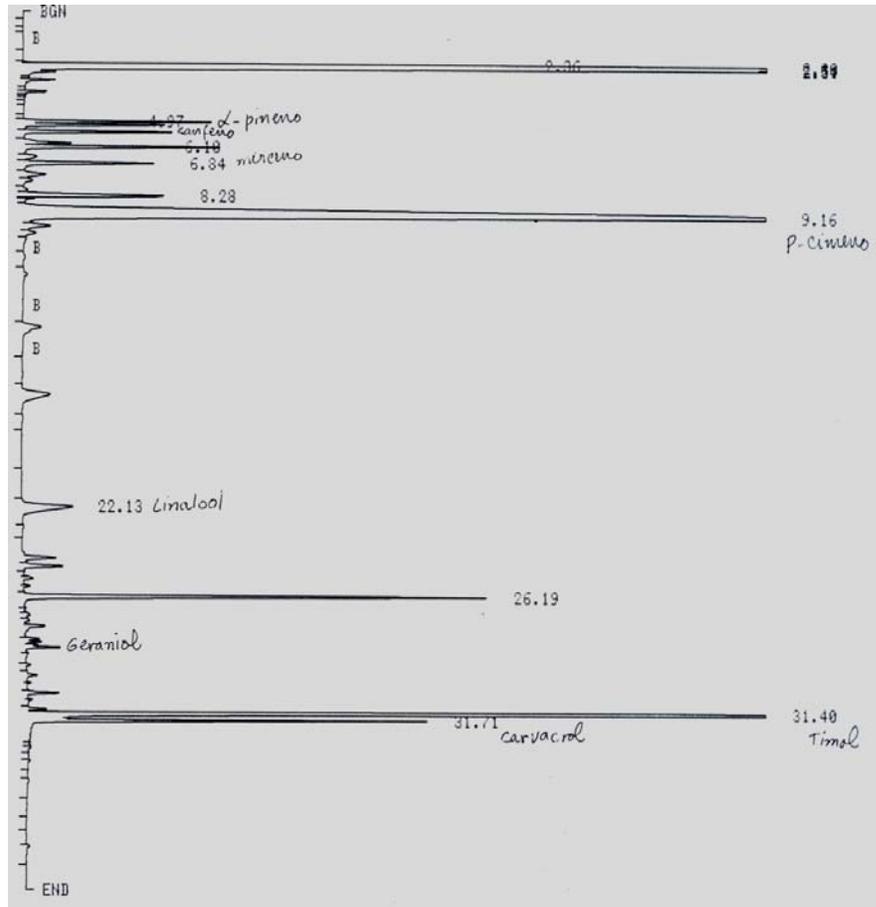
FUENTE: Cromatografía de gases, Escuela de Química, Facultad de Farmacia, USAC

**Tabla IX** Perfil cromatográfico del aceite esencial crudo de tomillo fresco a nivel laboratorio

<b>Tiempo de retención</b>	<b>Compuesto</b>	<b>Área</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
--	Alfa-pineno	--	Menos del 1%
--	Canfeno	--	Menos del 1%
6.99	Mirceno	5.6006	1.3594
9.30	Para-cimeno	95.5355	23.1887
22.27	Linalool	8.4909	2.0609
28.48	Geraniol	5.2479	1.2738
31.42	Timol	174.2830	42.3027
31.73	Carvacrol	16.1819	3.9277

