



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

**COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE DOS
ESPECIES DE EUCALIPTO (*Eucalyptus citriodora* Hook y *Eucalyptus
camaldulensis* Dehnh), APLICANDO EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN
A NIVEL LABORATORIO**

Mauricio Leonardo de León Juárez

Asesorado por: Inga. Telma Maricela Cano Morales

Guatemala, junio de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE DOS
ESPECIES DE EUCALIPTO (*Eucalyptus citriodora* Hook y *Eucalyptus
camaldulensis* Dehnh), APLICANDO EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN
A NIVEL LABORATORIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

MAURICIO LEONARDO DE LEÓN JUÁREZ

ASESORADO POR: INGENIERA TELMA MARICELA CANO MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

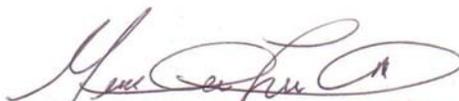
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Eduardo Calderón García
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
EXAMINADOR	Ing. Jorge Rodolfo García Carrera
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

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:

**COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE DOS
ESPECIES DE EUCALIPTO (*Eucalyptus citriodora* Hook y *Eucalyptus
camaldulensis* Dehnh), APLICANDO EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN
A NIVEL LABORATORIO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, el 11 de marzo de 2008.



MAURICIO LEONARDO DE LEÓN JUÁREZ



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Guatemala, 11 de Abril del 2008

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
Director de la Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero:

El motivo de la presente es para darle a conocer que he revisado el informe final del trabajo de graduación del estudiante MAURICIO LEONARDO DE LEÓN JUÁREZ con carné número 2000-11004, titulado: **COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE DOS ESPECIES DE EUCALIPTO (*Eucalyptus Citriodora* Hook y *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh), APLICANDO EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN A NIVEL LABORATORIO.**

Habiendo encontrado el informe final del trabajo de graduación satisfactorio, lo remito a su consideración para proceder a la respectiva revisión.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Inga. Telma Maricela Cano Morales
Colegiado No. 433
Supervisora de Laboratorio
Sección Química Industrial –CII–
Asesora del Trabajo de graduación





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

Guatemala, 29 de mayo de 2008
Ref. EI.Q.151.2008

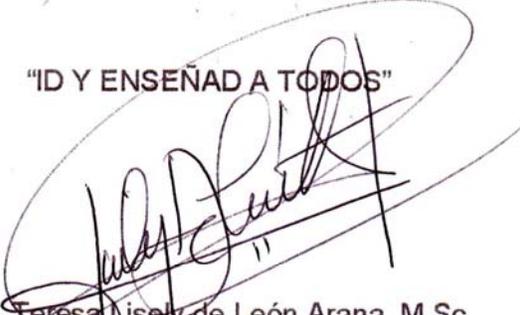
Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-049-08-B-IF le informo que reunidos los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del informe final del trabajo de graduación, para optar al título de INGENIERO QUÍMICO al estudiante universitario **MAURICIO LEONARDO DE LEÓN JUÁREZ**, identificado con carné No. **2000-11004**, titulado: **COMPARACION DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE DOS ESPECIES DE EUCALIPTO (EUCALYPTUS CITRIODORA HOOK Y EUCALYPTUS CAMALDULENSIS DEHNH) APLICANDO EL METODO DE HIDRODESTILACION A NIVEL LABORATORIO**, el cual ha sido asesorado por la Ingeniera Química, Telma Maricela Cano Morales como consta en el Acta.

Habiendo encontrado el referido informe final **satisfactorio**, se procede a recomendarle autorice al estudiante de **León Juárez** proceder con los trámites requeridos de acuerdo a normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Inga. Teresa Lisely de León Arana, M.Sc.

COORDINADORA
Tribunal que revisó el informe final
Del trabajo de graduación



El Director de la Escuela de Ingeniería Química Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía M. Sc. después de conocer el dictamen de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el trabajo de graduación del estudiante: **Mauricio Leonardo de León Juárez** titulado: **“COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE DOS ESPECIES DE EUCALIPTO (*Eucalyptus citriodora* Hook y *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh), APLICANDO EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN A NIVEL LABORATORIO”**, procede a la autorización del mismo, ya que reúne rigor, coherencia y calidad requeridos.

Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía

DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA



Guatemala, junio de 2,008.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 212.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE DOS ESPECIES DE EUCALIPTO (Eucalyptus citriodora Hook y Eucalyptus camaldulensis Dehnh), APLICANDO EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN A NIVEL LABORATORIO**, presentado por el estudiante universitario **Mauricio Leonardo de León Juárez**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, junio de 2008



/gdech

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XV
HIPÓTESIS	XII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO	25
2.1. Aceites esenciales	25
2.1.1. Definición	25
2.1.2. Fuentes de los aceites esenciales	27
2.1.3. Productos	27
2.1.4. Propiedades fisicoquímicas de los aceites esenciales	27
2.1.5. Propiedades físicas de los aceites esenciales	29
2.1.6. Propiedades farmacológicas	29
2.1.7. Usos de los aceites esenciales	30
2.2. Extracción de aceites esenciales	31
2.2.1. Criterios de calidad	31
2.2.2. Control de calidad	31
2.2.3. Categorías en mercado	32
2.3. Métodos de extracción de aceites esenciales	32

2.3.1. Destilación	33
2.3.1.1. Hidrodestilación	34
2.3.1.2. Destilación en arrastre con vapor directo	34
2.3.1.3. Destilación mixta	35
2.3.2. Expresión en frío	35
2.3.3. Maceración	36
2.3.4. Extracción con solventes volátiles	36
2.3.5. Enfloración (Enfleurage)	36
2.4. Materia prima	37
2.4.1. Reducción de la materia prima	37
2.5. Eucalipto	38
2.5.1. Descripción	38
2.5.2. Características de la plantas de eucalipto	38
2.5.2.1. Hojas jóvenes	39
2.5.2.2. Flores	39
2.5.2.3. Frutos	39
2.5.2.4. Especies de eucaliptos	39
2.5.3. Propiedades medicinales del eucalipto	40
2.5.3.1. Propiedades antiinflamatorias	40
2.5.3.2. Propiedades antimicrobianas	41
2.5.3.3. Efectos cardiovasculares	41
2.5.4. <i>Eucalyptus Citriodora</i>	42
2.5.4.1. Características la especie	42
2.5.4.2. Propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de <i>Eucalyptus Citriodora</i> Hook.	43
2.5.4.3. Descripción	43
2.5.4.4. Origen	44
2.5.4.5. Localización	44
2.5.4.6. Curiosidades	44

2.5.4.7.	Forma de recolección	44
2.5.4.8.	Propiedades medicinales reconocidas	45
2.5.4.9.	Formas farmacéuticas descritas	45
2.5.4.10.	Principales usos	45
2.5.4.11.	Otras propiedades atribuidas (aún no aprobadas)	45
2.5.4.12.	Componentes	45
2.5.5.	<i>Eucalyptus Camaldulensis</i>	46
2.5.5.1.	Características	46
2.5.5.2.	Etimología	46
2.5.5.3.	Descripción	46
2.5.5.4.	Propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh.	47
2.5.5.5.	Principales componentes	47
2.5.5.6.	Datos del cultivo	49
2.5.5.7.	Importancia y usos	49
3.	METODOLOGÍA	51
3.1.	Ubicación	51
3.2.	Recursos Humanos	51
3.3.	Recursos Materiales	52
3.4.	Obtención de materia prima	52
3.4.1.	Características del suelo	52
3.4.2.	Clima	53
3.4.3.	Geología	53
3.4.4.	Génesis del suelo	53
3.4.5.	Tipo de suelo	53
3.5.	Equipo	54
3.6.	Cristalería	56
3.7.	Procedimiento	57

3.7.1. Preparación de la materia prima	57
3.7.2. Obtención del aceite esencial	57
3.8. Metodología experimental	59
3.8.1. Diseño de tratamientos	59
3.8.2. Manejo del experimento	60
3.8.3. Método de extracción de aceite esencial	61
3.8.3.1. Extracción por medio de hidrodestilación a nivel Laboratorio	61
3.9. Propiedades fisicoquímicas del aceite esencial	61
3.9.1. Determinación del índice de refracción	61
3.9.2. Análisis cromatográfico	62
3.10. Diseño del estudio	62
3.11. Análisis estadístico	63
4. RESULTADOS	69
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	75
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
BIBLIOGRAFÍA	89
APÉNDICES	95
ANEXOS	121

