



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

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL  
DE HINOJO (*Foeniculum vulgare Miller*) PROCEDENTE DE  
DOS NIVELES ALTITUDINALES DE GUATEMALA**

**Marlon Alberto Santos Carrillo**

Asesorado por la Inga. Telma Maricela Cano Morales

Guatemala, abril de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL  
DE HINOJO (*Foeniculum vulgare Miller*) PROCEDENTE DE  
DOS NIVELES ALTITUDINALES DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MARLON ALBERTO SANTOS CARRILLO**

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, ABRIL DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>DECANO</b>     | <b>Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos</b>  |
| <b>VOCAL I</b>    |   |
| <b>VOCAL II</b>   | <b>Lic. Amahán Sánchez Álvarez</b>      |
| <b>VOCAL III</b>  | <b>Ing. Julio David Galicia Celada</b>  |
| <b>VOCAL IV</b>   | <b>Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz</b>   |
| <b>VOCAL V</b>    | <b>Br. Elisa Yazminda Vides Leiva</b>   |
| <b>SECRETARIA</b> | <b>Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas</b> |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>DECANO</b>     | <b>Ing. Sydney Alexander Samuels Milson</b> |
| <b>EXAMINADOR</b> | <b>Ing. Orlando Posadas Valdez</b>          |
| <b>EXAMINADOR</b> | <b>Ing. César Alfonso García</b>            |
| <b>EXAMINADOR</b> | <b>Ing. Manuel Gilberto Galván Estrada</b>  |
| <b>SECRETARIO</b> | <b>Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco</b>   |

## **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 DE ACEITE ESENCIAL DE HINOJO (*Foeniculum vulgare Miller*) PROCEDENTE DE DOS NIVELES ALTITUDINALES DE GUATEMALA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, el 16 de octubre de 2003.

Marlon Alberto Santos Carrillo

## **DEDICATORIA**

- A DIOS** Por ser el guía espiritual de mi vida y permitirme dar este paso tan importante.
- A MIS PADRES** Por el gran apoyo y cariño que me han brindado durante toda mi vida.
- A MIS HERMANOS** Héctor Arnoldo, Karla Elizabeth y María José, con mucho cariño y que este logro sea un ejemplo para su superación personal.
- A MI FAMILIA EN GENERAL** Con afecto sincero.
- A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS** Por su amistad y apoyo hasta lograr la meta trazada.

## **AGRADECIMIENTO**

### **A DIOS**

Por regalarme la vida, la oportunidad de salir adelante y ser un profesional.

### **A MIS PADRES**

Por el sacrificio realizado durante todo este tiempo, y lograr mi desenvolvimiento dentro del campo profesional.

### **A LA INGA. TELMA CANO**

Por su asesoría, apoyo y buenos consejos durante la realización de este trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

|  |             |
|--|-------------|
| <b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>                  | <b>III</b>  |
| <b>GLOSARIO.....</b>                                 | <b>V</b>    |
| <b>RESUMEN.....</b>                                  | <b>VII</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>                             | <b>IX</b>   |
| <b>JUSTIFICACIÓN.....</b>                            | <b>XI</b>   |
| <b>OBJETIVOS.....</b>                                | <b>XIII</b> |
| <b>HIPÓTESIS.....</b>                                | <b>XV</b>   |
| <b>ANTECEDENTES.....</b>                             | <b>XVII</b> |
| <b>1. ACEITES SENCIALES.....</b>                     | <b>1</b>    |
| 1.1 Utilización en medicina.....                     | 4           |
| 1.2 Los aceites fijos.....                           | 5           |
| 1.3 En el vegetal cumplirán varias funciones.....    | 7           |
| 1.4 Clasificación.....                               | 9           |
| 1.5 Empleo de los aceites esenciales.....            | 11          |
| 1.6 Toxicidad de los aceites esenciales.....         | 13          |
| 1.7 Aprovechamiento.....                             | 17          |
| 1.8 Métodos de extracción de aceites esenciales..... | 18          |
| <br>   |             |
| <b>2. HINOJO.....</b>                                | <b>29</b>   |
| 2.1 Descripción botánica.....                        | 29          |
| 2.2 Datos agronómicos.....                           | 29          |
| 2.3 Contradicciones reportadas en literatura.....    | 30          |
| 2.4 Procedencia.....                                 | 30          |

|   |    |
|---|----|
| 2.5 Composición.....  | 30 |
| 2.6 Indicaciones.....   | 30 |
| 2.7 Farmacología.....   | 31 |
| 2.8 Farmacognosia.....  | 31 |
| 2.9 Conservación.....   | 33 |
| 2.10 Aceites de hinojo.....                                     | 33 |
| 2.11 Características Etnoculinarias.....                        | 34 |
| 2.12 Composición química.....                                   | 35 |
| 2.13 Composición del aceite esencial de frutos y semillas ..... | 36 |
| 2.14 Envejecimiento del aceite esencial.....                    | 39 |
| 2.15 Usos de la planta de hinojo en Guatemala.....              | 39 |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| <b>METODOLOGÍA.....</b>             | <b>43</b> |
| <b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....</b>    | <b>47</b> |
| <b>RESULTADOS.....</b>              | <b>49</b> |
| <b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b> | <b>63</b> |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>            | <b>69</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>         | <b>71</b> |
| <b>APÉNDICE.....</b>                | <b>73</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>            | <b>81</b> |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| 1. Arrastre con vapor húmedo.....   | 27 |
| 2. Arrastre con vapor seco.....   | 27 |
| 3. Equipo de destilado.....   | 29 |
| 4. Fotografía de planta de Hinojo.....  | 35 |
| 5. Porcentaje de aceite obtenido con relación al nivel altitudinal del que procede la planta.....                       | 58 |
| 6. Índice de refracción del aceite esencial obtenido al nivel altitudinal del que procede la planta.....                | 59 |
| 7. Densidad con relación al nivel altitudinal del que procede la planta.....  | 60 |
| 8. Análisis de cromatografía de gases del aceite esencial obtenido de la planta de hinojo procedente de 2,000 msnm..... | 61 |
| 9. Análisis de cromatografía de gases del aceite esencial obtenido de la planta de hinojo procedente de 2,400 msnm..... | 62 |

### TABLAS

|   |    |
|---|----|
| I. Porcentaje de los distintos aceites encontrados en las diferentes partes de la planta..... | 43 |
| II. Porcentaje de los componentes encontrados en las distintas partes de la planta.....       | 44 |
| III. Componentes volátiles del aceite de hinojo dulce en el último                            |    |

|   |    |
|---|----|
| estado de formación del fruto.....  | 45 |
| IV. Análisis de varianza para la clasificación unilateral .....   | 54 |
| V. Porcentaje de aceite esencial obtenido de los distintos niveles<br>altitudinales estudiados.....                                 | 55 |
| VI. Índice de Refracción determinado para el aceite esencial<br>extraído de los dos distintos niveles altitudinales estudiados..... | 56 |
| VII. Densidades determinadas para el aceite esencial<br>extraído de los dos distintos niveles altitudinales<br>estudiados.....      | 57 |
| VIII. Datos Originales.....   | 74 |
| IX. Andeva para porcentaje de aceite obtenido.....  | 75 |
| X. Continuación de andeva para porcentaje de aceite obtenido.....   | 76 |
| XI. Andeva para índice de refracción.....   | 77 |
| XII. Continuación de Andeva para índice de refracción.....  | 78 |
| XIII. Andeva de la Densidad.....  | 79 |
| XIV. Continuación para Andeva de la densidad.....   | 80 |

## GLOSARIO

**Aromaterapia:**

Es el uso de esencia orgánica procedentes de aromáticas con fines curativos y para el mantenimiento de la vitalidad. Utilización medica de los aceites esenciales.

**Carminativa:**

Medicamento que favorece la expulsión de los gases desarrollados en el sistema digestivo.

**Cromatografía:**

Método de análisis químico para la separación de los componentes de una mezcla, por distribución entre dos fases, una estacionaria y otra móvil, que en un principio se utilizó para separar sustancias coloreadas.

**Dispepsia:**

Enfermedad crónica caracterizada por la digestión laboriosa e imperfecta.

**Espasmolítico:**

Relativo a una sustancia que combate la flatulencia y la distensión abdominal.

**Extracción:**

Método de separación que puede ser líquido-líquido, o sólido-sólido.

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Solubilidad:</b>         | Capacidad que tiene un compuesto de disolverse en otro; tener similitud estructural en sus moléculas.   |
| <b>Sustancia Insoluble:</b> | Que no puede disolverse ni diluirse.  |
| <b>Tratamientos:</b>        | Modo de trabajar ciertas materias para su transformación.   |
| <b>Terpenos:</b>            | Nombre común a ciertos hidrocarburos que se encuentran en los aceites esenciales que son volátiles, obtenidos de plantas, principalmente de las coníferas y de los frutos cítricos. |

## RESUMEN

Guatemala es un país agrícola, posee una gran diversidad de cultivos, los cuales se pueden aprovechar para ingresar en la industria de la extracción de componentes útiles, como lo son los aceites esenciales, los cuales poseen un amplio mercado nacional como internacional; dentro de estos mercados tienen un excelente valor, ya que con ellos se puede realizar la elaboración de distintos productos como son: jabón, medicinas, perfumes y otras aplicaciones en aromaterapia e industria alimentaria.

Para lograr obtener un aceite esencial de calidad se deben cuidar varios factores desde su siembra, corte y secado; dependiendo del lugar donde se realice la siembra, podría ser que las propiedades del aceite cambiaran así, después de realizado el corte de la planta se debe cuidar que ésta cumpla con ciertos factores, como evitar la demasiada exposición a los rayos ultravioleta del sol, para que no se pierda en este período de tiempo cantidades significativas de aceite esencial y también, es de vital importancia el proceso de secado de la planta para finalmente extraerle el aceite esencial.

Se utilizaron dos métodos de extracción, a nivel planta piloto por medio de arrastre con vapor y a nivel laboratorio por medio de un neoclevenger, se le realizó la extracción a plantas de Hinojo (*Foeniculum Vulgare Miller*) proveniente de dos niveles altitudinales del departamento de Huehuetenango.

El aceite esencial obtenido se sometió a distintas pruebas fisicoquímicas para poder determinar sus características, y así llevar a cabo comparaciones entre cada planta, de diferente nivel altitudinal, se le realizó la cromatografía de gases, índice de refracción y densidad.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los componentes importantes que contienen las plantas es el aceite esencial, y se presenta el siguiente estudio con el propósito de contribuir a la investigación, sobre el rendimiento de aceite esencial en la planta de Hinojo (*Foeniculum vulgare Miller*), el cual tiene como objetivo evaluar el porcentaje de rendimiento de la planta de Hinojo (seco), proveniente de dos municipios: Santa Eulalia (2400msnm) y Chiantla (2000msnm), ambos municipios del departamento de Huehuetenango.

Se realizaron extracciones a nivel laboratorio por medio de un Neoclevenger, por el método de Arrastre con vapor en caldillo y a nivel planta piloto, por medio del método de arrastre con vapor, utilizando un período de extracción de dos horas y utilizando hexano como solvente para el aceite esencial.

Finalmente, se caracterizó por medio de pruebas de densidad, cromatografía de gases y se evaluó el porcentaje de rendimiento de aceite esencial de hinojo.



## JUSTIFICACIÓN

Guatemala posee una gran diversidad de cultivos, de algunos de éstos se extrae aceite esencial para utilizarlos como materias primas en la manufactura de distintos productos, como jabones, perfumes, medicinas y en la industria alimentaria.

Los aceites esenciales son producto de alto valor en el mercado, por lo que al implementar la instalación de plantas extractoras de los mismos, ayudaría a generar nuevos ingresos económicos para el país, ampliándose así esta industria, que daría la oportunidad de nuevas fuentes de trabajo, contribuyendo al desarrollo del país.

Debido a esto, es importante investigar sobre la obtención y aprovechamiento del aceite esencial de hinojo, para contribuir con la industria de extractos de las plantas en Guatemala.



# OBJETIVOS

## General

Extraer y caracterizar el aceite esencial de Hinojo (*Foeniculum vulgare Miller*), a nivel laboratorio y a nivel planta piloto.

## Específicos

1. Evaluar el rendimiento de extracción del aceite esencial de hinojo.
2. Comparar el rendimiento de aceite esencial, obtenido a nivel laboratorio con el obtenido a nivel planta piloto.
3. Comparar el porcentaje de rendimiento del aceite esencial de hinojo, procedente de dos distintas altitudes.



## HIPÓTESIS

El rendimiento de la extracción del aceite de Hinojo (*Foeniculum vulgare Miller*), estará determinado en función de la altitud del lugar en que fue sembrada la planta.

### HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

H<sub>0</sub>: no existe variación significativa en los porcentajes de rendimientos del aceite esencial, obtenidos del hinojo (*Foeniculum vulgare Miller*) seco a partir de dos niveles altitudinales de siembra de la planta, utilizando el método de destilación por arrastre de vapor, haciendo pruebas a nivel planta piloto y a nivel laboratorio.

$$H'_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$$

H<sub>1</sub>: existe diferencia significativa en el rendimiento de aceite esencial de Hinojo (***Foeniculum vulgare Miller***), dependiendo de la altitud de siembra de la planta utilizando el método de destilación por arrastre de vapor, haciendo pruebas a nivel planta piloto y a nivel laboratorio

$$H'_1: \alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3 \neq 0$$



## ANTECEDENTES

La extracción de aceite esencial se remonta a varios años atrás. Dicho proceso en el transcurso del tiempo ha mejorado sus métodos utilizando tecnología más avanzada, la cual facilita el tratamiento haciéndolo más fácil y productivo. En Guatemala se cuenta con algunas industrias de aceite esencial que se encuentran en un ascendente proceso de actualización, las cuales son capaces de competir con países como México, ya que la mayoría de ellas necesitan aún un mayor crecimiento para competir con países más avanzados.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se han realizado varios estudios relacionados con el proceso extracción de aceite esencial de distintas plantas:

1. Chanquin Jocol, Nelson Emilio. Comparación del rendimiento de aceite esencial de *Lippia alba* en el laboratorio con el extraído en la planta piloto y propuesta de escalonamiento a nivel industrial. Tesis ingeniero Químico. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 1995., pp 30-45.