FUENTE: Cromatografía de gases, Escuela de Química, Facultad de Farmacia, USAC

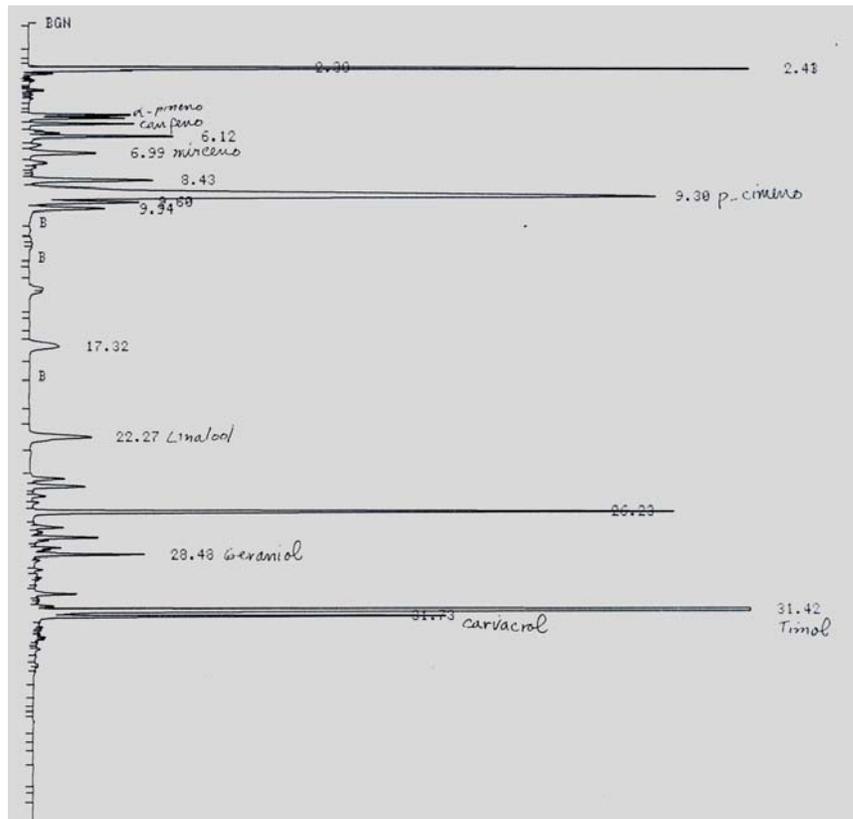
**Figura 2** Cromatograma del aceite esencial crudo de tomillo seco obtenido a nivel laboratorio



METHOD 3	MODIFIED	CALCULATION: %	
RT	AREA	BC	AREA %
2.36	47.4433	T	10.5990
2.38	56.3798	T	12.5954
2.40	138.7283	T	30.9924
2.51	4.3794	T	0.9783
2.54	11.5334	T	2.5766
4.97	3.4308	T	0.7664 <i>α-pineno</i>
6.10	4.2506	T	0.9496 <i>campheno</i>
6.84	3.3569	T	0.7499 <i>mirreano</i>
8.28	4.8840	T	1.0911
9.16	67.5821	T	15.0981 <i>p-cimeno</i>
22.13	3.4208	T	0.7642 <i>Linalool</i>
26.19	11.3633	T	2.5386 <i>Geraniol</i>
31.40	93.4308	T	18.6387 <i>Timol</i>
31.71	7.4356	T	1.6611 <i>Carvacrol</i>

FUENTE: Cromatografía de gases, Escuela de Química, Facultad de Farmacia, USAC

**Figura 3** Cromatograma del aceite esencial crudo de tomillo fresco obtenido a nivel laboratorio



METHOD 3 MODIFIED			CALCULATION: %
RT	AREA	BC	AREA %
2.38	6.9873	T	1.6959
2.41	9.3528	T	2.2701
2.43	20.3834	T	4.9475
6.12	7.2894	T	1.7693
6.99	5.6006	T	1.3594 muscuro
8.43	9.2318	T	2.2407
9.30	95.5355	T	23.1887 p-cimeno
9.60	7.7312	T	1.8765
9.94	6.0195	T	1.4610
17.32	5.7157	T	1.3873
22.27	8.4909	T	2.0609 Linalool
26.23	33.9387	T	8.2377
28.48	5.2479	T	1.2738 Geraniol
31.42	174.2830	T	42.3027 Timol
31.73	16.1819	T	3.9277 carvacrol

15 PEAKS > AREA/HT. REJECT

FUENTE: Cromatografía de gases, Escuela de Química, Facultad de Farmacia, USAC

**Tabla X** Perfil cromatográfico del aceite esencial crudo de tomillo seco a nivel planta piloto

<b>Tiempo de retención</b>	<b>Compuesto</b>	<b>Área</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
5.02	Alfa-pineno	4.7444	1.763
5.48	Canfeno	4.4087	1.638
7.57	Mirceno	4.2983	1.597
9.57	Para-cimeno	77.5169	28.808
22.24	Linalool	3.5476	1.318
31.39	Timol	49.5042	18.397
31.71	Carvacrol	3.0363	1.128