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Clasificación de lípidos.	25
2	Molécula 1,8 Cineol.	26
3	Molécula Citronelal.	26
4	Ejemplo de cromatograma, cromatografía de gases de aceite esencial de <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh.	48
5	Secador eléctrico de bandejas. Planta Piloto, Centro de Investigaciones de Ingeniería.	54
6	Plancha de Calentamiento. Laboratorio Química Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería -CII-.	54
7	Balanza Analítica Laboratorio Química Industrial –CII-.	55
8	Balanza de Humedad Laboratorio Química Industrial	55
9	Refractómetro, Laboratorio Química Industrial	56
10	Equipo de Extracción Neoclevenger, Laboratorio Química Industrial –CII-	58
11	Bomba de Recirculación de Agua, Laboratorio Química Industrial Centro de Investigaciones de Ingeniería –CII-	59
12	Rendimiento porcentual promedio de dos especies de eucalipto: <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh y <i>Eucalyptus Citriodora</i> Hook en función del tiempo de extracción	69

13	Índice de refracción promedio de dos especies de eucalipto: <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh y <i>Eucalyptus Citriodora</i> Hook en función del tiempo de extracción.	70
14	Porcentaje de área de los componentes presentes en el aceite esencial de la especie de <i>Eucalyptus Citriodora</i> Hook.	71
15	Nivel de confianza de los componentes presentes en el aceite esencial de la especie de <i>Eucalyptus Citriodora</i> Hook.	72
16	Porcentaje de área de los componentes presentes en el aceite esencial de la especie de <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh.	73
17	Nivel de confianza de los componentes presentes en el aceite esencial de la especie de <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh.	73
18	Rendimiento de extracción de aceite esencial de dos especies de eucalipto: <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh y <i>Eucalyptus Citriodora</i> Hook en función del tiempo.	99
19	Índice de refracción a 22°C de cada una de las especies de eucalipto: <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh y <i>Eucalyptus Citriodora</i> Hook en función del tiempo.	102
20	Hojas de <i>Eucalyptus Citriodora</i> Hook, provenientes de las plantaciones ubicadas en la planta San Miguel de Cementos Progreso, en el municipio de Sanarate, departamento de El Progreso.	105
21	Hojas de <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh, provenientes de las plantaciones ubicadas en la planta San Miguel de Cementos Progreso, en el municipio de Sanarate, departamento de El Progreso.	106

22	Goteros conteniendo aceite esencial de las dos especies de eucalipto, extraído a nivel laboratorio.	107
23	Cromatograma para una muestra de aceite esencial de <i>Eucalyptus Citriodora</i> Hook.	109
24	Cromatograma para una muestra de aceite esencial de <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh.	113
25	Diagrama de causa y efecto para el proceso de extracción de aceites esenciales a nivel laboratorio.	119
26	Requisitos académicos para la elaboración de trabajos de graduación, en Ingeniería Química, sobre extracción de aceites esenciales a nivel laboratorio.	120

TABLAS

I	Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.	2
II	Análisis de Varianza: experimento de dos factores (tiempo y especies de eucalipto) con tres réplicas (una, dos y tres horas).	63
III	Análisis de Varianza para el experimento de dos factores (tiempo y especies).	65
IV	Orden en el que se llevaron a cabo los tratamientos para cada una de las especies de eucalipto.	66
V	Componentes del aceite esencial de la especie de <i>Eucalyptus Citriodora</i> Hook, obtenidos a partir de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de gases.	71
VI	Componentes del aceite esencial de la especie de <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh, obtenidos a partir de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de gases.	72
VII	Comparación de los componentes activos presentes en cada una de las especies de eucalipto.	74

VIII	Porcentajes de rendimiento de extracción para las dos especies de eucalipto utilizando el método de hidrodestilación a nivel laboratorio.	97
IX	Índices de Refracción a 22°C para las dos especies de eucalipto utilizando un refractómetro Fisher Scientific.	98
X	Análisis de varianza del rendimiento de extracción en función del tipo de especie, el tiempo y la relación especie tiempo.	100
XI	Análisis de comparación múltiple de tiempos de extracción para las dos especies de eucalipto.	100
XII	Prueba de Tukey para el rendimiento de extracción de las dos especies de eucalipto: <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh y <i>Eucalyptus Citriodora</i> Hook en función del tiempo.	101
XIII	Análisis de varianza del índice de refracción en función del tipo de especie, el tiempo y la relación especie tiempo.	103
XIV	Análisis de comparación múltiple de tiempos de extracción para las dos especies de eucalipto: <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh y <i>Eucalyptus Citriodora</i> Hook.	103
XV	Prueba de Tukey para el índice de refracción de las dos especies de eucalipto: <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh y <i>Eucalyptus Citriodora</i> Hook en función del tiempo.	104

LISTA DE SÍMBOLOS

Hi	Hipótesis alternativa
Ho	Hipótesis nula
G	Gramos
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
N.C.	Nivel de confianza
SSA	Suma de cuadrados para tratamientos del factor A
SSB	Suma de cuadrados para tratamientos del factor B
SS(AB)	Suma de cuadrados de la interacción de los factores A y B
SSE	Suma de los cuadrados para el error
SST	Suma de cuadrados total
F	Razón de varianza
°C	Grados Celsius
%	Porcentaje
Wo	Peso inicial del gotero con aceite esencial
Wf	Peso final del gotero con aceite esencial
Wh	Peso de las hojas secas molidas

GLOSARIO

Aceites esenciales	Lípidos no relacionados con ácidos grasos. Compuestos terpenoides derivados por condensación del isopreno.
Antiséptico	Sustancia que destruye los microbios o evita su existencia.
Antitusígeno	Eficaz contra la tos.
Aromaterapia	Utilización médica de los aceites esenciales.
Astringente	Sustancia que contrae los tejidos orgánicos.
Destilación	Separación de los componentes de una mezcla de dos o más líquidos en virtud de sus presiones de vapor.
Eucalyptus	Clasificación científica utilizada para nombrar a los árboles de eucalipto.
Extracción	Método empleado tanto comercialmente como en el laboratorio para separar una sustancia de una mezcla o disolución.
Hipótesis	Proposición cuya verdad o validez no se cuestiona en un primer momento, pero que permite iniciar una cadena de razonamientos que luego puede ser adecuadamente verificada.

Índice de refracción	Relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en la sustancia o el medio transparente. Número, mayor que la unidad y sin unidades, es una constante característica de cada medio y representa el número de veces que es mayor la velocidad de la luz en el vacío que en ese medio.
Isopreno	Hidrocarburo doblemente insaturado que se emplea como bloque unidad de cinco carbonos en la biosíntesis de los terpenos.
Monoterpenos	Terpenos que contienen diez átomos de carbono (dos unidades de isopreno)
Myrtaceae	Nombre científico de la familia de las mirtáceas, el cual es el nombre común de una familia de árboles y arbustos concentrada sobre todo en las regiones tropicales de América y Asia.
Pedicelo	En las plantas se refiere a los tallos florales de tal longitud que todas las flores quedan a la misma altura
Quimio	Indica relación con la química, sus productos y sus procesos.
Sesquiterpeno	Terpenos que contienen quince átomos de carbono (tres unidades de isopreno)

RESUMEN

En el presente estudio de graduación se evaluó la diferencia significativa en el rendimiento de dos especies de eucalipto, *Eucalyptus Citriodora* de una edad aproximada de cinco años y *Eucalyptus Camaldulensis* de una edad aproximada de dos años, a nivel laboratorio, aplicando el método de hidrodestilación. La materia prima fue recolectada en las plantaciones ubicadas en la planta San Miguel de Cementos Progreso, municipio de Sanarate, departamento de El Progreso a 813 msnm.

La parte de la planta utilizada fueron las hojas de las dos especies de eucalipto, las cuales se secaron a una temperatura de 40°C, trituradas y tamizadas previamente para cada unidad de experimentación. El porcentaje de humedad de las hojas de eucalipto inicialmente se encontraba en un 80% y después del secado fue del 5% al 9%.

Además del rendimiento, se determinó el índice de refracción a 22°C y se caracterizaron las muestras de aceite esencial de las dos especies de eucalipto por medio de un análisis de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM).

Para la especie *Camaldulensis* se registró un máximo rendimiento porcentual promedio de $1,1510 \pm 0,0546$ correspondiente a un tiempo de extracción de tres horas y para la especie *Citriodora*, un máximo valor de rendimiento porcentual promedio de $0,7789 \pm 0,1260$ correspondiente a un tiempo de tres horas. Además, se observó que el rendimiento es mayor para la especie *Camaldulensis* que para la especie *Citriodora*.

El índice de refracción medido por medio de un refractómetro marca Fisher Scientific. Se encontró que para la especie de *Eucalyptus Camaldulensis* fue mayor que para la especie de *Eucalyptus Citriodora* y estos fueron casi constantes.