2. Monzón Castellanos, Ronald Giovanni. Evaluación del rendimiento de aceite esencial de naranja agria (*Citrus aurantium*) en función del tamaño de partícula y el tamaño de muestra por el método de arrastre de vapor. Tesis ingeniero Químico. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 1998., pp 20-40.
3. Ortiz, Sergio. La producción de aceite esencial en Guatemala y sus posibilidades de ensanchamiento. Guatemala. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1997. pp 26-35.
4. Sandoval Arenas, Jonathan. Evaluación del rendimiento en la extracción de aceite esencial de la hoja de Orégano (*Lippia Gravedens*) 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 de Guatemala, Facultad de ingeniería. 1999. pp 45-60.

## 1. ACEITES ESENCIALES

Los aceites esenciales son concentrados aceitosos que se extraen por medio de algún proceso de las hojas, flores, semillas, corteza, raíces o frutos de diversas plantas; generalmente se evaporan al contacto con el aire, por lo que también son conocidos como aceites volátiles. La mayor parte de los aceites esenciales se obtienen de plantas a través de procesos de extracción por arrastre con vapor. Los aceites esenciales tienen una enorme cantidad de usos y se obtienen tanto de plantas cultivadas como de plantas silvestres. FAO (1998) estima que existen alrededor de 3,000 aceites esenciales conocidos a nivel mundial, de los cuales aproximadamente el 10% tienen importancia comercial. La mayoría de los aceites se usan en cosméticos, masajes, aromaterapia, artesanías o en productos de limpieza; otros son usados como repelentes de insectos tanto para el hombre como para el ganado, y en medicina se aplican en el tratamiento de una amplia diversidad de afecciones (Thomas and Schumann, 1992).

Se trata de sustancias líquidas, aromáticas y volátiles situadas en cualquier parte del vegetal, (cavidades, células, pelos o canales secretores) conformadas por un grupo heterogéneo de sustancias orgánicas (alcoholes, aldehídos, ésteres, cetonas, etc.). Las esencias pueden ser producidas por tejidos secretorios, mientras que en otros casos se encuentran como enlace glucosídico en el interior de la planta

como ocurre con la valeriana, en la que sólo aparece el aroma al secarse la raíz y no en estado fresco.

En general los aceites esenciales se obtienen a través del mecanismo de extracción en corriente de vapor o por expresión del material vegetal, mientras que en otras ocasiones, como sucede con las coníferas, oxidan ellas mismas sus esencias dando lugar a las llamadas resinas. A temperatura normal se caracterizan por ser incoloros o amarillentos (salvo el de la manzanilla que es azulado por la presencia de camazulenos), insolubles en agua pero solubles en disolventes orgánicos apolares o en alcohol de alta graduación, lipófilos y con un índice de refracción elevado.

La densidad de los aceites esenciales suele ser inferior a la del agua, salvo los de canela, clavo de olor y sazafrás, con una densidad superior a la unidad. Los contenidos en aceite esencial no suelen superar el 1% en la mayoría de los casos. Una excepción la constituye el clavo de olor (botón floral de *Eugenia caryophyllus*) cuyo contenido puede superar al 15%.

Los órganos que los contienen pueden ser diferentes según del vegetal que se trate. Por ejemplo en la raíz y rizomas encontramos los de cúrcuma, vetiver y jengibre; en el fruto los del anís, hinojo y enebro; en la semilla la mostaza; en la corteza la canela; en el leño el alcanfor y sazafrás; en las sumidades floridas la menta, tomillo, lavanda y romero; en las flores la manzanilla, jazmín, rosas; en las hojas el eucalipto, menta, laurel y boldo.

Los aceites esenciales se han usado desde la antigüedad para tratar enfermedades, en productos de belleza, adoración a varios dioses y hasta en el proceso de momificación. Estos maravillosos aceites poseen muchas propiedades beneficiosas. Cada aceite tiene una identidad, un aroma y unas características propias.

Cuando los aceites se mezclan unos con otros también se están mezclando sus beneficios. Algunas veces al mezclar aceites con propiedades diferentes estamos causando reacciones químicas en los aceites. Las mezclas de aceites pueden enriquecer algunas propiedades o producir nuevas características.

En la antigüedad se llamaban la quinta esencia de las plantas y los alquimistas los usaban en medicinas. Los aceites son altamente concentrados y literalmente representan la vida de la planta, la energía esencial de la planta. Son muy volátiles, no grasosos y pueden ser afectados fácilmente por la luz y la temperatura.

Las esencias son sustancias volátiles, olorosas, poco solubles en agua, extraídas de algunos vegetales; subproducto del metabolismo secundario de determinadas plantas. Las esencias se llaman también aceites etéreos, esenciales o volátiles; en su mayoría son insolubles en agua pero fácilmente solubles en alcohol, éter, aceites vegetales y minerales. Su composición química es variadísima, siendo en general hidrocarburos de la serie de los terpenos, sesquiterpenos y sus alcoholes, ésteres, aldehídos, cetonas, etc. Algunos de ellos son de cadena abierta o cíclica.

Los aceites esenciales se componen principalmente de los citados terpenos. Estos se definen como productos volátiles, generalmente mezclados con otras sustancias, presentes en los aceites volátiles de origen vegetal y oleorresinas, como la trementina. Son generalmente insolubles en el agua. La mayoría tienen olor agradable y se usan en perfumería y medicina.

La acumulación de estos aceites se realiza en determinados tejidos, en el interior de las células, en espacios intercelulares, o bajo la epidermis de los pelos.

Químicamente, se trata de mezclas muy complejas. Su extracción se realiza sobre plantas frescas o desecadas, utilizando arrastre con vapor de agua u otras técnicas, como presión o absorción mediante grasas en perfumería, por extracción con solvente.

### **1.1 Utilización en medicina**

En medicina se utilizan aceites esenciales como el mentol o alcanfor, utilizados en los linimentos, los cuales también pueden formularse mediante mezclas de otros productos esenciales, como la menta, romero, trementina, etc. Estas esencias son aprovechadas para aplicaciones externas antirreumáticas, gracias a la capacidad de irritación de la piel.

Las propiedades fisiológicas de los aceites esenciales utilizados en medicina, tienen que ver con el efecto de irritación de la piel y mucosas, las propiedades desinfectantes o bactericidas, digestivas, etc. Ejemplo de esencias medicinales son el anís e hinojo, empleados como expectorantes, procesos digestivos, estomacales, colagogos,

carminativos; así como en gargarismos e inhalaciones. Muchas plantas con alto contenido en esencias se emplean en realidad como aromáticas, como el tomillo, orégano, serpol, anís, alcaravea, etc.

## **1.2 Los aceites fijos**

Por su parte, los aceites fijos son aceites vegetales que se mantienen licuados a temperatura ambiente; se solidifican con el frío. En agua son insolubles, pero no así en disolventes orgánicos como la acetona y el cloroformo. Los aceites fijos son utilizados normalmente en alimentación, industria y para fabricar remedios. Podemos citar el aceite de oliva y almendra como aceites secantes, es decir que poseen ésteres de ácidos insaturados, los cuales poseen la propiedad de formar una película seca permanente cuando se les expone al aire; cacahuete, girasol y colza como aceites semisecantes; y el de adormidera o de linaza como no secantes. El aceite de linaza y otros de similares características, son usados de forma muy habitual en la fabricación de pinturas. La diferencia entre los aceites esenciales y los aceites fijos es que los aceites esenciales son líquidos volátiles, en su mayoría insolubles en agua, pero fácilmente solubles en alcohol, éter y aceites vegetales y minerales. Por lo general no son oleosos al tacto.

La forma de obtener las grasas vegetales, normalmente, es mediante extracción a presión de frutos y semillas.

Los Aceites Esenciales son productos químicos que forman las esencias odoríferas de un gran número de vegetales.

El concepto "aceite esencial" se aplica también a las sustancias sintéticas obtenidas a partir del alquitrán de hulla, y a las sustancias semisintéticas preparadas a partir de los aceites esenciales naturales.

Cualquier perfume, al ser inspirado, produce un efecto alquímico instantáneo y cada uno de los aromas puede influir de distintas formas en los mundos sutiles.

Estos aromas pueden transferirse por medio de perfumes, óleos, sahumerios, inciensos; y hay horas, días y formas como captarlos y asimilarlos, usos distintos u ocasiones astrológicas especiales en que se recomienda encenderlos.

Desde la antigüedad y mucho antes se usaron diferentes esencias para agradar a los dioses y divinidades, luego se utilizaron para purificar ambientes, alejar influencias negativas y en un plano más avanzado se usa para despertar estados de conciencia.

Los aceites esenciales se encuentran ampliamente distribuidos en unas 60 familias de plantas que incluyen las Compuestas, Labiadas, Lauráceas, Mirtáceas, Pináceas, Rosáceas, Rutáceas, Umbelíferas, etc.

Se les puede encontrar en diferentes partes de la planta: En las hojas (ajenjo, albahaca, buchú, cidrón, eucalipto, hierbabuena, limoncillo, mejorana, menta, pachulí, quenopodio, romero, salvia, toronjil, etc.).

En las raíces (angélica, asaro, azafrán, cálamo, cúrcuma, galanga, jengibre, sándalo, sasafrás, valeriana, vetiver, etc.). En el pericarpio del fruto (limón, mandarina, naranja, etc.), en las semillas (anís, cardamomo, eneldo, hinojo, comino, etc.). En el tallo (canela, caparrapí, etc.), en las flores (arnica, lavanda, manzanilla, piretro, tomillo, clavo de olor, rosa, etc.).

Y en los frutos (alcaravea, cilantro, laurel, nuez moscada, perejil, pimienta, etc.).

Como se puede ver los aceites esenciales proceden de las flores, frutos, hojas, raíces, semillas y corteza de los vegetales. El aceite de espliego, por ejemplo, procede de una flor, el aceite de pachulí, de una hoja, y el aceite de naranja, de un fruto. Los aceites se forman en las partes verdes (con clorofila) del vegetal y al crecer la planta son transportadas a otros tejidos, en concreto a los brotes en flor. Se desconoce la función exacta de un aceite esencial en un vegetal; puede ser para atraer los insectos para la polinización, o para repeler a los insectos nocivos, o puede ser simplemente un producto metabólico intermedio.

Los aceites esenciales son líquidos volátiles, en su mayoría insolubles en agua, pero fácilmente solubles en alcohol, éter y aceites vegetales y minerales. Por lo general no son oleosos al tacto. Pueden agruparse en cinco clases, dependiendo de su estructura química: alcoholes, ésteres, aldehídos, cetonas y lactonas y óxidos.

### **1.3 En el vegetal cumplirían varias funciones**

Atracción de agentes polinizadores (por su agradable aroma). Como elementos de defensa frente al ataque de parásitos, animales herbívoros e insectos.

Adaptación del vegetal ante cuadros de escasez hídrica. Formando parte de las sustancias de reserva como dador de hidrogeniones en los procesos de óxido-reducción.

Se localizan en los vegetales superiores, en especial en ciertas familias de Angiospermas: Apiáceas, Asteráceas, Coníferas, Labiadas, Magnoliáceas, Mirtáceas, Rutáceas, Umbelíferas. Muchas esencias destiladas posteriormente son enfriadas dando lugar a un precipitado sólido llamado alcanfor o estearopteno como ocurre con el timol (esencia del tomillo), mentol (esencia de la menta), etc. Una misma planta aromática puede ser utilizada de tres maneras distintas; en ese sentido la menta es empleada 1) como droga, a través del mecanismo de infusión (digestiva, antiespasmódica), 2) como esencia, a través de la inhalación (antinauseoso, antiemético) y como estearopteno en forma de geles y antiinflamatorios.

Las características organolépticas de los aceites esenciales pueden estar dadas por los componentes mayoritarios, aunque en otros casos son las sustancias presentes en ínfima cantidad (trazas) las que definen el sabor, olor o propiedades terapéuticas. La composición fitoquímica puede ser desde muy simple (esencia de trementina) hasta muy compleja (esencia de vetiver). Las mezclas de componentes de los aceites esenciales se corresponden mayoritariamente con dos grupos principales: compuestos terpénicos (la gran mayoría) y los derivados aromáticos fenilpropánicos (compuestos con núcleo bencénico). En algunos casos durante la extracción puede aparecer otro tipo de componentes como ha ocurrido con algunas cumarinas (herniarina).

## 1.4 Clasificación

Los aceites esenciales se pueden dividir en:

**Compuestos terpénicos:** Están formados por unidades de isopreno, pudiendo ser monocíclicos, cíclicos y acíclicos. Los que carecen de oxígeno son hidrocarburos de tipo monoterpénicos o sesquiterpénicos.