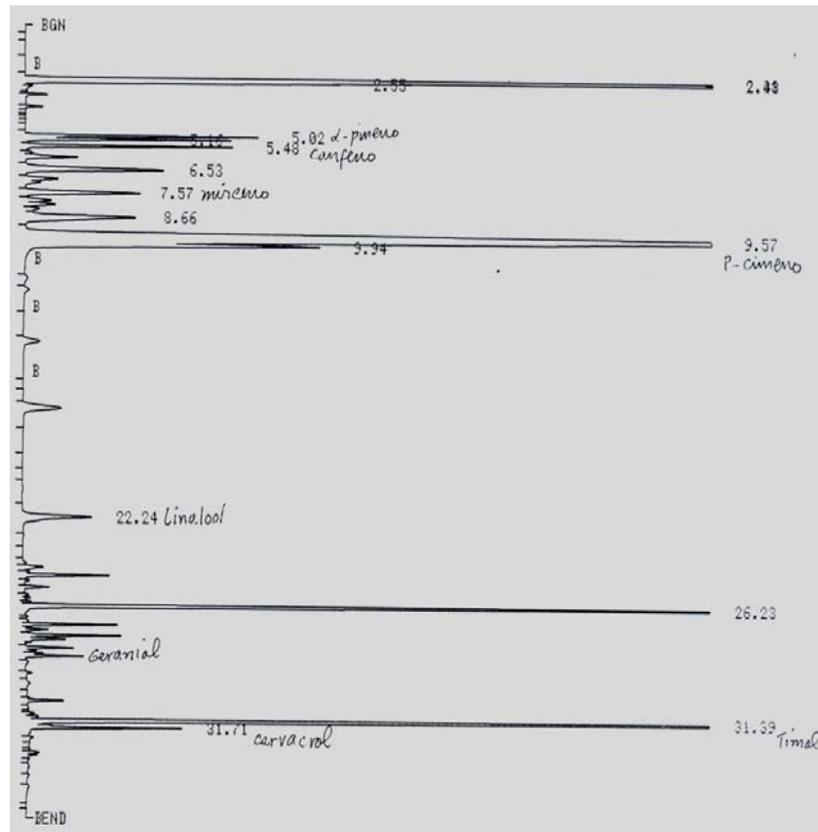
FUENTE: Cromatografía de gases, Escuela de Química, Facultad de Farmacia, USAC

**Tabla XI** Perfil cromatográfico del aceite esencial crudo de tomillo fresco a nivel planta piloto

<b>Tiempo de retención</b>	<b>Compuesto</b>	<b>Área</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
4.99	Alfa-pineno	2.9698	1.1794
5.44	Canfeno	2.9670	1.1783
7.07	Mirceno	4.6944	1.8643
9.34	Para-cimeno	89.2642	35.4504
31.38	Timol	22.2867	8.8509
31.71	Carvacrol	--	Menos de 1%