En el análisis cromatográfico se encontraron para la especie *Camaldulensis* componentes monoterpénicos y de fracción sesquiterpénica, siendo de igual forma para la especie *Citriodora*. Entre los componentes que se encontraron en las dos especies fueron: Carvacrol, Beta Cariofileno, Citronelal y Citronelol.

En el análisis estadístico se determinó que el rendimiento de extracción no tiene diferencia significativa respecto al tiempo o a la interacción especie tiempo, ya que este sólo depende de las especies. En cuanto al índice de refracción ocurre de la misma manera que para el rendimiento, el cual depende sólo de las especies.

HIPÓTESIS

El porcentaje de rendimiento de aceite esencial de *Eucalyptus Citriodora* es diferente que para el *Eucalyptus Camaldulensis* dependiendo del tiempo de extracción.

HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

HIPÓTESIS NULA

Ho: No existe diferencia significativa en el rendimiento de aceite esencial de eucalipto, utilizando para la extracción cualquiera de las dos especies de eucalipto y variando sus tiempos de extracción.

$$\mu_{RiT_i} = \mu_{RjT_j}$$

donde:

μ_{RiT_i} : rendimiento de eucalipto de la interacción del i-ésimo experimento especie-tiempo de extracción.

μ_{RjT_j} : rendimiento de eucalipto de la interacción del j-ésimo experimento especie -tiempo de extracción.

HIPÓTESIS ALTERNA

H1: Existe diferencia significativa en el rendimiento de aceite esencial de eucalipto, utilizando para la extracción cualquiera de las dos especies de eucalipto y variando sus tiempos de extracción.

$$\mu R_i T_i \neq \mu R_j T_j$$

donde:

$\mu R_i T_i$: rendimiento de eucalipto de la interacción del i-ésimo experimento especie-tiempo de extracción.

$\mu R_j T_j$: rendimiento de eucalipto de la interacción del j-ésimo experimento especie -tiempo de extracción.

OBJETIVOS

General:

Evaluar los rendimientos de extracción de aceite esencial en follaje de las dos especies de eucalipto, *Camaldulensis* y *Citriodora*, provenientes de las plantaciones ubicadas en la planta de San Miguel de Cementos Progreso, en el municipio de Sanarate, departamento de El Progreso, utilizando el Método de Hidrodestilación a nivel laboratorio.

Específicos:

1. Determinar las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de cada una de las especies de eucalipto.
2. Determinar por cromatografía de gases la composición química de los compuestos terpenoides seleccionados.
3. Evaluar la diferencia significativa entre los rendimientos de extracción de aceite esencial de las especies estudiadas a nivel laboratorio, por medio de Hidrodestilación utilizando materia vegetal seca, manteniendo la relación soluto líquido extractor constante y variando los tiempos de extracción.

INTRODUCCIÓN

El uso de los aceites esenciales hoy en día es de gran importancia debido a que suelen ser utilizados en distintas industrias tales como: la industria farmacéutica, cosmética, alimenticia, etc.

Esto hace que los aceites esenciales puedan ser parte importante en el desarrollo de la industria guatemalteca, ya que como sabemos, nuestro país posee una amplia riqueza en lo que a flora se refiere.

El eucalipto es una de esas plantas que poseen aceites esenciales y puede ser utilizado como componente activo, principalmente en la industria farmacéutica, ya que contiene grandes propiedades medicinales y es utilizado ampliamente en muchos de estos productos, así como en la industria cosmética e incluso en la industria alimenticia.

Existen diferentes especies de eucalipto y entre éstas tenemos la especie de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh. y la especie de *Eucalyptus Citriodora* Hook. Dichas especies poseen características similares pero no en la misma proporción, ya que contienen propiedades fisicoquímicas muy diversas las cuales dependen de muchos factores, como por ejemplo, la época de recolección, su ubicación geográfica o incluso pequeños cambios genéticos propios de la especie.

Debido a la diversidad de cada una de las especies, así también son los usos que se pueden dar a ellas, como por ejemplo, la especie *Citriodora* es ampliamente utilizada en la industria de perfumería por su característico olor a limón, mientras que la especie *Camaldulensis* tiene mayor potencial como madera, por su alto contenido calórico.

En el presente trabajo de graduación se evaluó la diferencia significativa del rendimiento de extracción de aceite esencial de las dos especies de eucalipto a nivel laboratorio, por medio del método de extracción de hidrodestilación, utilizando materia vegetal seca, manteniendo la cantidad de materia constante y variando los tiempos de extracción, así como la determinación del índice de refracción y su composición química por medio de cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-EM).

La materia prima fue recolectada de las plantaciones ubicadas en la planta San Miguel de Cementos Progreso, en el municipio de Sanarate, departamento de El Progreso y se ha visto como una forma de aprovechamiento de las hojas de eucalipto, debido a que actualmente son utilizadas como un combustible alternativo en la producción de cemento.

1. ANTECEDENTES

Como parte del presente trabajo de graduación se ha elaborado un cuadro comparativo de los estudios realizados acerca de la extracción de aceites esenciales que se han llevado a cabo hasta la fecha en la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

En la tabla I se observan los estudios realizados sobre extracción de aceites esenciales, entre los cuales se encuentran las siguientes especies de plantas: albahaca, semilla de ambrette, apio, cardamomo, citronela, clavo, copal, cordoncillo, eucalipto, hierbabuena, higo, hinojo, jengibre, laurel, lippia alba, manzanilla, naranja, naranja agria, orégano, romero, té de limón y tomillo, haciendo un total de treinta y un estudios. Estos estudios fueron realizados en algunos casos a nivel laboratorio, en otros, a nivel planta piloto y otros, en ambas escalas.

Se utilizaron parámetros de comparación como: la procedencia de materia prima, porcentaje de rendimiento de extracción del aceite esencial, parte de la planta utilizada en la extracción de aceites esenciales, principios activos, aplicaciones, métodos de extracción utilizados, así como los nombres de los estudiantes que realizaron dichos estudios, sus respectivos asesores y el año en el que se efectuaron.