De acuerdo con la naturaleza de los componentes principales se pueden dividir en:

- **Monoterpenos:**  $\alpha$  y  $\beta$ -pineno, canfeno, limoneno, mirceno, p-cimeno, etc.
- **Sesquiterpenos:**  $\beta$ -cariofileno,  $\alpha$ -farneseno, germacraneno, camazuleno, etc.
- **Monoterpenoles:**  $\alpha$ -terpineol, borneol, citronelol, geraniol, linalol, nerol, etc.
- **Sesquiterpenoles:** espatulenol, fenchol, nerolidol, etc.
- **Ésteres terpénicos:** acetatos de nerilo, geranilo y bornilo, 1,8-cineol (eucaliptol), etc.
- **Óxidos terpénicos:** óxido de cariofileno.
- **Cetonas terpénicas:** pulegona, tuyona, etc.

- **Aldehídos:** citrales, fotocitrales, etc.
- **Lactonas sesquiterpénicas:** crispolida, etc.
- **Monoterpenonas:** alcanfor, etc.
- **Hidrocarburos sesquiterpénicos:** santanelos, curcumenos, etc.

Compuestos con núcleo bencénico (fenilpropánicos): Son muy importantes como elementos predominantes de algunos aceites como el de anís, badiana, canela, clavo de olor, hinojo, etc. De acuerdo con la naturaleza de los componentes principales tenemos:

- **Hidrocarburos:** tolueno.
- **Fenoles y derivados:** anetol, apiol, eugenol, timol, etc.
- **Alcoholes:** bencílico, salicílico, etc.
- **Aldehídos:** benzoico, cinámico, etc.
- **Ácidos:** ésteres de ácido benzoico y cinámico, etc.

**Compuestos alifáticos de cadena recta:** Se trata de componentes menores entre los que figuran el ácido acético, ácido fórmico, ácido isovaleriánico, ácido isobutílico, aldehído decílico, metilheptona, estearopteno, etc.

**Compuestos sulfurados y nitrogenados heterocíclos:** En el grupo de los sulfurados tenemos el isotiocianato de alilo (presente en el aceite de

mostaza) y el sulfuro de dialilo (presente en el ajo). Entre los nitrogenados figuran el indol, furfural, escatol, etc.

### **1.5 Empleo de los aceites esenciales**

Cuando se va a hacer uso de un aceite esencial se ha de tener en cuenta que se trata de un producto extractivo cuya concentración rara vez supera el 1% del peso de la planta en seco. Ello significa que si se va a emplear 1 g de aceite esencial, en realidad se está empleando cerca de 100 g de planta seca, lo cual representa una dosis muy considerable. Durante el proceso de conservación los aceites esenciales pueden sufrir alteraciones ya sea por enranciamientos o polimerizaciones.

Una forma de utilizar los aceites esenciales es a través de la Aromaterapia, técnica muy empleada en Europa (Francia especialmente), habiendo dado muy buenos resultados en procesos infecciosos, inflamatorios e incluso tumorales (hay varios trabajos al respecto). En el caso de procesos infecciosos la aromaterapia se realiza junto al aromatógrama, una suerte de antibiograma que en vez de emplear antibióticos, testea aceites esenciales.

Se ha observado que los aceites esenciales inhiben con mayor efectividad a gérmenes Gram (+) que a los (-), sin encontrarse una explicación satisfactoria al respecto. Con probada actividad antimicrobiana encontramos los aceites de ajedrea, canela, clavo de olor, lavanda, hinojo y tomillo, entre otros. Entre los compuestos fitoquímicos

responsables de esta actividad destacan los derivados fenólicos timol y carvacrol, los cuales se unen a los grupos amino e hidroxilamino de las proteínas de la membrana bacteriana, alterando su permeabilidad. Con algo menos de actividad se presentan los derivados alcohólicos y cetónicos alcanfor, citral, geraniol y linalol, entre otros.

La esencia de clavo de olor es muy empleada en odontología por su actividad antiplaca bacteriana. En cuanto a los aceites de melaleuca (*Melaleuca leucadendron*) y Niauli (*Melaleuca viridifolia*) demostraron ser muy efectivos en el control de la *Candida albicans*.

Los efectos terapéuticos de las esencias pueden ser muy variados: las hay carminativas como el hinojo (*Foeniculum vulgare miller*), anís (*Pimpinella anisum*) y anís estrellado (*Illicium verum*). El mecanismo de acción carminativo está determinado por un efecto irritativo del aceite esencial en mucosa gástrica, lo cual produce un aumento del tono y de las contracciones de la musculatura lisa intestinal, relajando el cardias y favoreciendo la eliminación de gases.

Entre las esencias con efecto sobre el aparato respiratorio se encuentran el tomillo (*Thymus vulgaris*) y el eucalipto (*Eucalyptus spp*) al estimular por el mismo efecto irritativo las células secretoras de mucus e incrementar los movimientos del epitelio ciliado del árbol bronquial. El eucaliptol (1,8-cineol) no sólo incrementa la fase secretoria bronquial sino también disminuye la tensión superficial entre agua y aire en la superficie del alveolo, lo cual contribuye con la acción expectorante. En otro orden de cosas el eucaliptol ha demostrado ser un buen inductor enzimático a nivel del hepatocito, promoviendo la metabolización de algunos medicamentos.

Entre las esencias con actividad antiespasmódicas destacan el tomillo (*Thymus vulgaris*), manzanilla (*Matricaria recutita*), menta (*Mentha x piperita*), angélica (*Angelica archangelica*), romero (*Rosmarinus officinalis*) y melisa (*Melissa officinalis*). Con respecto a esta última, presenta además un efecto hipocolesterolemiante ya que los compuestos monoterpénicos acíclicos de su aceite esencial inhiben la enzima hidroximetil-glutaril-CoA reductasa, responsable de una de las fases iniciales en la síntesis de colesterol. Asimismo, tendría un efecto negativo sobre la síntesis de hormonas tiroideas, por lo que estaría contraindicada en hipotiroidismo (no así en eutiroidismo).

De las esencias con actividad diurética destaca también la angélica (*Angelica archangelica*) y el enebro (*Juniperus communis*) el cual es tóxico; como antiparasitarios el ajo (*Allium sativum*) y el ajeno (*Artemisia absinthium*); como insecticidas la esencia del crisantemo (*Chrysanthemum spp*); como antiinflamatorias y antihistamínicas la manzanilla (*Matricaria recutita*); como rubefaciente la trementina de los abetos (revulsiva por vía externa); como colagogas el romero (relaja el esfínter de Oddi, favoreciendo la salida de bilis), etc.

Otro interés de los aceites esenciales se da en perfumería (pínenos, citral, safrol) como materia prima en la semisíntesis de lociones, jabones y perfumes; en la industria alimenticia debido a las características organolépticas de muchos aceites, productos de limpieza; etc.

## **1.6 Toxicidad de los aceites esenciales**

Si bien su uso alimentario y terapéutico cada vez es más amplio, no hay que omitir que existen aceites que en usos inadecuados resultan tóxicos

para el organismo. Por ejemplo existen aceites con poder convulsivante como ocurre con el ajenjo, alcaravea, anís, badiana, eneldo, hinojo, hisopo, menta, perejil, pino, romero, ruda, salvia, sasafrás, tanaceto o tuya. En estos casos las fracciones responsables de dicho efecto serían de tipo cetónico (alcanfor, carvona, ionona, mentona, pulegona, tuyona) o fenoles aromáticos (anetol, apiol, miristicina, safrol).

Respecto al ajenjo, el abuso en la concentración de su aceite esencial contenido en los licores (como aconteció también con el arcabuz) produjo numerosas intoxicaciones en el siglo XIX (crisis de absintismo). Los cuadros caracterizaban por la presencia de comportamiento agresivo, psicosis pasajera, salivación profusa, respiración esterterosa y convulsiones. Hoy en día los controles sobre alimentos y bebidas redujeron notoriamente la elaboración de estos productos, aunque en octubre de 2000 fue motivo de debate por parte de las autoridades sanitarias de Brasil, ante la aparición de bebidas con contenido en ajenjo.

Otros pueden proporcionar efectos narcóticos o estupefacientes como ocurre con la albahaca, angélica, anís, badiana, comino, coriandro, enebro, eucalipto, hinojo, lavanda, melisa, nuez moscada, serpol y tomillo. En este caso los compuestos responsables serían compuestos terpénicos de tipo carburo (borneol, linalol, mentol, terpineol) o fenólico (anetol, apiol, miristicina, safrol y timol). La miristicina presente en la nuez moscada, por ejemplo, ha demostrado ser un inhibidor de la MAO e incrementar a la vez la tasa de serotonina, ocasionando alteraciones visuales, distorsión de colores y despersonalización. A nivel hepático puede generar toxicidad al igual que el sasafrás (safrol). Ingeridos por vía oral en dosis altas los aceites esenciales de eucalipto, clavo de olor,

canela y nuez moscada pueden ocasionar cuadros de depresión generalizada en el SNC.

En el caso de aceites virtualmente atóxicos, destaca el caso del aceite esencial de menta, cuyo componente mentol ha ocasionado algunos casos de espasmo de glotis y riesgo de asfixia refleja, por lo que no se recomienda su empleo en la infancia. A nivel renal la eliminación de algunos aceites por dicha vía pueden originar nefritis.

Experimentalmente ciertos aceites esenciales han demostrado carcinogenicidad, como sucede con el aceite de pino, limón, eucalipto o sazafrán. En este sentido, los derivados del fenilpropano como la asarona, safrol y estragol son hidroxilados al metabolizarse, observándose que los 1-HO-derivados forman enlaces cruzados con moléculas de ADN, siendo así los metabolitos propiamente cancerígenos. En administración crónica la  $\beta$ -asarona del cálamo aromático (*Acorus calamus*) como el safrol y estragol inducen la formación de tumores hepáticos en ratas tras administración crónica.

Otros aceites esenciales como los de la ruda (*Ruta graveolens*), tuya (*Thuja occidentalis*), ajeno (*Artemisia absinthium*), tanaceto (*Tanacetum vulgare*), sabina (*Juniperus sabina*) y enebro (*Juniperus communis*) poseen propiedades abortivas inherentes a los componentes terpénicos de tipo carburo (sabinol) o cetónico (pulegona, tuyona) que poseen. Un caso destacado corresponde al acetato de sabinilo presente en la salvia española, ya que ha demostrado en ratas atravesar la barrera placentaria y originar alteraciones en el desarrollo fetal de los animales.

Un importante grupo es el de los fototóxicos o irritantes dérmicos presentes en las especies angélica, bergamota, comino, eucalipto, laurel, limón, melisa, naranja, pino, ruda, sasafrás y tomillo. En estos casos los responsables son compuestos terpénicos de tipo carburo (felandreno, limoneno, mirceno, pineno), alcohólico (cineol, citronelol, geraniol, linalol, mentol, nerol), aldehído (citrol), fenólico (carvacrol, timol), cumarínico (bergapteno) y aromático (safrol).

Los aceites fototóxicos pueden generar desde las ampollas o vesículas, hasta lesiones cáusticas (por el fenol y carvacrol especialmente), promover la aparición de lesiones cancerosas (felandreno y pineno) o provocar hiperpigmentación en la piel (bergapteno o 5-MOP). Para evitar problemas de toxicidad y aprovechar el resto, los compuestos hidrocarburos de algunos aceites suelen ser eliminados durante la extracción, aunque algunos de ellos puedan tener efectos biológicos.

La toxicidad del aceite esencial está en relación con el ciclo vegetativo de la planta. En el caso de la salvia (*Salvia officinalis*), el contenido en alcanfor o de  $\alpha$  y  $\beta$ -tuyona es mayor durante los meses fríos, lo cual habla a las claras del cuidado estacional que hay que tener durante la recolección. Asimismo, existe una gran variabilidad fitoquímica entre distintos ejemplares de una misma especie, como ocurre con los diferentes quimiotipos del tomillo (*Thymus vulgaris*).

A continuación se presenta un tabla con el nombre científico, nombre popular, componentes aplicaciones principales, actividades farmacológicas y toxicidad de algunas plantas.

## 1.7 Aprovechamiento

La extracción de los aceites esenciales de las partes vegetales se realiza de diversas formas, en función de la calidad del aceite por extraer y de la estabilidad de sus constituyentes; ya que en la mayoría de los casos éstos tienden a degradarse cuando se someten a altas temperaturas u otro tipo de tratamiento extremo. La extracción de aceites esenciales se realiza fundamentalmente por cuatro métodos:

- Extracción con agua: la planta sólo se pone en contacto con agua, es común para la extracción de aceites con propiedades medicinales.
- Extracción con agua y vapor: la parte de la planta se pone en contacto directo con vapor, mismo que diluye el aceite el cual es recolectado en agua.
- Extracción con vapor: la parte vegetal se pone en contacto directo con vapor y los aceites son recolectados directamente.
- Extracción con solventes: el aceite se extrae en un solvente, mismo que después debe ser separado.

Antes del proceso de destilación la planta o la parte de la planta de interés se seca parcialmente y se machaca, esto ayuda a incrementar la superficie de contacto del solvente y agilizar el proceso de destilación (Thomas and Schumann 1992).

## 1.8 Métodos de extracción de aceites esenciales

### Extracción De Aceites Esenciales

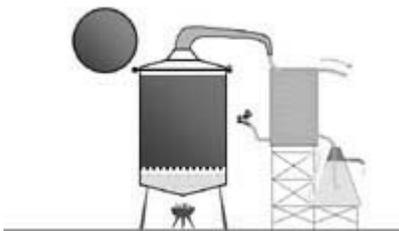
Existen procedimientos perfeccionados para la extracción de aceites esenciales, pero el productor rural encontrará que el más adaptado a sus posibilidades es la destilación.