FUENTE: Cromatografía de gases, Escuela de Química, Facultad de Farmacia, USAC

**FIGURA 4** Cromatograma del aceite esencial crudo de tomillo seco obtenido a nivel planta piloto

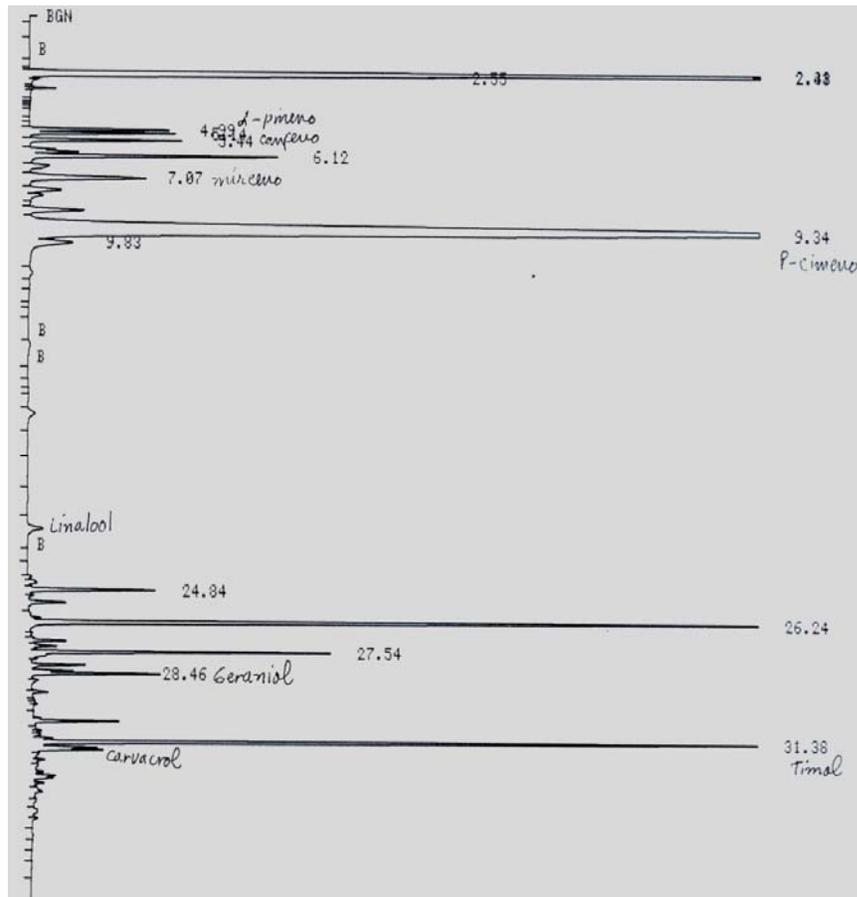


METHOD 3		MODIFIED		CALCULATION: %	
RT	AREA	BC	AREA %		
2.38	13.2206	T	4.9132		
2.41	16.8224	T	6.2518		
2.43	41.9455	T	15.5885		
2.55	3.7021	T	1.3758		
5.02	4.7444	T	1.7632	<i>l-pineno</i>	
5.16	4.1888	T	1.5567		
5.48	4.4087	T	1.6384	<i>campheno</i>	
6.53	5.5676	T	2.0691		
7.57	4.2983	T	1.5974	<i>mirreno</i>	
8.66	6.2261	T	2.3138		
9.57	77.5169	T	28.8092	<i>p-cimeno</i>	
9.94	11.4847	T	4.2681		
22.24	3.5476	T	1.3184	<i>linalool</i>	
26.23	18.8636	T	7.0184		
31.39	49.5042	T	18.3976	<i>Timol</i>	
31.71	3.0363	T	1.1284	<i>carvacrol</i>	