Tabla I. Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
1	ALBAHACA <i>(Ocimum Basilicum)</i>	EXTRACCIÓN Y DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE OCIMUM BASILICUM (ALBAHACA) EN FUNCIÓN DE LA ESTACIÓN DE RECOLECCIÓN Y DEL TAMAÑO DE LOTE OBTENIDOS POR MEDIO DE ARRASTRE CON VAPOR A NIVEL LABORATORIO	PERNILLA DE LEÓN, MARÍA DE LOS ANGELES; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; NOVIEMBRE 2002	PLANTAS AROMÁTICAS, FACULTAD DE AGRONOMÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO PROMEDIO PARA CINCUENTA GRAMOS: 2,91%	ALBAHACA CON LA MAYOR CANTIDAD DE SUMIDADES FLORIDAS	EUCALIPTOL (2,24% EN INVIERNO, 3,80% EN VERANO); LINALOL (59,77% EN INVIERNO, 82,14% EN VERANO); ALCANFOR (8,00% EN INVIERNO, 10,16% EN VERANO)	INDUSTRIA DE COSMÉTICOS, ALIMENTOS, PINTURAS, PERFUMES, MEDICAMENTOS (CON PROPIEDADES ANTIESPASMÓDICAS Y CARMINATIVAS)	ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA	LABORATORIO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
2	ALBAHACA (<i>Ocimum Basilicum L</i>)	COMPARACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE LOS MÉTODOS DE ARRASTRE CON VAPOR DIRECTO Y ARRASTRE CON VAPOR DIRECTO APLICANDO MACERACIÓN A NIVEL PLANTA PILOTO. EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA (<i>Ocimum Basilicum L</i>) EN FRESCO	HERNÁNDEZ LÓPEZ, MISCHAEL. INGA. TELMA MARICELA CANO; AGOSTO 2002	SECTOR DE PLANTAS MEDICINALES DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS	ARRASTRE CON VAPOR DIRECTO 0,088%; ARRASTRE CON VAPOR DIRECTO Y APLICANDO MACERACIÓN 0,110%	HOJAS, FLORES, TALLOS SUAVES	LINALOL, ALFA PINENO, CANFENO, MIRCENO, LIMONENO, CINEOL	INDUSTRIA FARMACÉUTICA, ALIMENTOS, PERFUMERÍA Y COSMÉTICOS.	ARRASTRE CON VAPOR DIRECTO, ARRASTRE CON VAPOR DIRECTO Y APLICANDO DE MACERACIÓN	PLANTA PILOTO
3	AMBRETTE (<i>Hubiscus Abelmoschus , Linn</i>)	EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LA SEMILLA DE AMBRETTE (HUBISCUS ABELMOSCHUS , LINN) POR MEDIO DE ÉTER ETÍLICO VARIANDO EL TIEMPO DE AGITACIÓN Y LA CANTIDAD DE SEMILLA MOLIDA A UN VOLUMEN CONSTANTE DE 100 ml.	REYES BARRERA, RUTH EMILSA; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; JUNIO 1996	NO VERIFICABLE	NO SE DETERMINÓ PORCENTAJE DE RENDIMIENTO	SEMILLA DE AMBRETTE TRITURADA	NO VERIFICABLE	INDUSTRIA DE PERFUMERÍA Y COSMÉTICOS COMO FIJADOR ENCARGADO DE REGULAR LA EVAPORACIÓN DE LOS PERFUMES	EXTRACCIÓN DE ACEITES POR SOLVENTES VOLÁTILES UTILIZANDO COMO SOLVENTE ÉTER ETÍLICO	LABORATORIO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
4	APIO (<i>Apium graveolens</i>)	CARACTERIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL EXTRACTO Y ACEITE ESENCIAL DE APIO (<i>Apium graveolens</i>), PARA USO FARMACÉUTICO, A TRÁVES DE UN PROCESO DE DESTILACIÓN A NIVEL DE PLANTA PILOTO	CASTAÑEDA MOLINA, JUAN CARLOS, ROMERO HERAZO, HERBERT ROBERTO; ING. JOSÉ EDUARDO CALDERÓN GARCÍA; NOVIEMBRE 2003.	NO HAY EVIDENCIA DE SU PROCEDENCIA	0.04%	TALLO Y HOJAS FRESCAS SEPARADAMENTE (DURANTE LA PARTE EXPERIMENTAL SE DETERMINÓ QUE SÓLO EN LAS HOJAS SE ENCONTRABA PRESENTE)	LIMONELO, B-CARIOFILENO, FELANDRENO	INDUSTRIA FARMACÉUTICA PARA PRODUCTOS EN PRESENTACIONES DE JARABE (CON PROPIEDADES DIURÉTICAS Y COMO TRANQUILIZANTE MENOR) Y GOTAS. INDUSTRIA DE ALIMENTOS PARA CONSUMO HUMANO	DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA	PLANTA PILOTO
5	CARDAMOMO (<i>Elettaria Cardamomum</i>)	EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO A PARTIR DE SEMILLA DE <i>ELETTARIA CARDAMOMUM</i> DE TRES CALIDADES DISTINTAS CULTIVADAS EN EL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ	RUIZ VALENZUELA, VIVIANNE PATRICIA; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; ENERO 2002	MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ	CALIDAD PRIMARIA: PARA 20 g 3,64%; PARA 40 g 3,64%; PARA 80 g 3,75%; CALIDAD SECUNDARIA: PARA 20 g 3,18%, PARA 40 g 3,18%, PARA 80 g 3,26%; CALIDAD Terciaria: PARA 20 g 3,18%, PARA 40 g 3,18%, PARA 80 g 3,26%	SEMILLA Y CÁSCARA DE <i>ELETTARIA CARDAMOMUM</i>	NO VERIFICABLE	INDUSTRIA DE ALIMENTOS E INDUSTRIA FARMACÉUTICA	ARRASTRE DE VAPOR	LABORATORIO APAESA, UBICADO EN SAN JOSÉ VILLA NUEVA