Dentro de la práctica tres tipos o métodos son los más utilizados:

- **Arrastre con vapor en caldillo**
- **Arrastre con vapor húmedo**
- **Arrastre con vapor seco**

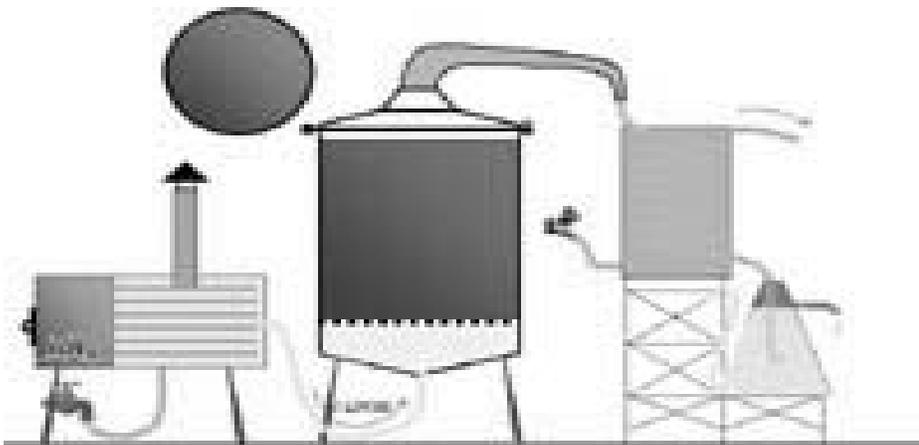
En el primero, las hierbas entran en contacto directo con el agua hirviendo, es una especie de cocimiento donde el material cargado flota o se sumerge según la densidad. El sistema de calentamiento del agua puede ser: a fuego directo, camisa de vapor, serpentinas cerradas con circulación de vapor o serpentinas abiertas o perforadas, también con vapor. Este método no es el conveniente.

**Figura. 1. Arrastre por vapor húmedo.**



En el segundo, las hierbas se colocan sobre un fondo perforado o criba ubicado a cierta distancia del fondo de un tanque llamado retorta. La parte mas baja de esta contiene agua hasta una altura algo menor que el nivel de la criba. El calentamiento se produce con vapor saturado que se provee de una fuente de calor que compone el equipo, fluye mojado y a presión baja, penetrando a través del material vegetal.

**Figura. 2. Arrastre de vapor seco**



El tercero, el de destilación directa con vapor, es similar al anterior, pero en el fondo de la retorta no hay agua. El vapor saturado o sobre calentado es provisto por una caldera y a presiones mas elevadas que la atmosférica, se inyecta por medio de serpentinas cribadas que están debajo de la carga y se dirige hacia arriba, atravesando la masa vegetal colocada sobre una parrilla interior.

Conviene realizar la destilación inmediatamente de cosechado el vegetal, después de un oreado o un desecado al aire que le quite algo de la humedad.

En el vegetal, los aceites esenciales se almacenan o sitúan en glándulas, conductos, sacos o pelos glandulares o simplemente reservorios dentro del vegetal, por lo que conviene hacer un desmenuzamiento del material a destilar para exponer esos reservorios a la acción del vapor de destilación.

El espesor del material, reducido, permite también una mejor vaporización y destilación, así como una aceleración del proceso.

En lo que respecta a las partes de la planta que se va a destilar, las flores, hojas y partes blandas o delgadas pueden tratarse sin ningún tratamiento previo.

Las semillas o frutos deben ser triturados con rodillos lisos, cuya separación en la maquina depende del grosor de aquellos y también del grado de desmenuzamiento que se necesite.

Las raíces, tallos y otros materiales leñosos, se cortaran en trozos pequeños o en astillas.

### **CONSTITUYENTES DE UN EQUIPO DE EXTRACCIÓN**

El equipo para destilar debe ser tal que permita la operación más conveniente cualquiera sea el material vegetal del que se quieran destilar sus esencias.

En cambio, las dimensiones del equipo siempre deberán estar en concordancia con las cantidades de hierbas producidas y del tiempo disponible para su destilación

Un equipo de destilado consta de cuatro elementos básicos:

- La retorta o alambique propiamente dicho
- El condensador
- El recipiente donde se deposita el condensado
- La caldera generadora del vapor

**Figura. 3. Equipo de destilado**



El primero, la retorta o alambique, es donde se deposita el material a destilar. Consiste en un tanque cilíndrico de un diámetro igual o algo inferior a la altura, que tiene en la parte superior una tapa que debe poder ser asegurada y su cierre hermético.

Preferentemente del centro de esta tapa sale un tubo llamado "cuello de cisne" que es el conductor de los vapores hacia el condensador.

La retorta se construye en diversos materiales de chapa cuyo espesor es también variable según el trabajo, pero es preferible que sea de acero inoxidable. En el fondo de la retorta se coloca la criba que soporta el material por tratar.

Los tubos de conexión deben ser amplios y de acuerdo a la rapidez de extracción, más grande cuanto mas veloz sea esta.

Debajo de la parrilla o criba, se encuentra el tubo de entrada de vapor, cuidando que entre el fondo y el tubo la distancia sea lo suficientemente grande, como para que se produzca aquí la condensación de agua. La distribución del vapor se asegura por la disposición en espiral o en cruz, de la prolongación del tubo alimentador, que tiene también, una serie de agujeros chicos en la parte superior y a lo largo del mismo, dándole así uniformidad a la distribución. En el fondo de la retorta, hay una válvula de drenaje de capacidad suficiente como para permitir que cualquier cantidad de agua que se condense dentro de la carga y gotee hacia el fondo, pueda ser extraída durante la extracción.

Un alambique bien construido debe ser hermético; para esto deberá cuidarse el ajuste de las juntas y el cierre de la tapa. La carga de material no debe estar comprimida; para obtener los mejores resultados se pueden hacer separaciones, por medio de patas, de las cargas que estén mas abajo. El objeto principal es buscar que el vapor atraviese correctamente la masa vegetal y que no se deslice por las paredes de la retorta. Debido a que el vapor se difunde por los lugares que le oponen menos resistencia, no son recomendables los cestos de alambres o perforados, pues el vapor tiende a dirigirse a través de las mallas y entre los

costados del cesto y la retorta. Los mejores cestos son los que tienen costados de chapa sin agujeros, pero con el fondo perforado. El empleo de cestos ayuda a la carga y descarga del material, sobre todo en alambiques grandes.

La carga y descarga del alambique es un punto importante. Ahorra tiempo el contar con grúas y que el lugar de cultivo esté cercano al de la planta de destilación.

El condensador continua a la retorta, allí vuelve a su estado líquido el vapor y los productos volátiles.

El condensador mas usado es el compuesto por un serpentín que se ubica en un tanque, aunque hay condensadores tubulares que son mas eficientes en el trabajo, en el que corre agua fría que entra por la parte inferior y asciende en sentido contrario a los vapores de agua y aceite esencial que circulan por los tubos.

Los tubos que forman este aparato se colocan en forma vertical u horizontal, su forma, longitud y diámetro dependen de la condensación de las esencias que se procesan.

El agua de enfriamiento debe ser potable en lo posible, porque se eliminan así las probables incrustaciones y depósitos, cuando están cargadas con sales. Los tubos mejores son los construidos en acero inoxidable, pues evitan coloraciones indeseables en la esencia obtenida.

### **Extracción con disolventes orgánicos Maceración**

Consiste en remojar la droga, debidamente fragmentada en un menstruo hasta que éste penetre en la primera estructura celular ablandando y disolviendo las porciones solubles. Se puede utilizar cualquier recipiente con tapa que no se ataque con el disolvente, en éste

se colocan las drogas (materia vegetal) con el disolvente y papado se deja en reposo por un periodo de 2 a 14 días con agitación esporádica. Luego se filtra el líquido y se exprime el residuo. Si el material aún contuviera el principio de interés, se repetirá el proceso con solvente fresco (puro) tantas veces como sea necesario.

### **Lixiviación (extracción por solvente)**

Es uno de los procesos más difundidos y si bien se puede realizar con disolventes orgánicos en frío para preservar los compuestos termolábiles que pudiera contener el material. Consisten colocar el material fragmentado en un embudo o recipiente cónico, y hacer pasar un disolvente adecuado a través del mismo.

El tamaño de partícula no puede ser menor a 3 mm, como tampoco pueden extraer resinas o materiales que se hinchen dado que el disolvente no percolará. La maceración no tiene ventajas sobre la lixiviación, aunque ésta última requiere de ciertos cuidados a saber: la droga debe estar debidamente compactada para que el disolvente ebuya con cierta lentitud dando tiempo al mismo a tener contacto con los tejidos e ingresar en las estructuras celulares y extraer los componentes, de otra manera el residuo desechado contendrá el principio de interés, además se necesita agregar solvente constantemente.

## **Digestión**

En este proceso se agrega disolvente caliente al material vegetal molido, colocado en un erlenmeyer o material de vidrio de boca pequeña, la temperatura elevada del solvente permite una mayor extracción de compuestos ya que la solubilidad de la mayoría de las especies aumenta con la temperatura. Si el solvente utilizado es muy volátil o se lleva a temperatura de ebullición se deberá adosar un refrigerante al erlenmeyer para evitar su evaporación o intoxicación del operador con el solvente. Este último proceso se conoce como reflujo.

## **Infusión y decocción (cocimiento)**

Tanto la infusión como la decocción son procesos simples de extracción con agua, en el primer caso se agrega agua caliente o hirviendo o fría a la droga molida y luego se filtra; en el segundo caso la droga se hierve por espacio de 15 minutos con el agua. Note que en la infusión la droga no se somete ebullición, sino que se le puede agregar el agua a temperatura de ebullición en cuyo caso el sometimiento de los metabolitos a esta temperatura será mínimo.

Es conveniente aclarar que en algunos casos se utiliza el proceso de reflujo para extraer con solventes acuosos, esto obedece a que un calentamiento prolongado de la solución acuosa podría producir la evaporación total del solvente. El reflujo con soluciones acuosas se debe realizar sólo cuando se está seguro que el principio a extraer es termoestable.

## **Expresión**

Consiste en extraer el aceite esencial al prensar el material vegetal, mediante un proceso mecánico, obteniéndose aceite esencial de alta calidad. Este método también se utiliza para obtener el aceite graso de la semilla del algodón y de la nuez de macadamia. Comercialmente se utiliza poco en la obtención de aceite esencial por el bajo rendimiento y alto costo; incluso para extraer el aceite graso del algodón se combina con la lixiviación para obtener un buen rendimiento.

## **Enfloración**

Este método es llevado a la práctica sólo en países de Europa, es restringido a estas flores: jazmín, tuberosa y algunas otras que después de cortadas continúan con su actividad fisiológica formando y emitiendo perfume. El método de extracción con grasa fría es sencillo y consiste en poner en contacto las flores con una capa delgada de grasa dentro de cámaras pequeñas.

Al desprenderse el perfume de las flores, se fija en la grasa, debido a su gran afinidad, y después de renovar varias veces las flores se dejan los pétalos 24 horas sobre la grasa (cuerpo). Pasados 60 días aproximadamente, al final del período de recolección, la grasa (que no ha sido renovada) llega a estar saturada con el aceite de la flor.

La extracción alcohólica de la grasa olorosa, llamada pomada, da una solución llamada extracto; eliminando el alcohol por destilación, se produce el absoluto de enfloración.

En este caso, la producción de aceite esencial de flor es mayor que con otros métodos; no obstante, este método últimamente ha sido reemplazado por extracción con solventes volátiles; porque el método de enfloración es muy delicado y un proceso muy largo que requiere mucha experiencia y tiempo.

Figura. 4. Fotografía de la planta de Hinojo.





## 2. HINOJO

Existen dos variedades la dulce y la amarga, hay diferencias en cuanto a su producción y composición. Tratándose de la planta entera y fresca, la producción de la variedad dulce es de 13 tm/ha y la de la variedad amarga es de 20 tm/ha. La pérdida de peso en el secado es de 75-80%.

**NOMBRE CIENTÍFICO:** *Foeniculum Vulgare* Miller

**SINONIMO:** *Anethus foeniculum* L.

**OTROS NOMBRES COMUNES:** Eneldo, Cilantrillo (Durango Mexico), Hierba Santa, Becho-gueza-rotextilla, xagueza-rote-castilla, Fennel (Ingles), Anni (Haiti).

### 2.1 Descripción Botánica

Habito: Hierba, erecta, perene, de 1 m de alto o menos.

Hojas: con forma muy disectada por dentro, segmentadas o capiladas.

Inflorescencia: Umbelas, largas, con 9-25 flores radiadas; estas, robustas a menudo glaucas de 2.5 a 7 cm. de longitud.

Fruto: Cerca de 6 mm de longitud.

### 2.2 Datos Agronómicos

Arbustos, de aproximadamente 2.5 m de altura y de 2 años de edad; en estado de fructificación en el mes de mayo y floración en el mes de abril,

con flores amarillas y fruto café; cultivada en jardines y sitios de casas de habitación.

### **2.3 Contradicciones reportadas en literatura**

A altas dosis puede provocar epilepsia. Intoxicación.

### **2.4 Procedencia**

Es originario de la zona mediterráneo, actualmente se cultiva en Europa, Asia, y algunas partes de África y Sudamérica. Los principales países productores son China, India, Pakistán, Egipto, Indonesia, Bulgaria, Hungría, Rumania, y Argentina.

### **2.5 Composición**

Contiene del 2% al 6% de aceite esencial, constituido por hasta más de un 80% de trans-anetol, que tiene sabor dulzón, y hasta un 20% de (+)-fenchona, con sabor amargo, canforaceo.