16 PEAKS > AREA/HT REJECT

FUENTE: Cromatografía de gases, Escuela de Química, Facultad de Farmacia, USAC

**FIGURA 5** Cromatograma del aceite esencial crudo de tomillo fresco obtenido a nivel planta piloto

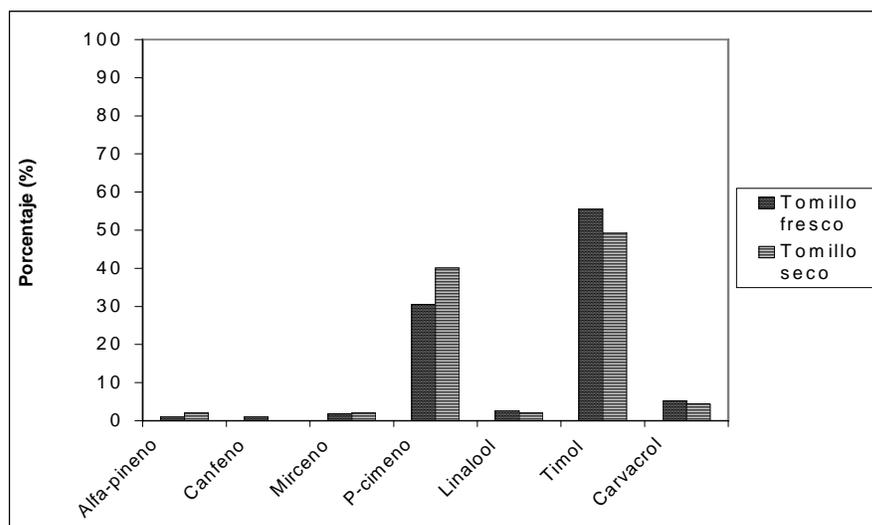


METHOD 3	MODIFIED		CALCULATION: %
RT	AREA	BC	AREA %
2.38	14.1609	T	5.6239
2.41	16.8430	T	6.6890
2.43	50.2549	T	19.9583
2.55	4.4448	T	1.7652
4.99	2.9698	T	1.1794 <i>l-pineno</i>
5.44	2.6407	T	1.0467 <i>campheno</i>
6.12	2.9670	T	1.1783 <i>campheno</i>
7.07	5.8411	T	2.3197 <i>mirceeno</i>
7.07	4.6944	T	1.8643 <i>mirceeno</i>
9.34	89.2642	T	35.4504 <i>p-cimeno</i>
9.83	2.7720	T	1.1008
24.84	2.9184	T	1.1590 <i>linalool</i>
26.24	21.0425	T	8.3568
27.54	6.1143	T	2.4282
28.46	2.5845	T	1.0264 <i>Geraniol</i>
31.38	22.2867	T	8.8509 <i>Timol</i>

16 PEAKS > AREA/HT REJECT

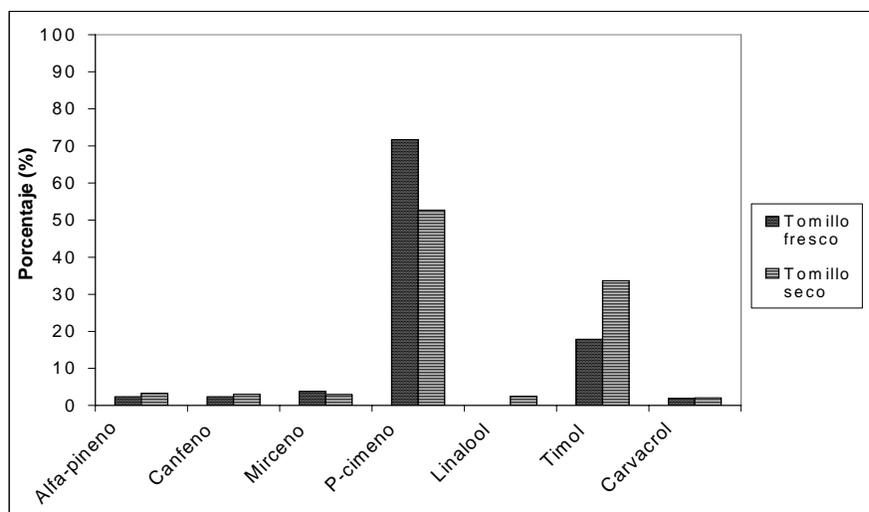
FUENTE: Cromatografía de gases, Escuela de Química, Facultad de Farmacia, USAC

**FIGURA 6** Composición química porcentual del aceite esencial crudo de tomillo (*thymus vulgaris L.*) extraído a nivel laboratorio



FUENTE: Cromatografía de gases, Escuela de Química, Facultad de Farmacia, USAC

**FIGURA 7** Composición química porcentual del aceite esencial de tomillo (*thymus vulgaris L.*) extraído a nivel planta piloto



FUENTE: Cromatografía de gases, Escuela de Química, Facultad de Farmacia, USAC



## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para la extracción de aceite esencial crudo de tomillo se utilizaron dos métodos de extracción por arrastre con vapor de agua diferentes, los cuales son a nivel de laboratorio y a nivel planta piloto. La materia prima utilizada para ambos métodos fue cultivada de un mismo lugar, en Chaquijyá del departamento de Sololá.

En este trabajo se evaluó el rendimiento de la extracción del aceite esencial crudo de tomillo (*thymus vulgaris L*) fresco y seco, así como para ambos métodos, debido a la importancia que éstos tienen en este tipo de procesos. También se evaluó la calidad del aceite por medio de la cromatografía de gases.