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
6	CARDAMOMO	OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL, EXTRAÍDO POR ARRASTRE DE VAPOR DE CÁSCARA DE CARDAMOMO A NIVEL DE LABORATORIO CON PROPUESTA A ESCALAMIENTO INDUSTRIAL	HUITZ CANASTUJ, GERMAN ALMENGOL; ING. ERWIN MANUEL ORTÍZ CASTILLO; JULIO 2004.	COBÁN ALTA VERAPAZ	1.04%	CÁSCARA DE CARDAMOMO	1,8 CINEOL, ACETATO DE TERPENILO, ALFA PINENO, ALFA TERPINENO, LINALOL, ALFA TERPINEOL	PERFUMERÍA, LICORES, AROMATIZANTES, FARMACÉUTICOS, CONFITERÍA, EMBUTIDOS, REPOSTERÍA.	ARRASTRE DE VAPOR	LABORATORIO
7	CITRONELA (<i>Cymbopogon Winteriana Jowitt</i>)	COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DEL ACEITE ESENCIAL CRUDO DE CITRONELA (<i>Cymbopogon Winteriana Jowitt</i>) EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE GERANIOL OBTENIDO POR MEDIO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR Y MACERACIÓN	TOL HERNÁNDEZ, VILMA LISSETH; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; ABRIL 2005	FINCA LAS VAÇAS PATULUL SUCHITEPÉQUEZ	POR ARRASTRE CON VAPOR DIRECTO 0,3382%; POR ARRASTRE CON VAPOR DIRECTO Y MACERACIÓN 0,4220%.	HOJAS DE CITRONELA	GERANIOL, CITRONELAL Y CITRONEOL	PROPIEDADES MEDICINALES, ALIMENTICIAS, PERFUMERÍA, INDUSTRIA DE VELAS, JABONERÍA, AROMATIZANTES INSECTICIDAS, ETC.	EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR DIRECTO Y ARRASTRE CON VAPOR DIRECTO APLICANDO MACERACIÓN	LABORATORIO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PORTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
8	CITRONELA <i>(Cymbopogon Winterianus)</i>	COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL CRUDO DE CITRONELA (CYMBOPOGON WINTERIANUS), VARIANDO EL TAMAÑO DE MUESTRA Y EL CONTENIDO DE HUMEDAD APLICANDO EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR A NIVEL LABORATORIO	PINEDA MUÑOZ, WERNER LEONEL; INGA. TELMA MARICELA CANO; FEBRERO 2005	MUNICIPIO PATUTULUL SUCHITEPEQUEZ	PROMEDIO 1,23%	HOJA DE CITRONELA	GERANIOL (82,3 - 89,4%); CITRONELAL (28,8 - 43,9%)	PERFUMERÍA, REPELENTE DE INSECTOS, ESTIMULANTE DE LOS TEJIDOS, ASTRINGENTE, ESTIMULANTE DE LA CIRCULACIÓN SANGUÍNEA, DIURÉTICO, ANTIFEBRIL Y SEDANTE NERVIOSO	ARRASTRE CON VAPOR	LABORATORIO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
9	CLAVO <i>(Syzygium Aromaticum)</i>	EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE CLAVO <i>(Syzygium Aromaticum)</i> EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE EXTRACCIÓN POR EL MÉTODO DE ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA A NIVEL PLANTA PILOTO	COBOS GARCÍA, DARCY HUMBERTO; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; JULIO 2002	ALDEA SEMUY DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ	PARA 6 HRS: 2,20%; PARA HRS: 3,09% Y PARA 10 HRS: 5,66%	CLAVO TRITURADO	EUGENOL Y BETA CARIOFILENO	AGENTE ACTIVO CONTRA LOS HONGOS, PERFUMERÍA, ANALGÉSICO DENTAL, INDUSTRIA DE ALIMENTOS	ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA	PLANTA PILOTO
10	COPAL (<i>Protium Copal</i>)	EXTRACCIÓN Y CARACTERIZAC IÓN PRELIMINAR DEL ACEITE ESENCIAL DEL PROTIUM COPAL, A NIVEL LABORATORIO	LÓPEZ ORIZABAL, MILDRED CARMINA; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; NOVIEMBRE 1999	CONCESIÓN COMUNITARIA FORESTAL DE CARMELITA, PETÉN GUATEMALA	PARA 1 hr: 3,70%; PARA 2 hr: 4,84%; PARA 3 hr: 5,06%	CÁSCARAS DEL FRUTO DE COPAL MOLIDAS	MIRCENO (24- 35%), SABINENO (19-22%), BETA FELANDRENO (14- 17%), ALFA PINENO (9-11%) Y LIMONENO (6-9%)	INDUSTRIA FARMACÉUTICA, PERFUMERÍA, INDUSTRIA DE ALIMENTOS	HIDRODESTILA CIÓN	LABORATORIO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
11	CORDONCILLO <i>(Piper Scabrum Swartz)</i>	EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LA HOJA SECA DE CORDONCILLO (<i>Piper Scabrum Swartz</i>) EN FUNCIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL Y EL TIEMPO DE DESTILACIÓN A NIVEL LABORATORIO	TAY SACALXOT, IRMA JULIETA; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; MAYO 1999	CONCESIÓN COMUNITARIA FORESTAL DE CARMELITA, PETÉN GUATEMALA	PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN EN EL RANGO DE 1,9-2,12%	HOJAS SECAS DE CORDONCILLO	CARBONA, P-CIMOL, MYRDENOL, 1-8 CINEOL, ANETOL, B-PINENO, A-TERPINENO, MYRCENO, CUMYNALDEHÍDO, 3-OCTANOL, LIMONENO, TERPINOLENO, ACETATO DE LINALILO	ANALGÉSICO, DESINFECTANTE, CALMANTE	HIDRODESTILACIÓN	LABORATORIO
12	EUCALIPTO <i>(Eucalyptus Globulus y Eucalyptus Cinerea)</i>	ANÁLISIS DE LOS RENDIMIENTOS OBTENIDOS DE DOS ESPECIES DE EUCALIPTO (<i>Globulus y Cinerea</i>) TRABAJADOS EN SECO A NIVEL LABORATORIO Y A NIVEL PLANTA PILOTO EN LA EXTRACCIÓN DE SU ACEITE ESENCIAL	LIMA AGUIRRE, SERGIO IVÁN; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; MAYO 2005	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS CIUDAD DE GUATEMALA	EUCALIPTUS CINEREA 2,95% Y EUCALIPTUS GLOBULUS 0,63%	HOJAS SECAS	GLOBULUS: LIMONENO 1,4424%, CINEOL 3,6999%, B-CARIOFILENO 19,4922%, FELANDRENO 14,5516%; CINEREA: A-PINENO 9,676%, LIMONENO 7,6823%, CINEOL 64,1596%, B-CARIOFILENO 2,8918%	FABRICACIÓN DE CELULOSA, INDUSTRIA QUÍMICA, FARMACÉUTICA, CONFITERÍA, PERFUMERÍA.	DESTILACIÓN CON ARRASTRE DE VAPOR DIRECTO (PLANTA PILOTO), HIDRODESTILACIÓN (LABORATORIO)	PLANTA PILOTO, LABORATORIO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
13	EUCALIPTO (<i>Eucalyptus</i> <i>Globulus</i> , <i>Eucalyptus</i> <i>Cinerea</i> y <i>Eucalyptus</i> <i>Citriodora</i>)	DETERMINACIÓN DE UNA COMBINACIÓN DE VARIABLES DEL ACEITE ESENCIAL DE LA HOJA DE EUCALIPTO A PARTIR DE LA EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN CONVENCIONALES	RODRÍGUEZ CORONADO, JUAN JOSÉ; Dr. VÍCTOR QUIROA; NOVIEMBRE 1993	NO VERIFICABLE	DE LAS TRES ESPECIES SE OBTUVO EL MAYOR PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE LA ESPECIE EUCALYPTUS CINEREA CON UN VALOR DE 1,8% DE RENDIMIENTO A NIVEL LABORATORIO Y 1,59% A NIVEL PLANTA PILOTO	HOJAS FRESCAS DE EUCALYPTUS GLÓBULUS, EUCALYPTUS CINEREA, EUCALYPTUS CITRIODORA	NO SE REALIZÓ CARACTERIZACIÓN	COMBUSTIBLE (LEÑA), ACEITE DE E. GLÓBULUS Y E. CINEREA COMO GERMICIDA, ANTISÉPTICO Y EXPECTORANTE; ACEITE DE E. CITRIODORA SE UTILIZA EN PERFUMERÍA COMO FUENTE DE CITRONELAL, PARA LA PRODUCCIÓN DE CITRONELOL, HIDROXITRONELOL Y MENTOL. PEQUEÑAS CANTIDADES PARA GERMICIDAS Y DESINFECTANTES PARA MEJORAR SU OLOR. JABONES Y COSMÉTICOS	EXTRUSIÓN, LIXIVIACIÓN, ARRASTRE CON VAPOR	PLANTA PILOTO/ LABORATORIO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDECENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PORTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
14	HIERBABUENA (<i>Mentha Citrata</i> EHRH)	EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL CRUDO DE HIERBABUENA (MENTA CITRATA EHRH) CON LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR VARIANDO LOS TAMAÑOS DE MUESTRA Y HUMEDAD A PARTIR DE PRUEBAS A NIVEL LABORATORIO	DE LEÓN MORÁN, TANNIA MAGALY; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; FEBRERO 2005	MUNICIPIO DE SANTIAGO ATITLÁN DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ	MATERIA FRESCA: PARA MUESTRA DE 15 GRAMOS: 1,626%, 1,320%, 1,473%; MUESTRA DE 30 GRAMOS: 0,380%, 0,496%, 0,368%; MUESTRA DE 45 GRAMOS: 0,191%, 0,242%, 0,291%; MATERIA SECA: MUESTRA DE 15 GRAMOS: 0,925%, 1,293%, 0,953%; MUESTRA DE 30 GRAMOS: 0,496%, 0,616%	HOJAS DE HIERBABUENA FRESCAS Y SECAS	ACETATO LINALOL: 7,27% FRESCO Y 7,77% SECO	INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y ALIMENTOS	ARRASTRE CON VAPOR UTILIZANDO HEXANO COMO SOLVENTE	LABORATORIO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDECIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
15	HIGO (<i>Ficus carica L</i>)	DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL CRUDO DE LA HOJA DE HIGO (<i>Ficus carica L</i>), EXTRAÍDO A NIVEL DE PLANTA PILOTO	HIDALGO MAURICIO, GUSTAVO ADOLFO; ING. JOSÉ EDUARDO CALDERÓN GARCÍA; MAYO 2006	CHIANTLA DEPARTAMENTO DE HUHETENANGO	MÁXIMO DE 0,085	HOJAS DE HIGO SECAS Y FRESCAS	PIRENO 3,54; LIMONENO 4,74; CANFENO 6,53; ÁCIDO LINOLÉICO 8,67; CAPTAFOL 14,96; PARALDEHÍDO 5,78; CICLOHEXANOL 7,98; n-TRIDECANO 11,75; NO IDENTIFICADO 36,05.	NO SE ENCONTRÓ APLICACIÓN	ARRASTRE CON VAPOR	PLANTA PILOTO
16	HINOJO (<i>Foeniculum vulgare Miller</i>)	EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE HINOJO (FOELICULUM VULGARE MILLER) PROCEDENTE DE DOS NIVELES ALTITUDINALES DE GUATEMALA	SANTOS CARRILLO, MARLÓN ALBERTO; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; ABRIL 2006	MUNICIPIO DE SANTA EULALIA (2400 msnm) Y CHIANTLA (2000msnm) DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	2.000 msnm: 0,0544%, 0,0653%, 0,0721%; 2.400 msnm: 0,0443%, 0,00481%, 0,0565%	HINOJO SECO	ANETOL (3,44%); ALFA-PINENO (1,3%)	INDUSTRIA LICORERA, CONFITERÍA, PRODUCTOS FARMACÉUTICOS, PERFUMERÍA, ESPECIALMENTE EN LA PREPARACIÓN DE AEROSOL E INSECTICIDAS. PROPIEDADES MEDICINALES.	EXTRACCIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR UTILIZANDO HEXANO COMO SOLVENTE Y ARRASTRE CON VAPOR EN CALDILLO	PLANTA PILOTO Y LABORATORIO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDECIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
17	JENGIBRE (<i>Zingiber officinale Roscoe</i>)	EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DEL RIZOMA DE JENGIBRE (ZINGIBER OFFICINALE ROSCOE) SECO Y MOLIDO	RODRÍGUEZ ANDRADE, HERMINIO CUPERTINO; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; SEPTIEMBRE 2003	COATEPEQUE QUETZALTENAN GO A UNA ALTURA DE 350 MSNM	PLANTA PILOTO 0,128%; LABORATORIO 0,78%	RIZOMA SECO CON 12% DE HUMEDAD	ZINGIBERENO 29,9038%, MIRCENO 1,9557%, CÍNEOL 11,7713%	BEBIDAS REFRESCANTES ALCOHÓLICAS, AGENTE SABORIZANTE, CONDIMENTO, PROPIEDADES TERAPÉUTICAS, PROPIEDADES FARMACOLÓGICAS	ARRASTRE DE VAPOR EN CALDILLO, ARRASTRE CON VAPOR DIRECTO	LABORATORIO PLANTA PILOTO
18	LAUREL (<i>Litsea guatemalensis MEZ y Litsea glaucescens HBK</i>)	OBTENCIÓN Y CARACTERIZAC IÓN FISICOQUÍMICA A NIVEL LABORATORIO DEL ACEITE ESENCIAL DE LAUREL DE DOS DIFERENTES ESPECIES (LITSEA GUATEMALENSI S MEZ. Y LITSEA GLAUCESCENS HBK) COLECTADOS EN TRES DIFERENTES LUGARES	ORTÍZ QUIROA, CINTHYA PATRICIA; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; AGOSTO 2005	LITSEA GUATEMAENSIS: PARRAMOS ALDEA SAN BERNABÉ TICTAC, CHIMALTENANGO ; FUNCEDESCRI Km.26 ½, SAN LUCAS, SACATEPÉQUEZ; LA JOYA EL AGUACATE, SAN ANTONIO AGUAS CALIENTES, SACATEPÉQUEZ. LITSEA GLAUSECESNS: FINCA EL HATO, SAN BARTOLOMÉ, MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ; FINCA LOS CIMIENTOS, MATANZAS, SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ, FUNCE DESCRI Km.26 ½, SAN LUCAS, SACATEPÉQUEZ	MAYOR PORCENTAJE: LITSEA GLAUCESCENS 1,3708%; LITSEA GUATEMALENS IS 0,8511%	HOJAS FRESCAS DE LAS DOS ESPECIES	MAYORMENTE 1,8 CINEOL, LINALOL Y COMPUESTOS EN SU MAYORÍA POR MONOTERPENOS PARA LAS DOS ESPECIES	ANTISÉPTICO, ASTRINGENTE, BALSÁMICO, ESTIMULANTE, ESPASMOLÍTICO Y PECTORAL, CONDIMENTO Y PERFUMES	HIDRODESTILA CIÓN	LABORATORIO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
19	LAUREL (<i>Litsea guatemalensis</i>)	EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE LAUREL (LITSEA GUATEMALENSIS) EN FUNCIÓN DE LA ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR LA CUAL CRECIÓ LA PLANTA Y EL TAMAÑO DE PARTÍCULA A DESTILAR POR EL MÉTODO DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR DE AGUA	DE LEÓN HERNÁNDEZ, EDGAR GAMALIEL; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; JULIO 2001	ALDEA EL BARRIAL, CHIQUIMULA ALTITUD 423,82 msnm; ALDEA SANTA MARÍA SHALAPÁN, JALAPA, ALTITUD 1.361 msnm; TECPÁN, CHIMALTENANGO, ALTITUD 2.286,14 msnm	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO MÁXIMO 1,1051% PROCEDENTE DE TECPÁN GUATEMALA, CHIMALTENANGO (ALTITUD DE 2.286,14 msnm), PARA PARTÍCULAS CON DIÁMETRO PROMEDIO DE 1,77 mm.	HOJAS SECAS TRITURADAS	NO APLICABLE	TRATAMIENTO DE AFECCIONES RESPIRATORIAS, GASTROINTESTINALES, DERMATITIS, INFLAMACIONES, ERUPCIONES, ERISIPELA, EXANTEMA, INFECCIONES DE LA PIEL, LEUCORREA, ETC.	DESTILACIÓN CON ARRASTRE DE VAPOR DE AGUA	LABORATORIO