El fruto de hinojo amargo (*Foeniculi amari fructus*) contiene un mínimo del 4% de esencia, constituida por al menos un 60% de anetol y un 15% de fenchona; mientras que para el fruto de hinojo dulce (*Foeniculi dulcis fructus*) tiene un contenido mínimo de aceite esencial del 2%, con una riqueza de anetol no inferior al 80%. En la esencia se encuentran también metilchavicol, aldehído anísico y algunos hidrocarburos terpénicos. El fruto de hinojo contiene además, aceite graso, proteínas, ácidos orgánicos y flavonoides. Por lo que se refiere a la presencia de dianetol y dianisoína, con acción estrogénica.

### **2.6 Indicaciones**

Se utiliza como expectorante fluidificante de las secreciones y antiséptico; como espasmolítico y carminativo en las

alteraciones digestivas leves. El aceite esencial aislado tiene efectos pro-inflamatorios y ejerce una cierta acción estimulante en la musculatura intestinal.

## **2.7 Farmacologia**

**Experimental.** Estudios antimicrobianos demuestran que el extracto metanilico de las partes aéreas tiene cierta actividad antifugica, pero escasa actividad antibacteriana. El aceite esencial tiene actividad antiviral.

El extracto acuoso de hojas por vías intravenosa (6.2 mg / Kg) produce efecto hipotensor transitorio en ratas; el extracto acuoso del fruto estimula el músculo liso, yeyuno, músculo estriado y recto de rata; el extracto etanolico del fruto es espasmolítico en ileon de cobayo (2.5 ml / l ). La decocción liofilizada de hojas indujo reducción dosisdependiente de la presión arterial en ratas con pentobarbital, sin afectar la velocidad cardiaca o respiratoria; el efecto no parece mediado por receptores edrenergicos, muscarinicos, ganglionicos o serotoninergicos.

La decocción de raíz tiene actividad diurética moderada, sin aumentar la excreción de electrolitos; la excreción urinaria de acido úrico aumenta significativamente. El extracto etanolico del fruto seco administrado a la rata por intubación gástrica ( 100 mg / kg) presenta actividad antinflamatoria en el edema inducido por carragenina.

## **2.8 Farmacognosia**

La materia medica son frutos secos: cremocarpos enteros con pidedelo, lateralmente comprimidos, verde o café-amarillentos, glabros, estilopos bifidos en el apeice; mericarpios en

sección transversa presentan pericarpio con dos comisuras. Microscópicamente se observan fragmentos de epicarpio, células poligonales de paredes delgadas con cutícula; parénquima reticular del mesocarpio lignificado en grupos de células rectangulares; fragmentos de endospermo con células poligonales de paredes gruesas, conteniendo gránulos de aceite, minúsculos cristales en roseta de oxalato de calcio, almidón ausente.

La materia medica no debe contener más de 11% de ceniza total y 1.5% de ceniza insoluble en ácido. La materia medica son los frutos, pero los tallos y hojas dan un requerimiento importante de anetol (50 – 60%). La propiedad carminativa, estomáquica y eupéptica se atribuyen al aceite esencial que estimula la motilidad gástrica, es diurético y estimulante, expectorante, espasmolítico, galactogogo, antiséptico, aromático y eupéptico. Tópicamente es antiinflamatorio. En ratón y rata, el anetol (200 mg/Kg) es analgésico y depresor del SNC. La decocción de frutos afloja la flema, es un ingrediente frecuente de jarabes para la tos. La raíz es diurética y purgante. El anisaldehído y estragol son carminativos y analgésicos.

El aceite esencial se obtiene por destilación con vapor de frutos maduros, tiene 60 – 70% de anetol, olor anisado característico, densidad 0.970, índice de refracción 1.530, rotación óptica +4° a +24°, punto de congelación 10 - 14°C, soluble 5 -8 partes en alcohol 80%.

El anetol es un derivado fenólico peso molecular 148, densidad 0.9883. índice de refracción 1.557-1.561 punto de fusión 22-23 °C, punto de ebullición 81-82°C, soluble en benceno, cloroformo, acetona, etanol, 1-5 insoluble en agua, tiene uso aromatizante y contra irritante. El safrol

es cicloterpenoide, peso molecular 162, líquido incoloro, punto de ebullición 232-234 °C , densidad 1.096, soluble en cloroformo y éter, tiene uso antiséptico, carminativo y aromatizante. El fruto, aceite y anetol son oficiales como expectorante y carminativo; se encuentran en varias farmacopeas, existen varias preparaciones galénicas.

## **2.9 Conservación**

Se debe de proteger de la luz y de la humedad, guardarse en contenedores de vidrio o de hojalata, no de plástico, debido al aceite esencial.

## **2.10 Aceites de Hinojo**

Dos aceites de hinojo amargo se producen a partir de cepas silvestres de la planta herbácea *Foeniculum vulgare var. Vulgare*.

Uno de ellos se destila de la parte superior de la planta y hoy es de importancia insignificante; el otro se destila de la semilla y es el aceite de hinojo amargo del comercio. El aceite de hinojo dulce se destila de la planta *Foeniculum vulgare var. Dulce*. Planta estrechamente relacionada con la hierba de hinojo amargo. La producción de aceite de hinojo amargo tiene lugar solo en Europa, China e India. El aceite de hinojo dulce se produce en gran parte en España aunque también se destilan cantidades muy pequeñas en Francia, Marruecos e Italia.

La característica principal de ambos aceites es su alto contenido de éter-anetol fenólico, que es la base del sabor anisado o licoroso. Por consiguiente, estos aceites se utilizan a veces en licores, confitería y productos farmacéuticos en los que se precisa ese sabor. El aceite de semillas de hinojo amargo tiene también ciertas aplicaciones de perfumería, especialmente en la preparación de aerosoles e insecticidas domésticos e industriales, principalmente para ocultar olores. Posee

también propiedades medicinales como tal aceite y se utiliza en algunos preparados de carminativos y estimulantes. Se han utilizado incluso como soporífero suave del tabaco. El aceite de hinojo dulce aparte de sus aplicaciones como saporífero anisado, tiene también usos de menor importancia en perfumes y cosméticos.

Este aceite esencial tiene un fuerte poder en problemas relacionados con el aparato digestivo: tales como flatulencias, náuseas.

Acción emenagoga: Armoniza bien con aceites esenciales de Naranja amarga, Melisa y Menta.

Acción diurética (celulitis edematosa) armoniza bien con aceite esencial de Limón que favorece la eliminación de toxinas y las retenciones de líquidos. En baños, emplastos con fango termal puro y en masaje sobre el abdomen, bajo vientre y zonas localizadas.

El hinojo es muy efectivo para tratar los sistemas glandulares y digestivos. Tiene muchas propiedades es un antiséptico, antiespasmódico, carminativo, expectorante, digestivo, diurético, laxante y estimulante.

Se usa en masajes, compresas, tratamientos para la celulitis, enjuague bucal e infusión.

## **2.11 Características Etnomédicas**

Usos medicinales reportados: Dolor abdominal tipo cólico, indigestión, para dolor de estómago o cólico por frío.

Propiedades Medicinales: El aceite esencial posee propiedades eupépticas, carminativas, antisépticas, expectorante, tónico estomacal,

digestivo, aperitivo, galactagogo, diurético, emenagogo, antigripal, antiespasmódico.

Aproximadamente el 60% del aceite esencial se localiza en los frutos, el resto en los rayos de umbela y demás partes verdes de la planta.

En la destilación, los frutos suministran entre un 4 y un 5% de esencia de calidad variable, según sea el origen del hinojo. El hinojo dulce suministra de 35 a 70 kg/ha, mientras que el hinojo amargo permite obtener doble cantidad, de 70 a 140 kg/ha.

## **2.12 Composición Química**

Los órganos del hinojo contienen aceite esencial y oleorresinas, principalmente.

La proporción de los componentes del aceite esencial es diferente en los diversos estados de desarrollo de la planta y en las diferentes variedades y cultivares.

Los principales constituyentes del aceite esencial de la semilla (2-4%) son : trans-y cis-anetol, (50-80% ) safrol, delta-pineno, cafeno, felandreno, dipenteno, metilchavicol, , acido anisico, diversos aldehidos. Las variedades amargas contienen fenchona. En las hojas: glucoronidos de flavonoides. En la raíz: cumarinas. Además contiene aceite graso, proteína y azúcar.

### 2.13 Composición del Aceite Esencial

Los principales componentes del aceite esencial del hinojo dulce, según análisis hechos con material fresco son:

**Tabla I. Porcentaje de los distintos aceites encontrados en las diferentes partes de la planta.**

| <b>ACEITE</b>          | <b>ALFA-PINENO (%)</b> | <b>ALFA-FELANDRENO(%)</b> | <b>TRANS-ANETOL (%)</b> |
|------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|
| <b>Hojas</b>           | 20.85                  | 13.21                     | 47.84                   |
| <b>Tallos</b>          | 18.18                  | 5.86                      | 59.58                   |
| <b>Flores</b>          | 8.30                   | 4.97                      | 71.58                   |
| <b>Planta completa</b> | 18.28                  | 9.66                      | 57.14                   |

El aceite esencial del hinojo dulce contiene un 70% de anetol y una pequeña cantidad de fenchona.

Componentes volátiles del aceite de hinojo dulce en el estado inicial de la formación de frutos.

**Tabla II. Porcentaje de los Componentes encontrados en las distintas partes de la planta.**

| <b>PARTE DE LA PLANTA (%)</b> |              |               |                          |                        |
|-------------------------------|--------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| <b>COMPONENTE</b>             | <b>HOJAS</b> | <b>TALLOS</b> | <b>UMBELAS INMADURAS</b> | <b>UMBELAS MADURAS</b> |
| <b>Alfa-pineno</b>            | 1.7          | 2.7           | 1.4                      | 0.1                    |
| <b>Camfeno</b>                | 0.1          | 0.1           | 0.1                      | Trazas                 |
| <b>Beta-pineno</b>            | 0.2          | 0.5           | 0.2                      | 0.1                    |
| <b>Mircenotafelandreno</b>    | 1.4          | 1.6           | 1.0                      | 0.3                    |
| <b>Lemoneno</b>               | 73.9         | 53.6          | 18.7                     | 2.8                    |
| <b>Gamma-termineno</b>        | 3.3          | 3.2           | 0.9                      | 0.2                    |
| <b>p-cimeno</b>               | Trazas       | Trazas        | Trazas                   | Trazas                 |
| <b>Fenchona</b>               | 1.4          | 0.2           | 11.5                     | 8.7                    |
| <b>Alcanfor</b>               | 1.6          | 4.5           | 1.4                      | 0.2                    |
| <b>Estragol</b>               | 0.2          | 1.0           | 2.8                      | 3.3                    |
| <b>Trans-anetol</b>           | 11.4         | 28.6          | 60.2                     | 84.2                   |
| <b>Anisaldehido</b>           | 0.1          | Trazas        | 0.5                      | Trazas                 |
| <b>Total</b>                  | 95.3         | 96.0          | 98.7                     | 99.9                   |
| <b>Producción de aceite</b>   | 0.5          | 1.2           | 1.2                      | 3.0                    |

**Tabla III. Componentes volátiles del aceite de hinojo dulce en el último estado de formación del fruto.**

| <b>PARTE DE LA PLANTA (%)</b> |              |               |                          |                        |
|-------------------------------|--------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| <b>COMPONENTE</b>             | <b>HOJAS</b> | <b>TALLOS</b> | <b>UMBELAS INMADURAS</b> | <b>UMBELAS MADURAS</b> |
| <b>Alfa-pineno</b>            | 3.1          | 2.7           | 1.2                      | 0.3                    |
| <b>Camfeno</b>                | 0.1          | 0.1           | 0.1                      | Trazas                 |
| <b>Beta-pineno</b>            | 0.3          | 0.3           | 0.2                      | Trazas                 |
| <b>Mircenotafelandreno</b>    | 1.4          | 1.7           | 0.8                      | 0.1                    |
| <b>Limoneno</b>               | 57.3         | 68.3          | 14.2                     | 4.1                    |
| <b>Gamma-termineno</b>        | 2.4          | 4.4           | 0.8                      | 0.2                    |
| <b>p-cimeno</b>               | Trazas       | Trazas        | Trazas                   | Trazas                 |
| <b>Fenchona</b>               | 0.5          | 0.1           | 6.2                      | 6.4                    |
| <b>Alcanfor</b>               | 3.5          | 3.6           | 0.6                      | 0.2                    |
| <b>Estragol</b>               | 0.3          | 0.5           | 2.9                      | 3.8                    |
| <b>Trans-anetol</b>           | 21.7         | 13.7          | 71.0                     | 84.4                   |
| <b>Anisaldehido</b>           | 0.2          | 0.2           | Trazas                   | Trazas                 |
| <b>Total</b>                  | 90.8         | 95.6          | 98.0                     | 99.5                   |
| <b>Producción de aceite</b>   | 0.1          | 0.2           | 1.5                      | 1.6                    |

## **2.14 Composición del aceite esencial de frutos o semillas**

Datos sobre aceite esencial de *Foeniculum vulgare* miller.

El fruto contiene 1.72- 4.62% de aceite esencial. Sus principales componentes son anetol (69.2%), fenchona (8.7%), y Estragol (5.6%).

En pruebas realizadas a intervalos durante 4 años en la india, se determinó el contenido de aceite esencial en semillas de hinojo, que fue de 0.83- 2.25%.

Un estudio sobre los compuestos volátiles de las especies que forman parte del curry, mostró que el principal compuesto del hinojo es anetol (79.92%).

Se ha determinado la presencia de un ácido graso importante para uso industrial en el aceite de la semilla, es el ácido petroselinico.