Es importante mencionar que el tomillo fresco se sometió a un proceso de secado por medio de un secador solar en marcos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, durante semana y media. Para dicho proceso hay que utilizar el menor tiempo de secado posible (tiempo óptimo) porque de lo contrario se puede perder aceite esencial por evaporación.

La extracción a nivel laboratorio se realizó variando dos características del proceso: el estado de la materia prima (tomillo seco y fresco) y el tamaño de muestra a utilizar en la extracción, siendo los tamaños de muestra de 30, 40 y 50 gramos, mientras que a nivel planta piloto se dejó constante el tamaño de muestra: 3175 gramos y se varió el estado de la materia prima (tomillo seco y fresco). El tiempo necesario para la extracción fue de 2 horas para cada unidad experimental, ya que este tiempo es el recomendado por los profesionales de farmacología para la extracción de aceites esenciales de flores, hojas y frutos de plantas medicinales.

En los métodos de extracción a nivel laboratorio y planta piloto se utilizó hexano como solvente para recibir la mezcla de aceite esencial crudo con agua proveniente del condensador. El hexano atrapa un porcentaje muy grande de aceite de la mezcla condensada, separándolo por completo del agua y evitando grandes pérdidas de aceite en el hidrolato. Se eligió como solvente el hexano, debido a que es insoluble en agua y muy soluble en el aceite esencial crudo de tomillo.

Luego de extraer dicho aceite se caracterizó fisicoquímicamente, por medio de la densidad y del índice de refracción. Según la literatura el aceite esencial tiene una gran heterogeneidad en cuanto a sus componentes, tiene una densidad de 0.910-0.935 y un índice de refracción 1.4950-1.5050. La densidad promedio tanto a nivel laboratorio como a nivel planta piloto son muy cercanas a las proporcionadas por la bibliografía. La diferencia de la densidad de los aceites obtenidos por los dos métodos se debe a la diferencia entre la cantidad presente de componentes volátiles del aceite esencial.

La propiedad química que se determinó fue la composición del aceite. Se realizó una cromatografía de gases a una muestra obtenida con cada método y con cada porcentaje de humedad, con el fin de determinar la calidad del aceite obtenido y las variaciones en los componentes para cada método utilizado. Se pudo determinar que por ambos métodos se obtienen aceites esenciales con composiciones muy parecidas, variando muy poco el área bajo la curva.

Los rendimientos de las extracciones para los dos métodos son diferentes. En la figura 1 de la sección de resultados que corresponde a las extracciones a nivel laboratorio se observa que se tienen mayores rendimientos en las extracciones cuando se usa tomillo seco y cuando aumenta el tamaño de muestra. Por lo que el mayor rendimiento se obtuvo en el tamaño de muestra de 50 gramos. Esto se debió a que el sistema de condensación a nivel laboratorio es más eficiente, de manera que se facilita la condensación los vapores ricos en los componentes del aceite.

Conforme se aumenta el tamaño de la materia prima, el rendimiento aumenta, esto se debe a que hay más materia prima, por lo que hay más área de contacto, haciendo esto aumentar el rendimiento. Pero llega un punto en que el rendimiento disminuye al aumentar el tamaño del lote, esto se debe a que se impide el paso al vapor y a la disminución del área superficial de contacto entre el vapor y la materia prima. Al realizar la extracción, conforme avanza el tiempo, el rendimiento es mayor, debido a que hay mayor tiempo de contacto entre la materia prima y el vapor, pero llega un momento en que se agota la materia prima y el tiempo empieza a ser constante.



## CONCLUSIONES

1. El rendimiento del aceite esencial crudo de tomillo depende del porcentaje de humedad y del tamaño de lote de materia prima que se utilice en el método de extracción por arrastre con vapor.
2. El rendimiento del aceite esencial obtenido es mayor a nivel laboratorio que a nivel planta piloto.
3. Conforme avanza el tiempo de extracción, el rendimiento es mayor, debido a que hay mayor tiempo de contacto entre la materia prima y el vapor, pero llega un momento en que se agota la materia prima y el tiempo empieza a ser constante.