20	LIPPIA ALBA	COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE LIPPIA ALBA EXTRAÍDO EN EL LABORATORIO CON EL EXTRAÍDO EN LA PLANTA PILOTO Y PROPUESTA DE ESCALONAMIENTO A NIVEL INDUSTRIAL	CHANQUÍN JOCOL, NELSON EMILIO; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; OCTUBRE 1999	FINCA ALAMEDA CHIMALTENANGO Y NENTÓN, HUHUTENANGO	LABORATORIO: 0,31%; PLANTA PILOTO: 0,27%	HOJAS Y FLORES	NO HAY EVIDENCIA	ACTIVO CONTRA LOS HONGOS TRICHOPYTON METAGROPHYTES Y CANDIDA ALBICANS	HIDRODESTILACIÓN	LABORATORIO Y PLANTA PILOTO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
21	MANZANILLA <i>(Matricaria Courrantiana, Matriacaria Recutita)</i>	COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE LA MATRICARIA COURRANTIAN A (N.C. MANZANILLA) Y LA MATRICARIA RECUTITA (N.C. MANZANILLA), CULTIVADA EN EL DEPTO. DE SOLOLÁ; OBTENIDO POR LOS MÉTODOS DE HIDRODESTILA CIÓN Y MACERACIÓN.	HERNÁNDEZ YELA, DIANA; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; ABRIL 2002	MATRICARIA COURRANTIANA DC PROCEDENTE DE LA COMUNIDAD DE CHAQUIJYÁ Y MATRICARIA RECUTITA DEL LABORATORIO FITOFARMACÉUT ICO FARMAYA UBICADO EN LA FINCA DE PACHUJ AMBAS LOCALIZADAS EN EL DEPTO. DE SOLOLÁ	HIDRODESTILA CIÓN: MATRICARIA COURRANTIAN A DC: 0,1507%; MATRICARIA RECUTITA: 0,0383% MACERACIÓN: NO SE OBTUVIERON DATOS PARA NINGUNA DE LAS DOS ESPECIES	NO VERIFICABLE	NO VERIFICABLE	INDUSTRIA FARMACÉUTICA, COSMÉTICA, PERFUMERÍA.	HIDRODESTILA CIÓN Y MACERACIÓN	LABORATORIO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
22	MANZANILLA (<i>Matriacaria</i> <i>Recutita</i> L.)	DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS FLORES DE MANZANILLA (<i>Matriacaria Recutita</i> L.) EN FUNCIÓN DE LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR EN QUE ESTÁ CULTIVADA, APLICANDO EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR A NIVEL LABORATORIO	ALVARADO PINEDA, GLENDY ROCÍO; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; MARZO 2007	1. COMUNIDAD CHAQUIJYÁ, SOLOLÁ ALTITUD 2400 msnm; 2. SOLOLÁ, SOLOLÁ ALTITUD 2113 msnm; 3. CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO ALTITUD 1800 msnm; CUILCO, HUEHUETENANGO ALTITUD 1150 msnm	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO PROMEDIO: 1. COMUNIDAD CHAQUIJYÁ, SOLOLÁ ALTITUD 2400 msnm: 0,3607%; 2. SOLOLÁ, SOLOLÁ ALTITUD 2113 msnm: 0,1741%; 3. CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO ALTITUD 1800 msnm: 0,1775%; CUILCO, HUEHUETENANGO ALTITUD 1150 msnm: 0,5347%	FLORES	SOLOLÁ: ALFA TERPINEOL 4,7% CINEOL 2,8% ACETATO DE TERPENILO 25,9% NEROL 4,7%, BETA CARIOFILENO 12,7% EUGENOL 3,9%; CHIQUIJYÁ: NEROL 13,6% EUGENOL 9,6%; CHIMALTENANGO: ACETATO DE TERPENILO 6,4% NEROL 6,1% BETA CARIOFILENO 8,5% EUGENOL 9,4%	LICORERÍA, TINTURAS PARA EL CABELLO, EXTRACTOS, JARABES, POLVOS, PREPARADOS MEDICINALES EN AFECCIONES RESPIRATORIAS	DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR	LABORATORIO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
23	NARANJA	PROPUESTA DE UN ESCALONAMIENTO A NIVEL INDUSTRIAL DE LA OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE LA CÁSCARA DE NARANJA A PARTIR DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN A NIVEL PLANTA PILOTO	LEMUS GUDIEL, MIGUEL ARNOLDO; Dr. VÍCTOR QUIROA NORIEGA; OCTUBRE 1993	SIN EVIDENCIA	NARANJA CRIOLLA: LABORATORIO 0,481%, PLANTA PILOTO 0,364%; NARANJA VALENCIA: LABORATORIO 0,482%, PLANTA PILOTO 0,469%; NARANJA WASHINGTON: LABORATORIO 0,486%, PLANTA PILOTO 0,486%; NARANJA AGRIA: LABORATORIO 0,483%, PLANTA PILOTO 0,48%	CÁSCARA DE NARANJA (CITRUS SINESIS Y CITRUS AURANTIUM)	D-LIMONENO EN UN 90,02% EL RESTO ÉSTERES, ALDEHÍDOS Y OTROS COMPONENTES	PRODUCTOS MEDICINALES, SOLVENTES INDUSTRIALES, LIMPIADORES, JABONES Y BEBIDAS.	EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA	LABORATORIO Y PLANTA PILOTO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PORTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
24	NARANJA AGRIA <i>(Citrus</i> <i>Aurantium)</i>	DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE HOJA DE NARANJA AGRIA (CITRUS AURANTIUM) EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA Y EL TAMAÑO DE MUESTRA OBTENIDO POR MEDIO DEL PROCESO DE ARRASTRE CON VAPOR.	MONZÓN CASTELLANOS, RONALD GIOVANI; ING. BYRON ROBERTO BALDIZÓN CANCINOS, 1,998	DEPARTAMENTO DE PETÉN	MÁXIMO DE 0,527% PARA UN TAMAÑO DE MUESTRA DE 143,5 g Y TAMAÑO DE PARTÍCULA DE 2,02 mm; 0,44% PARA 200 g DE MATERIA FRESCA Y TAMAÑO DE PARTÍCULA DE 1,676 mm	HOJA SECA DE NARANJA AGRIA FRESCA Y SECA	HOJA SECA: 83,2% DE ACETATO LINALILO Y 1,4% DE LINALOOL; HOJA FRESCA: COMPOSICIÓN PREDOMINANTE 64,7% DE ACETATO DE LINALILO Y COMPONENTE SECUNDARIO 18,1% DE LINALOOL	USOS MEDICINALES, SABORIZANTES, AGENTES PARA TODO TIPO DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS Y NO ALCOHÓLICAS, ALIMENTOS, PERFUMES, COSMÉTICOS.	ARRASTRE CON VAPOR	LABORATORIO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
25	ORÉGANO <i>(Lippia Graveolens)</i>	EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LA HOJA DE ORÉGANO (LIPPIA GRAVEOLENS), VARIANDO EL TAMAÑO DE MUESTRA Y APLICANDO LOS MÉTODOS DE ARRASTRE CON VAPOR E HIDRODESTILACIÓN A NIVEL LABORATORIO	SANDOVAL ARANA, JONATHAN IVÁN; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; NOVIEMBRE 1999	DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO	MÁXIMO DE 1,1% PARA TAMAÑO DE MUESTRA DE 125 g POR MEDIO DE ARRASTRE CON VAPOR Y 1,0% PARA TAMAÑO DE MUESTRA DE 200 g POR MEDIO DE HIDRODESTILACIÓN	HOJAS DE ORÉGANO MOLIDAS (TAMAÑO 2 mm UTILIZANDO MOLINO DE WYLEY)	ARRASTRE CON VAPOR: MIRCENO 5,44%; ALFA TERPINENO 5,00%; TERPIDENO 6,27%; LINALOL 1,53%; BETA CAROFILENO 6,41%; TERPINOL 5,61%; CARVACROL 2,66%; HIDRODESTILACIÓN: MIRCENO 6,72%; ALFA TERPINENO 2,96%; LIMONELO 1,52%; TERPIDENO 6,13%; LINALOL 1,45%; BETA CAROFILENO 12,47%; TERPINEOL 5,55%; CARVACROL 2,00%	INDUSTRIA FARMACÉUTICA, INDUSTRIA ALIMENTICIA COMO SAZONADOR, AROMATERIA, INDUSTRIA COSMÉTICA, PERFUMERÍA.	ARRASATRE CON VAPOR, HIDRODESTILACIÓN	LABORATORIO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
26	PERICÓN (<i>Tagetes Lucida</i> Cav.)	EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE PERICÓN (<i>Tagetes Lucida</i> Cav.) PROCEDENTE DE TRES NIVELES ALTITUDINALES DE GUATEMALA	VALIENTE MAZARIEGOS, WERNER OTTONIEL; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; MARZO 2003	SAN ANTONIO PALOPÓ, SOLOLÁ (1590 msnm); CABECERA DEPARTAMENTA L DE CHIMALTENANG O (1780 msnm); CABRICÁN QUETZALTENAN GO (2625 msnm)	LABORATORIO: HOJA ENTERA: SAN ANTONIO PALOPÓ 0,31%; CHIMALTENAN GO 0,28%; CABRICÁN 0,27%; TAMIZADO No.4: SAN ANTONIO PALOPÓ 0,35%; CHIMALTENAN GO 0,33%; CABRICÁN 0,32%; PLANTA PILOTO: HOJA ENTERA: SAN ANTONIO PALOPÓ 0,67%; CHIMALTENAN GO 0,64%; CABRICÁN 0,63	HOJAS ENTERAS Y HOJAS TRITURADAS A UN DIÁMETRO DE 4.699 mm (TAMIZ No.4)	LINALOL, BETA CARIOFILENO, ALIL ANISOL, ANETOL, EUGENOL	INDUSTRIA LICORERA, ELABORACIÓN DE PERFUMES, ANTIESPASMÓDICO.	EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR EN CALDILLO (LABORATORIO) Y CON ARRASTRE CON VAPOR DIRECTO (PLANTA PILOTO)	PLANTA PILOTO Y LABORATORIO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
27	ROMERO	EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ROMERO CON LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR, VARIANDO LOS TAMAÑOS DEL BATCH A PARTIR DE PRUEBAS A NIVEL LABORATORIO Y PRUEBAS A NIVEL PLANTA PILOTO	PIEDRASANTA BATZ, RAMÓN BENJAMÍN; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; NOVIEMBRE 1997	INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA APLICADA (ICTA), CHIMALTENANGO	NIVEL LABORATORIO: 1,5721%; NIVEL PLANTA PILOTO: 0,55%	HOJAS SECAS Y MOLIDAS	LABORATORIO: MIRCENO (22.05%), ALFA TERPINOL (17.99%); PLANTA PILOTO: BETA PINENO (43.43%), LIMONENO (23.03%)	INDUSTRIA DE ALIMENTOS, PERFUMERÍA Y COSMÉTICOS	DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR	LABORATORIO Y PLANTA PILOTO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
28	ROMERO <i>(Rosmarinus Officinalis)</i>	EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE ROMERO <i>(Rosmarinus Officinalis)</i> UTILIZANDO UN SECADOR ELÉCTRICO DE FLUJO TRANSVERSAL DE BANDEJAS	REYES BALA, PEDRO; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; ENERO 2004	NO HAY EVIDENCIA DE SU PROCEDENCIA EXACTA	NO APLICABLE	PLANTA COMPLETA	0% DE RECIRCULACIÓN DE AIRE: CINEOL 14,03%, ALCANFOR 14,02%, ALFA PINENO 11,16%; 50% DE RECIRCULACIÓN DE AIRE: CINEOL 12,84%; ALCANFOR 14,57%; ALFA PINENO 9,98%. 75% DE RECIRCULACIÓN DE AIRE: CINEOL 12,05%; ALCANFOR 11,97%; ALFA PINENO 11,99%	ANTIBIÓTICOS, ANTIRREUMÁTICO DERMATOLÓGICO	NO HUBO EXTRACCIÓN SÓLO SECADO POR MEDIO DE UN SECADOR ELÉCTRICO DE FLUJO TRANSVERSAL	PLANTA PILOTO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
29	ROMERO (<i>Rosmarinus Officinalis</i> L.)	EXTRACCIÓN Y CARACTERIZAC IÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ROMERO (ROSMARINUS OFFICINALIS L.) SECADO EN UN SECADOR ELÉCTRICO DE FLUJO TRANSVERSAL DE BANDEJAS	SANTIZO LACAYO, OSCAR HENRY; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; AGOSTO 2004	MIXCO VIEJO DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	NIVEL PLANTA PILOTO: PARA MUESTRA 2,27 KG: 0,3115%, MUESTRA 4,54 KG: 0,7459%; MUESTRA 6,80 KG: 0,9052%; NIVEL LABORATORIO: PARA MUESTRA 30 g: 0,7710%, MUESTRA 40 g: 1,062%, PARA MUESTRA DE 50 g: 1,6592%	HOJAS MADURAS DE ROMERO FRESCO Y SECAS (<i>Rosmarinus Officinalis</i> L) DE LONGITUD PROMEDIO DE 2,2 CENTÍMETROS	ALCANFOR, CINEOL, ALFA PINENO, LIMONENO	INDUSTRIA FARMACÉUTICA COMO ANTISÉPTICO, ESTIMULANTE PARA LA MEMORIA, COMBATE ALTERACIONES DIGESTIVAS NERVIOSAS,	DESTILACIÓN CON ARRASTRE DE VAPOR DE AGUA	LABORATORIO Y PLANTA PILOTO
30	TÉ DE LIMÓN (<i>Cymbopogon Citratius</i>)	COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZAC IÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL TÉ DE LIMÓN (N.científico <i>Cymbopogon Citratius</i>) APLICANDO EL MÉTODO DE HIDRODESTILA CIÓN	MENDOZA CARTELLANOS, MANUEL EDUARDO; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; MAYO 2002.	MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS ITZAPA, CHIMALTENANG O 1800 MSNM	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO PROMEDIO DE 0,430% PARA UN CONTENIDO DE HUMEDAD MAYOR AL 50% Y UN 0,840% PARA UN CONTENIDO DE HUMEDAD MENOR AL 10% EN PESO DEL MATERIAL	HOJAS FRESCAS Y SECAS	NO SE REALIZÓ CARACTERIZACI ÓN	COMO SABORIZANTE EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA, COMO ESENCIA EN LA INDUSTRIA DE PERFUMES Y EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA EN LA SÍNTESIS DE LA VITAMINA A.	HIDRODESTILA CIÓN	LABORATORIO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
31	TOMILLO (<i>thymus vulgaris</i> L.)	EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE LAS FRACCIONES VOLÁTILES DEL TOMILLO OBTENIDAS EN UNA PLANTA PILOTO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES	CIFUENTES MARCKWORDT, RODRIGO ANTONIO; INGA TELMA MARICEL CANO MORALES; ABRIL 2005	COMUNIDAD DE CHIQUIJÁ DEPTO. DE SOLOLÁ	FRESCO: 0,225%, SECO: 0,149%	MATERIAL VEGETAL FRESCO Y SECO (HOJAS Y FLORES)	TOMILLO SECO: TIMOL 21.23%; CARVACROL 4,05%, PARA CIMENO 14,92%; TOMILLO FRESCO: TIMOL 32%, CARVACROL 4,92, PARA CIMENO 12,48%	INDUSTRIA ALIMENTARIA, INDUSTRIA FARMACÉUTICA, INDUSTRIA DE COSMÉTICOS, DESODORANTES AMBIENTALES	DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR	PLANTA PILOTO