En semillas de hinojo cultivadas en gottingen, el aceite contiene 71.3%, otro trabajo informa que la cantidad varía de 20 a 75%. Contiene acetilcolina, colina, y furocumarina.

## **2.15 Envejecimiento del aceite esencial**

Los aceites esenciales experimentan con el tiempo variaciones en sus características (olor, sabor, color), debido a transformaciones químicas de algunos de sus componentes sobre todo si en su almacenamiento no se protegen adecuadamente de la luz, oxígeno y temperaturas relativamente altas, radiaciones ultravioletas, reactivos como ácidos, bases o enzimas.

En el aceite esencial de hinojo, el envejecimiento se produce por un proceso de autooxidación del anetol en el que se obtienen, entre otros los siguientes compuestos: p-metoxipropiofenona, Anisaldehído, acetaldehído, ácido acético, ácido anísico, aniscetona y cis-anetol.

Se hizo un estudio sobre el envejecimiento de los aceites de flores, hojas, tallos y planta completa. Se observó que el grado de envejecimiento era mucho menor en el aceite de flores que en el resto de los aceites. El envejecimiento del aceite de flores es menor debido a la propiedad que tienen los terpenos de formar hidroperóxidos, que por descomposición originan radicales libres responsables del inicio de reacciones en cadena en el seno del aceite. Una vez comenzada la reacción en cadena pueden ser atacados otros componentes, en este caso el anetol. Como el aceite de flores es el de más bajo contenido en terpenos, sufrirá este proceso en menor grado que el resto de los aceites, por consiguiente, el envejecimiento es menor.

## **2.16 Usos de La Planta De Hinojo (*Foeniculum Vulgare Miller*) En Guatemala**

Galactogogo, emoliente, infarto, obstrucción de glándulas mamarias, dolores de espalda.

Carminativo, antiespasmódico, aperitivo, mucolítico. Elimina gases, desarreglos digestivos, afecciones respiratorias, principalmente casos de obstrucción de las mucosas bronquiales.

Antiflatulento, diuréticos, depurativo. Se recomienda para limpiar la sangre, aumentar la secreción láctea y reminalizar el organismo.

Afecciones renales, mala digestión y afecciones del aparato respiratorio. Para expulsar lombrices y gusanos. Principalmente dolores de oídos. Digestiones difíciles, mejora la menstruación y lactancia y elimina los gases del estómago.



### 3. METODOLOGÍA

#### LOCALIZACIÓN

La parte experimental del trabajo se realizó en la universidad de San Carlos de Guatemala, facultad de Ingeniería en el Centro de investigaciones de Ingeniería. Sección de Química industrial, específicamente en la planta piloto.

#### RECURSOS HUMANOS

- Investigador            Marlon Alberto Santos Carrillo
- Asesor                    Inga. Química Telma Maricela Cano Morales

#### MATERIALES

- Hinojo seco ( *Foeniculum vulgare Miller*)
- Diesel
- Solvente orgánico ( n-hexano)

#### EQUIPO

A nivel planta piloto es el siguiente:

- Caldera de alimentación de vapor

- extractor
- condensador del extractor
- vaso florentino
- Viales

A nivel laboratorio es el siguiente:

- Ampolla de decantación
- Condensador
- Destilador (Neoclevenger)
- Termómetro
- Viales

## **METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

### **• Diseño de tratamientos**

Se evaluó el rendimiento y la calidad de la extracción de aceite esencial de hinojo seco proveniente de 2 niveles altitudinales distintos para los cuales se realizaron tres repeticiones con lo que se tuvo un total de 6 experimentaciones, tanto a nivel laboratorio como a nivel planta piloto.

### **• Manejo experimental**

La materia vegetal se obtuvo seca. Se utilizó el hinojo seco proveniente de dos niveles altitudinales distintos como materia prima

vegetal. Con lo cual se procedió a pesar las cantidades necesarias de materia vegetal para cada tratamiento.

Luego de obtener el aceite esencial se procedió a almacenarlo en Viales de color ámbar herméticamente sellados y esterilizados, para poder realizar las pruebas fisicoquímicas y cromatográficas para la caracterización del aceite esencial.

- **Diseño experimental**

Se realizó un análisis de varianza, para lo cual se aplicó un experimento bifactorial, es decir para la planta piloto se tuvo dos procedencias distintas y por tanto dos altitudes distintas, y también se tuvo 6 repeticiones para cada nivel altitudinal tanto a nivel laboratorio como a nivel planta piloto.



#### 4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para este estudio de dos altitudes con tres repeticiones por altitud, se utilizó un análisis de varianza, en el cual la variable dependiente o respuesta es el rendimiento de aceite esencial de Hinojo (*Foeniculum vulgare Miller*) y la variable independiente es: la altitud de procedencia del lote.

En la siguiente tabla se presentan los cálculos que se han realizado en el análisis de varianza y se ilustra el área de rechazo y aceptación.

Donde:

$$SSA = n \sum_{i=1}^k (y_{i.} - y_{..})^2 \dots$$

$$SSE = SST - SSA$$

$$SST = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_{..})^2$$

**Tabla IV. Análisis de varianza para la clasificación unilateral**

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio              | F Calculada         |
|---------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------|
| Tamaño de partícula | SSA               | k - 1              | $S_1^2 = \frac{SSA}{k - 1}$ | $\frac{S_1^2}{S^2}$ |
| Error               | SSE               | k(n - 1)           | $S^2 = \frac{SSE}{k(n-1)}$  |                     |
| Total               | SST               | nk - 1             |                             |                     |

Este análisis presenta el siguiente modelo:  $y_{ij} = \mu + T_i + \Sigma_{ij}$

Donde :  $y_{ij}$  = son las repeticiones de las corridas a evaluar

$\mu$  = es una constante

$T_i$  = es el comportamiento del nivel altitudinal a tratar..

$\Sigma_{ij}$  = es un término aleatorio

## 5. RESULTADOS

**Tabla V. Porcentaje de aceite esencial obtenido de los distintos niveles altitudinales estudiados**

| Altura    | Masa del lote | Porcentaje de Aceite Obtenido |
|-----------|---------------|-------------------------------|
| 2000 msnm | 4 kg          | 0.0544                        |
|           | 4 kg          | 0.0653                        |
|           | 4 kg          | 0.0721                        |
| 2400 msnm | 4 kg          | 0.0443                        |
|           | 4 kg          | 0.0481                        |
|           | 4 kg          | 0.0565                        |

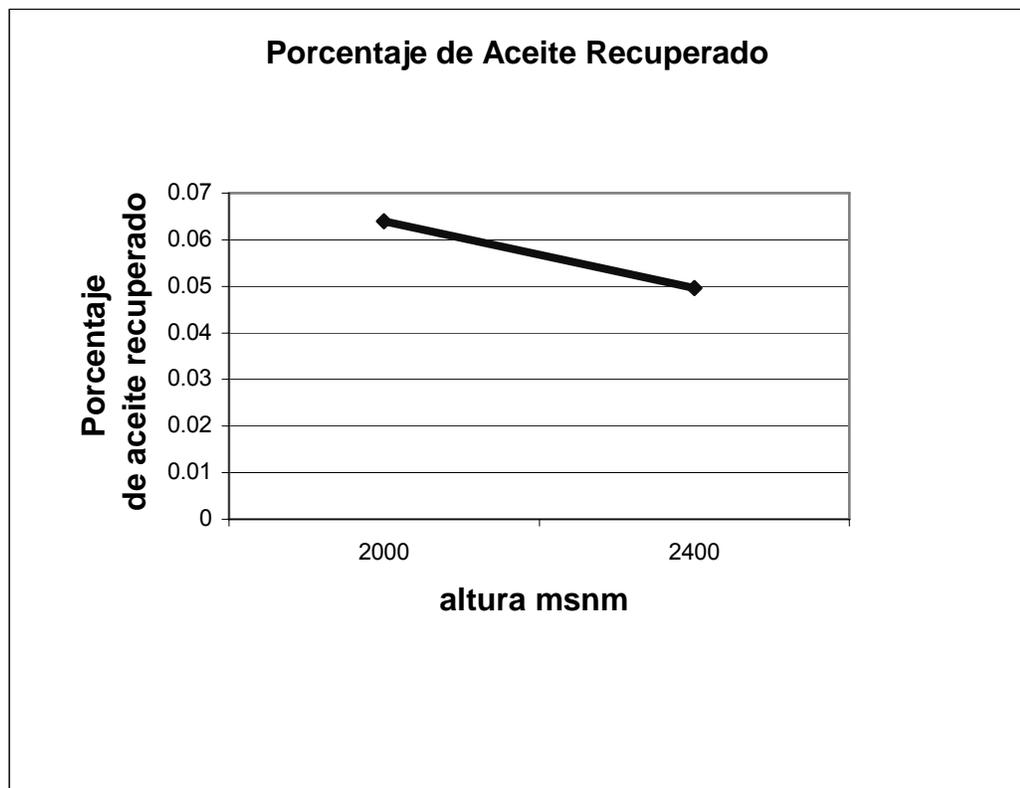
**Tabla VI. Índice de Refracción determinado para el aceite esencial extraído de los dos distintos niveles altitudinales estudiados.**

| Altura     | Masa del lote | Índice de Refracción |
|------------|---------------|----------------------|
| 2000 m snm | 4 kg          | 1.523                |
|            | 4 kg          | 1.508                |
|            | 4 kg          | 1.511                |
| 2400 m snm | 4 kg          | 1.522                |
|            | 4 kg          | 1.531                |
|            | 4 kg          | 1.502                |

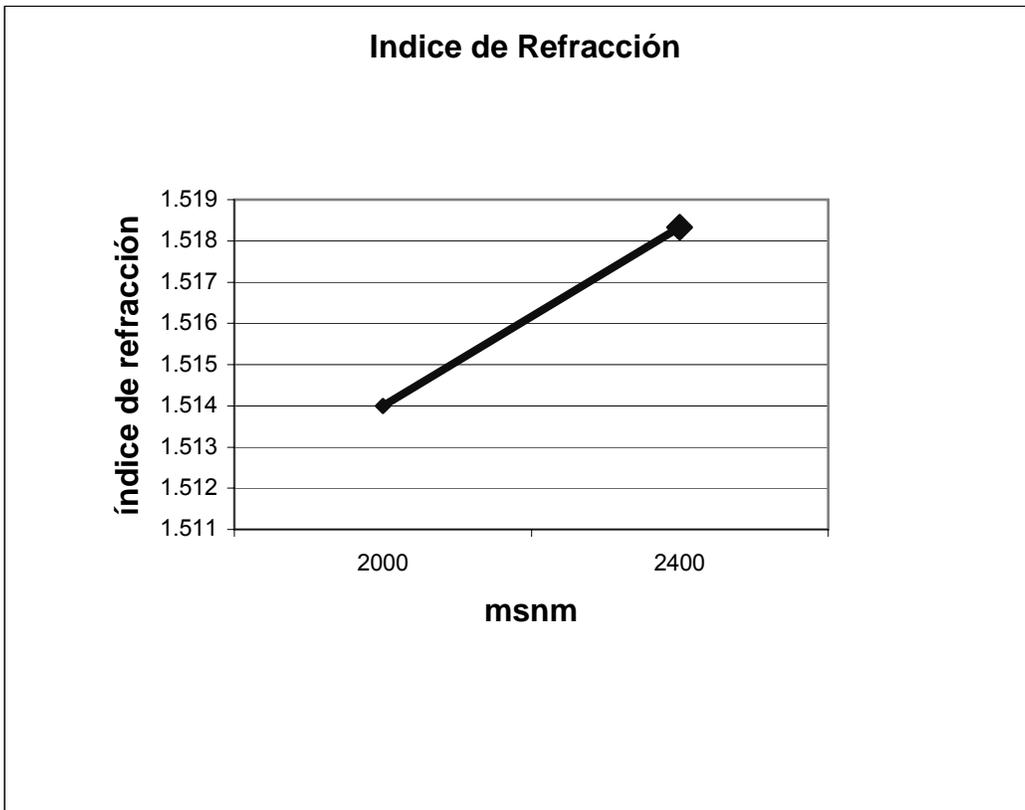
**Tabla VII. Densidades determinadas para el aceite esencial extraído de los dos distintos niveles altitudinales estudiados.**

| Altura     | Masa del lote | Densidad (g/mL) |
|------------|---------------|-----------------|
|            | 4 kg          | 0.92            |
| 2000 m snm | 4 kg          | 0.90            |
|            | 4 kg          | 0.96            |
|            | 4 kg          | 0.89            |
| 2400 m snm | 4 kg          | 0.90            |
|            | 4 kg          | 0.92            |