## RECOMENDACIONES

1. Realizar pruebas para analizar las propiedades farmacológicas del aceite esencial crudo de tomillo (*thymus vulgaris L.*)
2. Después de transcurrir la media hora de extracción del aceite esencial, hay que realizar una reacomodación de la materia prima.
3. Elegir un tiempo de extracción apropiado de manera que se extraigan desde los componentes más livianos hasta los más pesados, para así obtener datos confiables respecto a la composición química del aceite esencial.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Font P. Quest. **Plantas medicinales**. Novena edición. España: Editorial Alson, 1985. 5-10 pp.
2. Ramón Benjamín Piedrasanta Batz. **Extracción del aceite esencial de romero**. Tesis Ing. Química. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 7, 9-12, 17, 23-25pp.
3. <http://www.portaldelmilenio.com.ar/editorial/aceites>. Guatemala, marzo de 2004
4. Francisco Khalil De León Barrios. **Extracción de aceite de nuez de macadamia**. Tesis Ing. Química. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 15-19pp.
5. [http://www.cosmobelleza.com/paginas/informacion/articulos\\_tecnicos/articulo\\_tecnico\\_1007.asp](http://www.cosmobelleza.com/paginas/informacion/articulos_tecnicos/articulo_tecnico_1007.asp). Guatemala, marzo de 2004
6. Diana Hernández Yela. **Comparación del rendimiento del aceite esencial de la *Matricaria courrantiana* (N.C. Manzanilla) y la *Matricaria recutita* (N.C. Manzanilla), cultivadas en el Departamento de Sololá; obtenido por los métodos de hidrodestilación y maceración**. Tesis Ing. Química. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002. 11-21 pp.
7. Mildred Carmina López Orizabal. **Extracción y caracterización preliminar del aceite esencial del protium copal a nivel laboratorio**. Tesis Ing. Química. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 8-11pp.
8. Gabriel Martir Solís Xicará. **Elaboración de los manuales de seguridad, operación y mantenimiento del equipo de la planta piloto de extracción destilación de aceites esenciales de plantas medicinales instalado en la escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala**. Tesis Ing. Químico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1991. 18-75 pp.
9. Humberto Ortiz Amiel. **La Producción de Aceites Esenciales en Guatemala y sus Posibilidades de Ensanchamiento**. Tesis Ing. Agrónomo. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 1959. 17-25 pp.

10. Armando Cáceres, **Plantas de uso medicinal en Guatemala**, (Guatemala: Editorial Universitaria Dirección General de Extensión, 1996), pp. 259-360.
11. [http://www.zonaverde.net/f\\_thymusvulgaris.htm](http://www.zonaverde.net/f_thymusvulgaris.htm). Guatemala, marzo de 2004
12. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, **Marco Cuantitativo de la Agricultura Guatemalteca**, Guatemala, 1950-1999. 32-33, 229-230, 258, 260pp.
13. María de los Angeles Pernilla de León. **Extracción y determinación del rendimiento de aceite esencial de *ocimum basilicum* (albahaca) en función de la estación de recolección y del tamaño de lote obtenidos por medio de arrastre con vapor a nivel laboratorio**. Tesis Ing. Químico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002. 15-17 pp.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONCYT, Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología, SENACYT, Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, FONACYT, **Obtención y caracterización de aceite esencial de 4 plantas medicinales cultivadas a diferentes niveles altitudinales de Guatemala**”, Investigador principal: Inga. Telma Maricela Cano Morales, Proyecto No. 77-00. Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, 2002.
2. **Diario de Centroamérica**, SAC, Sistema Arancelario Centroamericano, Guatemala, 1998. 27-28pp.
3. Hernández López, Mischael, Comparación de los rendimientos de los métodos de arrastre con vapor directo y arrastre con vapor directo aplicando maceración a nivel planta piloto, en la extracción de aceite esencial de albahaca. Tesis Ingeniero Químico. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2002
4. Programa Universitario en Investigación y Desarrollo Industrial (PUIDI), **Obtención y caracterización del aceite esencial de tomillo (*thymus vulgaris* L.) cultivado en Guatemala, utilizado en diversidad de productos farmacéuticos**, Coordinadora Inga. Telma Maricela Cano Morales, Proyecto No. 6-20, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Ejecutado 2001.
5. Sandoval Arana, Jonathan Iván, **Evaluación del rendimiento en la extracción del aceite esencial de la hoja de orégano (*lippia graveolens*), variando el tamaño de muestra y aplicando los métodos de arrastre con vapor e hidrodestilación a nivel laboratorio**. Tesis Ingeniero Químico. Guatemala. Universidad de San Carlos. 1999.
6. <http://www.portaldelmilenio.com.ar/editorial/aceites>. Guatemala, marzo de 2004
7. [www.ucm.es/info/vegetal/AVB/etnobotanicaa.htm](http://www.ucm.es/info/vegetal/AVB/etnobotanicaa.htm). Guatemala, marzo de 2004
8. <http://www.realessencesoflife.com/spanish/aroms.html>. Guatemala, marzo de 2004
9. <http://www.alimentosnet.com.ar/trabajos/sanchez%20edwards/ACEITES%20ESECI ALES.doc>. Guatemala, marzo de 2004
10. <http://www.members.tripod.com/aromaticas/Plantas.html>. Guatemala, marzo de 2004