Continuación... Estudios de graduación realizados en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acerca de la extracción de aceites esenciales.

No.	PLANTA	ESTUDIO	INVESTIGADOR(A) ASESOR(A); MES AÑO	PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE (%)	PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA	PRINCIPIOS ACTIVOS	APLICACIONES	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	NIVEL
32	TOMILLO (<i>thymus vulgaris</i> L.)	EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL ACEITE CRUDO DE TOMILLO CULTIVADO EN CHAQUIJYÁ, SOLOLÁ EXTRAÍDO A NIVEL LABORATORIO Y PLANTA PILOTO	FUENTES PATRICIA; INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES; ENERO 2005	COMUNIDAD DE CHIQUIJYÁ DEPTO. DE SOLOLÁ	NIVEL LABORATORIO: 1,403% (SECO), 0,644% (FRESCO) NIVEL PLANTA PILOTO: 0,578% (SECO); 0,156% (FRESCO).	MATERIAL VEGETAL FRESCO Y SECO (HOJAS Y FLORES)	TOMILLO SECO: ALFA-PINENO 0,07664%, MIRCENO 0,7499%, PARA CIMENO 15,098%, LINALOL 0,764%, TIMOL 16,638%, CARVACROL 1,661%; TOMILLO FRESCO: ALFA-PINENO MENOS DEL 1,0%, CANFENO MENOS DEL 1,0%, CIMENO 1,3594, PARA-CIMENO 23,18%, LINALOL 2,0609%, GERANIOL 1%	INDUSTRIA ALIMENTARIA, INDUSTRIA FARMACÉUTICA INDUSTRIA DE COSMÉTICOS, DESORORANTES AMBIENTALES	DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR	PLANTA PILOTO/ LABORATORIO