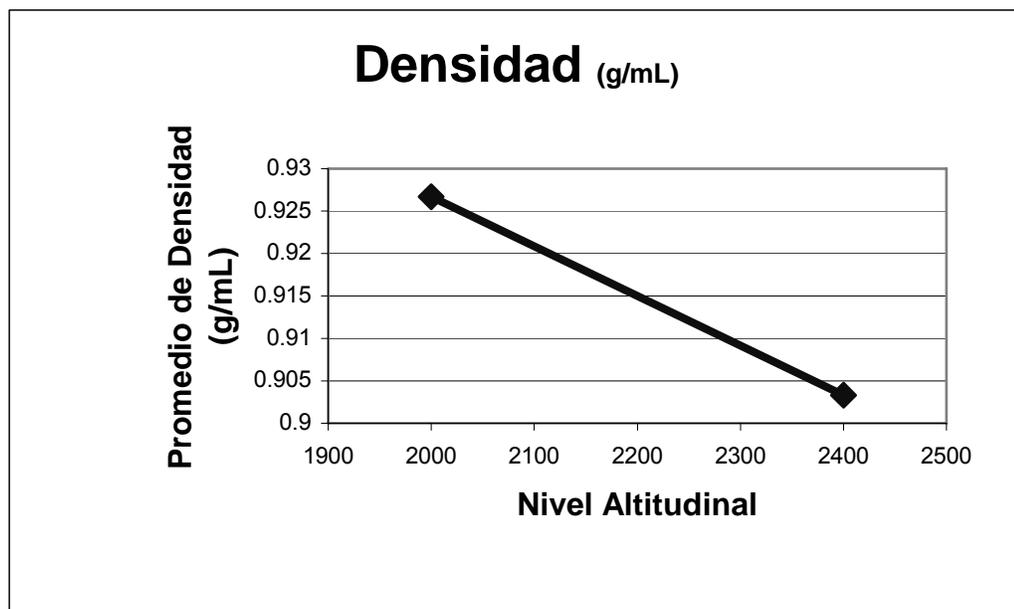
**Figura 5. Porcentaje de aceite esencial obtenido con relación al nivel altitudinal del que procede la planta.**



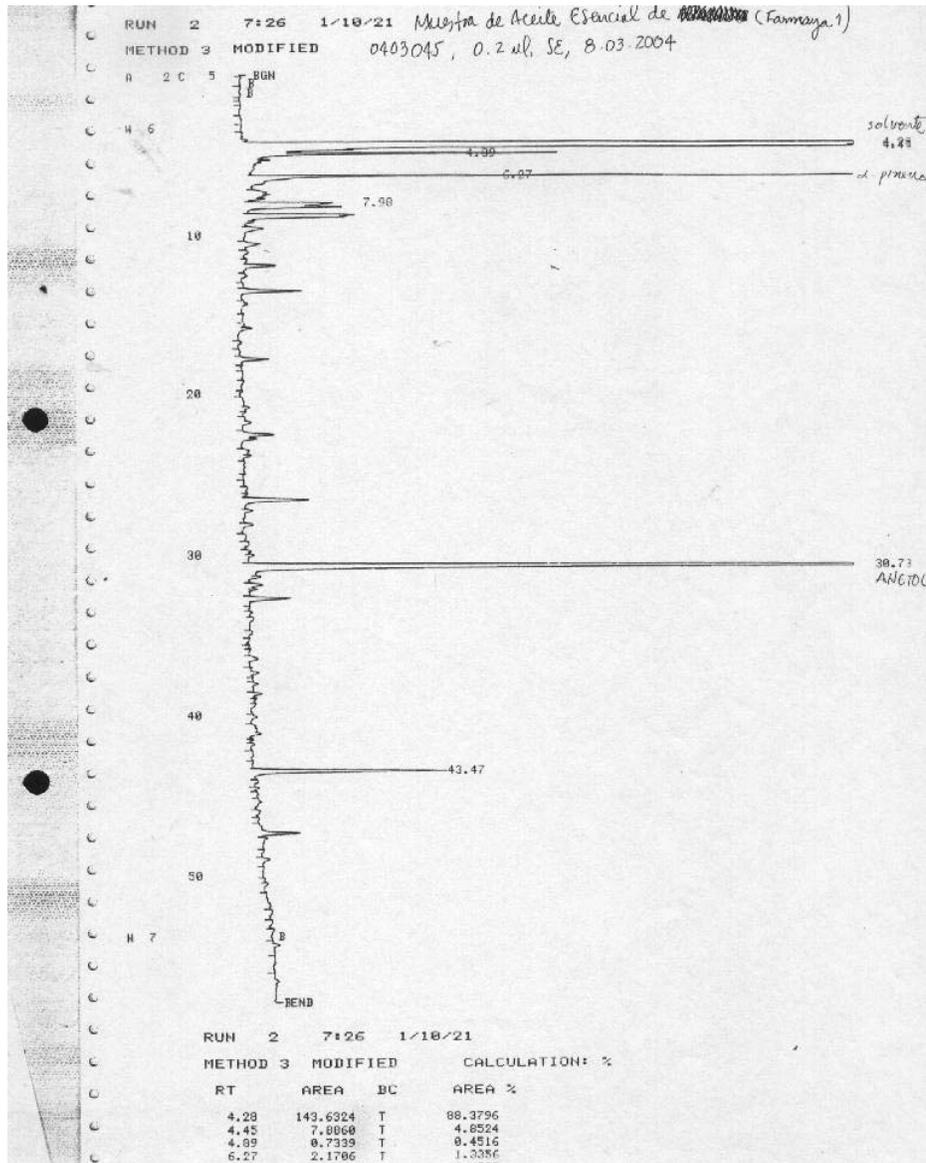
**Figura 6. Índice de refracción del aceite esencial obtenido con relación al nivel altitudinal del que procede la planta.**



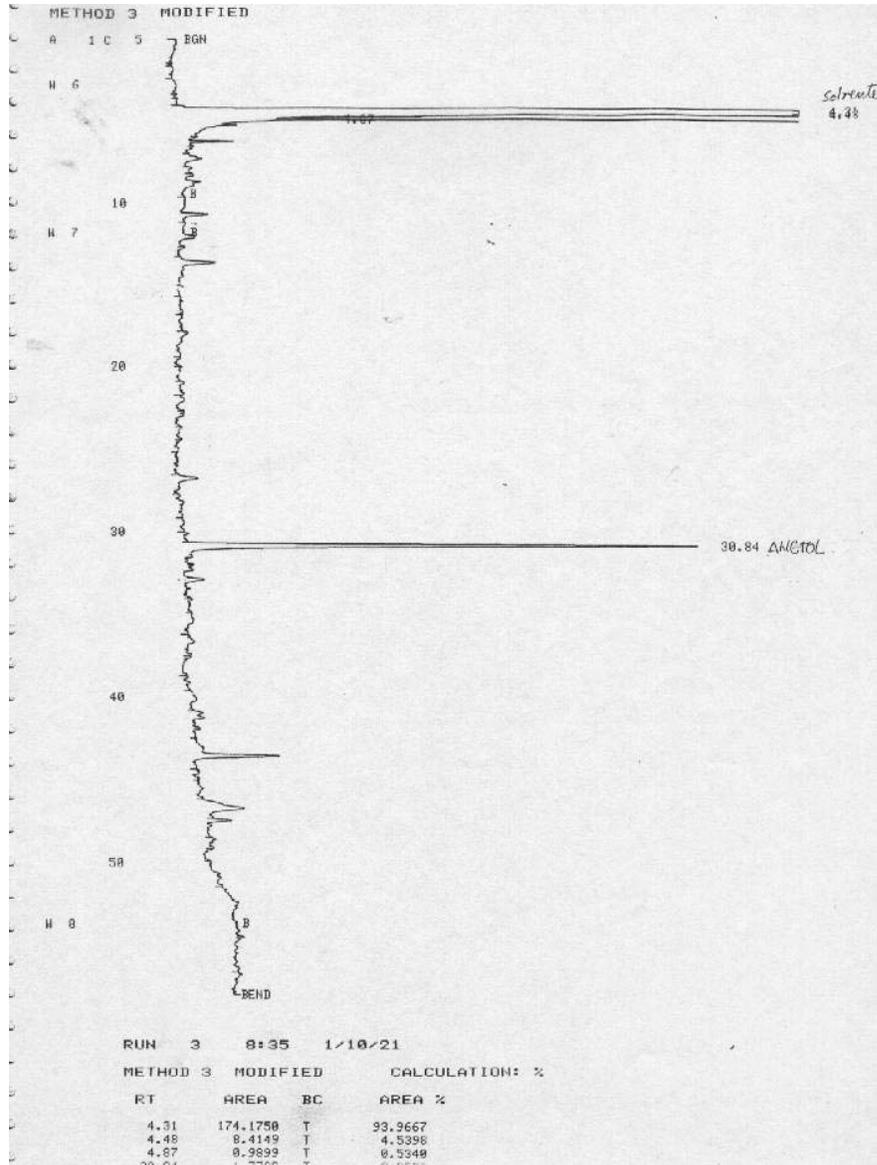
**Figura 7. Densidad con relación al nivel altitudinal del que procede la planta.**



**Figura 8. Cromatografía de gases del aceite esencial  
proveniente de un nivel altitudinal de 2,000 msnm.**



**Figura 9. Cromatografía de gases del aceite esencial  
proveniente de un nivel altitudinal de 2,400 msnm.**



## 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los aceites esenciales constituyen componentes de las plantas que han sido y son usados en diversos productos en la industria, son utilizados en jabones, bebidas, fármacos y muchas más para la elaboración de una gran diversidad de productos, por lo que es interesante ampliar el conocimiento sobre el campo de los aceites esenciales, a través de la investigación de ciertas plantas utilizadas en Guatemala y poder establecer bajo que condiciones de trabajo producen mayor cantidad de aceite esencial y de mejor calidad.

Este proyecto de investigación se planteó con la finalidad de establecer si la planta seca de Hinojo (*Foeniculum Vulgare* Miller) ofrece un mayor rendimiento cuando se extrae por arrastre de vapor, para lo cual se consideró variable controlada la altura sobre el nivel del mar a la que ha crecido la planta manteniendo constante la cantidad de vegetal a destilar (lotes de 6 lb) y el tiempo de operación (periodos de 4 horas).

El aceite esencial de Hinojo obtenido fue almacenado en viales herméticamente sellados y limpios de color ámbar, en refrigeración en un rango de temperatura de 6 a 8 °C. Para luego realizarles pruebas fisicoquímicas (índice de refracción y densidad) y

la cromatografía gaseosa, esta última se llevó a cabo en la Unidad de Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, en la Universidad de San Carlos de Guatemala, para la caracterización del aceite esencial.

En la sección de resultados la figura 5 (Pág. 58) en la cual se evalúa el porcentaje de aceite esencial recuperado con relación al nivel altitudinal del que procede la planta, en esta grafica podemos observar que se obtiene un mayor porcentaje de aceite esencial de la planta procedente de Chiantla con un altitud de 2,000 msnm que de la planta proveniente de Santa Eulalia con un altitud de 2,400 msnm, esto nos sugiere que es de importancia el nivel altitudinal de donde proceda la planta para la extracción, pero siempre hay que tomar en cuenta las características del suelo de donde crece y las condiciones climáticas que predominan en la región.

En las figura 6 Y 7 (Pág. 59 y 60) se evalúan las propiedades fisicoquímicas del índice de refracción y la densidad respectivamente, observándose que el índice de refracción se comporta de manera contraria con la altura sobre el nivel del mar debido a que el aceite extraído de la planta procedente de una altitud de 2,000 msnm tiene mayor índice de refracción que el aceite extraído de la planta procedente de los 2,400 msnm. En cuanto a la densidad posee mayor densidad el aceite esencial procedente de la planta de 2,400 msnm.

Es necesario mencionar que durante el proceso de extracción ocurren dos fenómenos paralelos, uno de ellos es la lixiviación de las sustancias solubles de células rotas y la disolución y difusión de las sustancias solubles de células intactas. Mientras la lixiviación de las sustancias de las células es rápida, la difusión de las sustancias a través de la membrana de células intactas es lenta y requiere etapas de humedecimiento y ablandamiento para aumentar la permeabilidad de la membrana. Es por esto que se necesitó agregar agua a la materia prima vegetal en el proceso de extracción a nivel laboratorio, mientras que a nivel planta piloto el mismo condensado que el vapor fue produciendo dentro del reactor produjo este fenómeno.

Es necesario establecer en un proceso de extracción que se efectuó a nivel planta piloto la selectividad del solvente a utilizar en el proceso.

La selección del solvente esta en función de obtener un extracto cuya composición química contenga la mayor parte de sus constituyentes químicos de la planta o un extracto que contenga solamente constituyentes químicos con una determinada característica, en este caso se utiliza un solvente selectivo de menor polaridad como lo es el hexano el cual extrae las grasas de los vegetales y otros componentes apolares, por lo que este se utiliza en los distintos procesos de extracción.

El solvente en este caso se utilizó para lograr una mejor separación del aceite esencial del hidrolato.

Para el presente estudio, comprobar entre los datos de porcentaje de rendimiento analizados era significativo al aplicar un nivel de significancia del 5 %. Para lo cual se procedió a realizar un análisis de varianza de los datos del porcentaje de rendimiento en función del nivel altitudinal de procedencia de la planta. En estos datos se observa finalmente que el valor de F calculada es mayor que el valor de F crítica para la variable nivel altitudinal. Lo que nos indica que la diferencia entre el nivel altitudinal donde crece la planta sí afecta significativamente el rendimiento de aceite esencial por lo que se rechaza la Hipótesis Ho y se acepta la Hipótesis Hi con una confiabilidad del 95 %.

En las figuras 8 y 9 ( Pág. 61 y 62) se muestran los resultados de las cromatografías de gases realizadas al aceite esencial de Hinojo seco, extraído de las plantas procedentes de 2,000 msnm y 2,400 msnm respectivamente. Dichos análisis permiten llevar a cabo un control de calidad, ya que se utilizó para obtener el perfil cromatografico y cuantificar los principales componentes del aceite esencial de Hinojo.

Para la figura 8 (Pág. 61) el compuesto con mayor presencia lo constituye el anetol con un 3.44 % seguido por el alfa - pineno con un 1.3 %, en dichas graficas también se observa la presencia de

solvente. Mientras que en la figura 9 (Pág.62) se observa únicamente anetol con un 0.96 % y solvente, la aparición de solvente puede ser debido a una mala rotación. Se puede observar que el aceite esencial procedente de una planta cultivada a los 2,000 msnm es de mejor calidad que el aceite esencial extraído de una planta cultivada a los 2,400 msnm.