## APÉNDICE

### DATOS ORIGINALES

**Tabla XII** Cantidad de masa recuperada aceite esencial crudo de tomillo (*thymus vulgaris L.*)

Tamaño de la muestra	Tomillo	Masa de aceite recuperado (g)		
		R1	R2	R3
30 gramos	Seco	0.341	0.368	0.387
	Fresco	0.165	0.183	0.138
40 gramos	Seco	0.509	0.463	0.556
	Fresco	0.183	0.274	0.210
50 gramos	Seco	0.665	0.776	0.701
	Fresco	0.414	0.368	0.322
3175 gramos	Seco	19.257	21.091	18.340
	Fresco	4.696	4.154	4.967

**Tabla XIII** Propiedades fisicoquímicas promedio del aceite esencial crudo de tomillo (*thymus vulgaris L.*) a 24°C

Tamaño de la muestra	Tomillo	Densidad promedio (g/mL)	Índice de refracción
30 gramos	Seco	0.921	1.495
	Fresco	0.917	1.496
40 gramos	Seco	0.926	1.495
	Fresco	0.914	1.497
50 gramos	Seco	0.923	1.496
	Fresco	0.920	1.50
3175 gramos	Seco	0.917	1.495
	Fresco	0.903	1.494

## MUESTRA DE CÁLCULO

### 1. Cálculo del rendimiento del aceite esencial crudo de tomillo

$$R (\%) = \frac{\text{masa de aceite}}{\text{masa de materia prima}} * 100\%$$

**Ejemplo 1** Al tomar como referencia el dato a nivel laboratorio (30 gramos de tomillo seco) correspondiente a la primera repetición.

$$R (\%) = \frac{0.341}{30} * 100\% = 1.136$$

**2. Cálculo del rendimiento promedio del aceite esencial crudo de tomillo:**

$$R_{\text{PROM}} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3}$$

**Ejemplo 2** Al tomar como referencia los datos a nivel laboratorio (30 gramos de tomillo seco)

$$R_{\text{PROM}} = \frac{1.136 + 1.228 + 1.289}{3} = 1.218$$

**DATOS CALCULADOS**

**Tabla XIV** Rendimientos del aceite esencial crudo de tomillo extraído a nivel laboratorio y planta piloto.

		Rendimiento del aceite esencial crudo (%)			
Tamaño de la muestra	Tomillo	R1	R2	R3	Rendimiento promedio (%)
<b>30 gramos</b>	Seco	1.136	1.228	1.289	1.218
	Fresco	0.550	0.611	0.459	0.540
<b>40 gramos</b>	Seco	1.273	1.158	1.389	1.273
	Fresco	0.457	0.686	0.526	0.556
<b>50 gramos</b>	Seco	1.329	1.552	1.403	1.428
	Fresco	0.828	0.736	0.644	0.736
<b>3175 gramos</b>	Seco	0.606	0.664	0.578	0.616
	Fresco	0.148	0.131	0.156	0.145

FUENTE: Sección Muestra de cálculo