## CONCLUSIONES

1. En la evaluación con respecto a los componentes mayoritarios (anetol y alfa-pineno) del aceite esencial de Hinojo, se determinó que se encuentran en mayor porcentaje en el aceite esencial procedente de una planta cultivada a los 2,000 msnm, que el aceite esencial extraído de una planta cultivada a los 2,400 msnm.
2. Los análisis fisicoquímicos realizados para el aceite esencial extraído de plantas de 2,000 msnm y 2,400 msnm, muestran diferencias significativas y algunos valores no corresponden con los encontrados en la literatura, como el porcentaje de rendimiento, ya que se logró una menor recuperación que lo citado en la literatura.
3. Los componentes mayoritarios encontrados en el aceite esencial de Hinojo, por medio de la cromatografía de gases fueron anetol y Alfa - pineno.



## **RECOMENDACIONES**

1. Promover estudios económicos que analicen la factibilidad de procesamiento industrial para el aceite esencial de Hinojo.
2. Desarrollar estudios que permitan evaluar el rendimiento de aceite esencial de plantas medicinales y aromáticas, manejando como variable las características fisicoquímicas del suelo en el que se desarrolló la planta.



## **APÉNDICE**



## DATOS ORIGINALES

| Altura     | Masa del lote | Porcentaje de Aceite Obtenido | Índice de Refracción | Densidad (g/ mL) |
|------------|---------------|-------------------------------|----------------------|------------------|
| 2000 m snm | 4 kg          | 0.0544                        | 1.523                | 0.92             |
|            | 4 kg          | 0.0653                        | 1.508                | 0.9              |
|            | 4 kg          | 0.0721                        | 1.511                | 0.96             |
| 2400 m snm | 4 kg          | 0.0443                        | 1.522                | 0.89             |
|            | 4 kg          | 0.0481                        | 1.531                | 0.9              |
|            | 4 kg          | 0.0565                        | 1.502                | 0.92             |

Tabla VIII . Datos Originales

## DATOS CALCULADOS

| <b>ANDEVA PARA PORCENTAJE DE ACEITE OBTENIDO</b> |              |              |   |              |                 |                           |
|--|--------------|--------------|---|--------------|-----------------|---------------------------|
| <b>Porcentaje aceite Obtenido</b>                |              |              |   |              |                 |                           |
| Altura/msnm                                      | Repetición 1 | Repetición 2 |   | Repetición 3 | Totales yi      | Promedio $\bar{y}_i$ .    |
| 2000   | 0.0544       | 0.0653       |   | 0.0721       | 0.1918          | 0.06393333                |
| 2400   | 0.0443       | 0.0481       |   | 0.0565       | 0.1489          | 0.04963333                |
| <b>Cuadrados</b>                                 |              |              |   | $y_{..}$     | 0.3407          | $\bar{y}_{..}$ 0.11356667 |
| <b>Porcentaje aceite obtenido</b>                |              |              |   |              |                 |                           |
| Altura/msnm                                      | Repetición 1 | Repetición 2 |   | Repetición 3 | Totales $y_i^2$ | Promedio $\bar{y}_i$ .    |
| 2000   | 0.00295936   | 0.00426409   | 0 | 0.00519841   | 0.03678724      |                           |
| 2400   | 0.00196249   | 0.00231361   | 0 | 0.00319225   | 0.02217121      |                           |
|  |              |              |   | $y_{..}^2$   | 0.11607649      | $\bar{y}_{..}$            |

Tabla IX. Andeva para porcentaje de aceite obtenido

Tabla X. Continuación de Andeva para porcentaje de aceite obtenido

| Diferencias entre Tratamientos |                   |                       |
|--------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Altura/msnm                    | $y_i - \bar{y}..$ | $(y_i - \bar{y}..)^2$ |
| 2000                           | -0.049633333      | 0.002463468           |
| 2400                           | -0.063933333      | 0.004087471           |
|                                | SSt               | 0.019652817           |

| Diferencias Cuadradas entre Error |                          |                          |                          |                          |            |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|
| Porcentaje aceite Obtenido        |                          |                          |                          |                          |            |
| Altura/msnm                       | $(y_{i1} - \bar{y}_i)^2$ | $(y_{i2} - \bar{y}_i)^2$ | $(y_{i1} - \bar{y}_i)^2$ | $(y_{i3} - \bar{y}_i)^2$ | Total      |
| 2000                              | 9.08844E-05              | 1.86778E-06              | 0                        | 6.66944E-05              | 0.00015945 |
| 2400                              | 2.84444E-05              | 2.35111E-06              | 0                        | 4.71511E-05              | 7.7947E-05 |
|                                   |                          |                          |                          | SSe                      | 0.00023739 |

| ANDEVA                  |                   |                    |  |                    |            |                              |                   |
|-------------------------|-------------------|--------------------|--|--------------------|------------|------------------------------|-------------------|
| Fuente de Variación     | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad |  | Media de Cuadrados | Fo         | Falfa,1,4                    | Conclusión        |
| Entre Alturas           | 0.000306735       | 1                  |  | 0.019652817        | 331.143531 | 5%      1%<br>7.71      21.2 | Sí hay diferencia |
| Error dentro de Alturas | 0.000237393       | 4                  |  | 5.93483E-05        |            |                              |                   |
| total                   | 0.000544128       | 5                  |  |                    |            |                              |                   |

Tabla XI. Andeva para Índice de Refracción

| <b>ANDEVA PARA ÍNDICE DE REFRACCIÓN</b>         |                   |                       |   |              |                 |                        |
|---|-------------------|-----------------------|---|--------------|-----------------|------------------------|
| <b>Índice de Refracción</b>                     |                   |                       |   |              |                 |                        |
| Altura/msnm                                     | Repetición 1      | Repetición 2          |   | Repetición 3 | Totales yi      | Promedio $\bar{y}_i$ . |
| 2000  | 1.523             | 1.508                 |   | 1.511        | 4.542           | 1.514                  |
| 2400  | 1.522             | 1.531                 |   | 1.502        | 4.555           | 1.51833333             |
|   |                   |                       |   | y..          | 9.097           | $\bar{y}..$ 3.03233333 |
| <b>Cuadrados</b>                                |                   |                       |   |              |                 |                        |
| <b>Índice de Refracción</b>                     |                   |                       |   |              |                 |                        |
| Altura/msnm                                     | Repetición 1      | Repetición 2          |   | Repetición 3 | Totales $y_i^2$ | Promedio $\bar{y}_i$ . |
| 2000  | 2.319529          | 2.274064              | 0 | 2.283121     | 20.629764       |                        |
| 2400  | 2.316484          | 2.343961              | 0 | 2.256004     | 20.748025       |                        |
|   |                   |                       |   | $y..^2$      | 82.755409       | $\bar{y}..$            |
| <b>Diferencias Cuadradas entre Tratamientos</b> |                   |                       |   |              |                 |                        |
| Altura/msnm                                     | $y_i - \bar{y}..$ | $(y_i - \bar{y}..)^2$ |   |              |                 |                        |
| 2000  | -1.518333333      | 2.305336111           |   |              |                 |                        |
| 2400  | -1.514            | 2.292196              |   |              |                 |                        |
|   | SSt               | 13.79259633           |   |              |                 |                        |

77

Tabla XII. Continuación de Andeva de Índice de Refracción

| Diferencias entre Error               |                          | Índice de Refracción     |                          |                          |                    |                   |
|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|
| altura/msnm                           | $(y_{i1} - \bar{y}_i)^2$ | $(y_{i2} - \bar{y}_i)^2$ | $(y_{i1} - \bar{y}_i)^2$ | $(y_{i3} - \bar{y}_i)^2$ | total              |                   |
| 2000                                  | 8.1E-05                  | 3.6E-05                  | 0                        | 9E-06                    | 0.000126           |                   |
| 2400                                  | 1.34444E-05              | 0.000160444              | 0                        | 0.000266778              | 0.00044067         |                   |
|                                       |                          |                          |                          | SSe                      | 0.00056667         |                   |
| <b>ANDEVA</b>                         |                          |                          |                          |                          |                    |                   |
| Fuente de Variación                   | Suma de Cuadrados        | Grados de Libertad       | Media de Cuadrados       | Fo                       | Falfa,1,4          | Conclusión        |
| Entre Índice de Refracción            | 2.81667E-05              | 1                        | 13.79259633              | 97359.5035               | 5% 1%<br>7.71 21.2 | Sí hay diferencia |
| Error dentro de Índices de Refracción | 0.000566667              | 4                        | 0.000141667              |                          |                    |                   |
| total                                 | 0.000594833              | 5                        |                          |                          |                    |                   |

Tabla XII. Andeva para densidad

| <b>ANDEVA PARA DENSIDAD (g/mL)</b>              |              |              |            |              |              |              |
|---|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Densidad (g/mL)</b>                          |              |              |            |              |              |              |
| Altura/msnm                                     | Repetición 1 | Repetición 2 |            | Repetición 3 | Totales yi   | Promedio yi. |
| 2000  | 0.92         | 0.9          |            | 0.96         | 2.78         | 0.92666667   |
| 2400  | 0.89         | 0.9          |            | 0.92         | 2.71         | 0.90333333   |
|   |              |              |            | y..          | 5.49         | ȳ.. 1.83     |
| <b>Cuadrados</b>                                |              |              |            |              |              |              |
| <b>Densidad (g/mL)</b>                          |              |              |            |              |              |              |
| Altura/msnm                                     | Repetición 1 | Repetición 2 |            | Repetición 3 | Totales yi^2 | Promedio yi. |
| 2000  | 0.8464       | 0.81         | 0          | 0.9216       | 7.7284       |              |
| 2400  | 0.7921       | 0.81         | 0          | 0.8464       | 7.3441       |              |
|   |              |              |            | y..^2        | 30.1401      | ȳ..          |
| <b>Diferencias Cuadradas entre Tratamientos</b> |              |              |            |              |              |              |
| Altura/msnm                                     | yi - ȳ..     | (yi - ȳ..)^2 |            |              |              |              |
| 2000  | -0.90333333  | 0.81601111   |            |              |              |              |
| 2400  | -0.92666667  | 0.85871111   |            |              |              |              |
|   |              | SSt          | 5.02416667 |              |              |              |

Tabla XIV. Continuación Andeva para densidad

| Diferencias entre Error    |   |   |   |   |            |      |                   |
|----------------------------|---|---|---|---|------------|------|-------------------|
| Densidad                   |   |   |   |   |            |      |                   |
| altura/msnm                | (y <sub>i1</sub> - $\bar{y}_i$ ) <sup>2</sup> | (y <sub>i2</sub> - $\bar{y}_i$ ) <sup>2</sup> | (y <sub>i1</sub> - $\bar{y}_i$ ) <sup>2</sup> | (y <sub>i3</sub> - $\bar{y}_i$ ) <sup>2</sup> | total      |      |                   |
| 2000                       | 4.44444E-05                                   | 0.000711111                                   | 5760000                                       | 0.001111111                                   | 5760000    |      |                   |
| 2400                       | 0.000177778                                   | 1.11111E-05                                   | 0   | 0.000277778                                   | 0.00046667 |      |                   |
|                            |   |   |   | SSe   | 5760000    |      |                   |
| ANDEVA                     |   |   |   |   |            |      |                   |
| Fuente de Variación        | Suma de Cuadrados                             | Grados de Libertad                            | Media de Cuadrados                            | Fo  | Falfa,1,4  |      | Conclusión        |
| Entre Densidades           | 0.000816667                                   | 1   | 5.024166667                                   | 3.489E-06                                     | 5%         | 1%   | Sí hay diferencia |
| Error dentro de Densidades | 0.002333333                                   | 4   | 1440000.001                                   |   | 7.71       | 21.2 |                   |
| Total                      | 0.00315                                       | 5   |   |   |            |      |                   |



## BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar Girón, José Ignacio. **“Relación de unos aspectos de la flora util en Guatemala.”** 2ª. Edición; Guatemala: Tipografía Nacional, 1966.
2. Cabrera, Luis. **“Plantas curativas de México.”** 4ª. Edición; México: Editores mexicanos Unidos, S.A. 1990.
3. Cáceres, Armando. **“Plantas de uso medicinal en Guatemala.”** 1ª. edición. Guatemala : Editorial Universitaria, 1996.
4. Crespo, Rogelio e Isabel Gracia Mora. **“Atlas de las plantas medicinales y curativas.”** España: Editorial Cultural, S.A.1997.
5. Domínguez, Xorge A. **“Métodos de investigación fotoquímica”** México Editorial Limusa, 1985.
6. Gumel, Dietrich. **“Aceites esenciales y aromaterapias”**. 2ª. edición; España: Editorial Immwe, 1994
7. Helman, Jose.”**Farmacotecnia”**. México; Editorial Atlant, S.A.

8. KIRK, R., **“Enciclopedia de tecnología Química”**, Edición en Español. México: Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, 1961.
9. Lawless, Julia. **“The enciclopedia of essential Oilz.”** Element, Books Inc. 1992.
10. PERRY & CHILTON, **“Manual del Ingeniero químico”**, 3ª. edición, México: Editorial McGraw-Hill, 1990.
11. Rafols, Wilfredo. **“Experimentos e investigaciones resultados analíticos asociación de productos de aceites esenciales (APAE)”**. Oficina de investigación Técnica de Guatemala ,1968.
12. Walpole, Ronald. **“Probabilidad y estadística”** 4ª. edición. México; McGrawHill,1997.
13. [www.google.com](http://www.google.com) Fecha de consulta: 2004-06-10