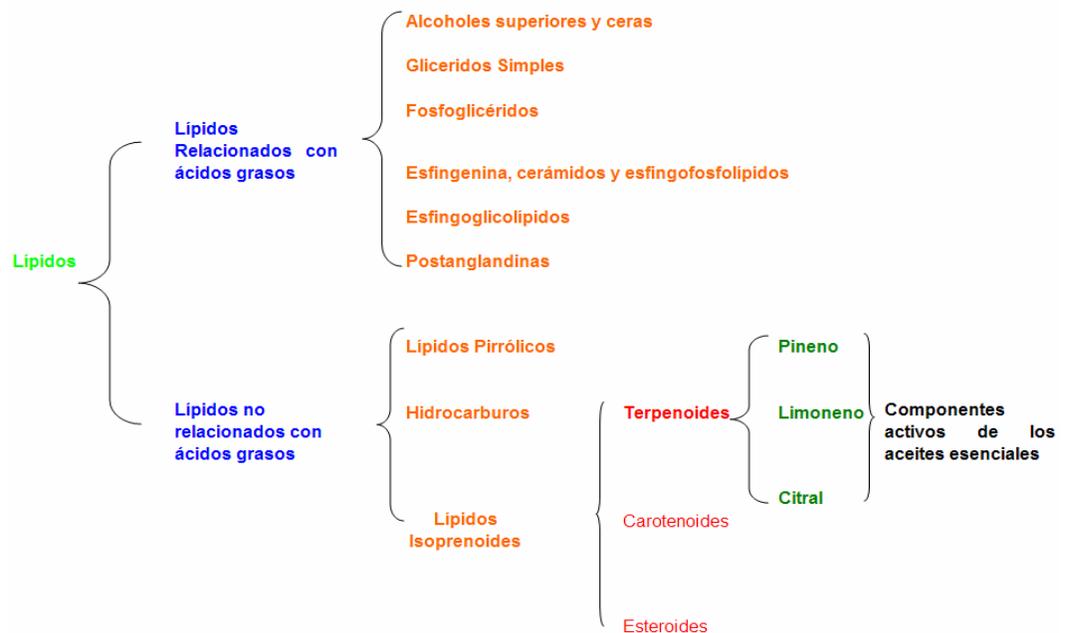
2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aceites esenciales

2.1.1. Definición

Los aceites esenciales son lípidos no relacionados con ácidos grasos. Son compuestos terpenoides derivados por condensación del isopreno (lípidos isoprenoides). Químicamente, la mayoría son hidrocarburos (pineno, limoneno), aunque algunos contienen funciones oxidadas (alcanfor). En la figura 1 se observa el origen de los aceites esenciales:

Figura 1: Clasificación de lípidos



Fuente: Referencia 5

Los aceites esenciales o esencias vegetales son productos químicos que forman las esencias odoríferas de un gran número de vegetales. El término aceite esencial se aplica también a las sustancias sintéticas similares preparadas a partir del alquitrán de hulla, y a las sustancias semisintéticas preparadas a partir de los aceites naturales esenciales. De composición química variable y compleja, mayormente constituida por terpenos y sus compuestos o derivados. Suelen caracterizar ciertas familias botánicas, como por ejemplo: *Apiaceae*, *Lamiaceae*, *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Pinaceae* y otras.

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.

Entre algunos compuestos monoterpénicos tenemos:

Figura 2
Molécula 1,8
Cineol

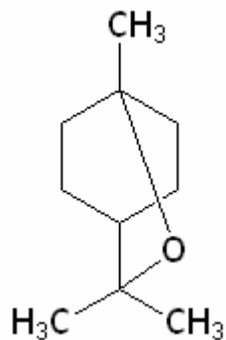
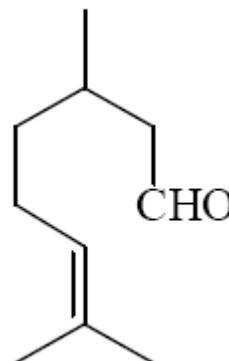


Figura 3
Molécula Citronelal



2.1.2. Fuentes de los aceites esenciales

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 simplemente un producto metabólico intermedio.

2.1.3. Productos

En un aceite esencial pueden encontrarse hidrocarburos alicíclicos y aromáticos, así como sus derivados oxigenados por ejemplo, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, etc., sustancias azufradas y nitrogenadas. Los compuestos mas frecuentes se derivan biológicamente del ácido mevalónico; se les cataloga como terpenos: monoterpenos (C10) y sesquiterpenos (C15).

2.1.4. Propiedades fisicoquímicas de los aceites esenciales

Las propiedades fisicoquímicas de los aceites esenciales o esencias son muy diversas, puesto que el grupo engloba sustancias muy heterogéneas, que prácticamente pueden encontrarse solo una; como por ejemplo, en la gaulteria en la cual el 98 a 99 % de su esencia se encuentra compuesto de salicilato de metilo y la esencia de canela contiene más de 85 % de cinamaldehído o más de treinta compuestos como en la de jazmín o en la de manzanilla.

El rendimiento de esencia obtenido de una planta varía de unas cuantas milésimas por ciento de peso vegetal hasta 1 a 3 %. La composición de una esencia puede cambiar con la época de la recolección, el lugar geográfico o pequeños cambios genéticos. En gimnospermas y angiospermas es donde aparecen las principales especies que contienen aceites esenciales, distribuyéndose dentro de unas sesenta familias. Son particularmente ricas en esencias las *pináceas*, *lauráceas*, *mirtáceas*, *labiáceas*, *umbelíferas*, *rutáceas* y *asteraceas*.

Para ilustrar las variadas estructuras que pueden encontrarse en los aceites esenciales, se verán las principales contenidas en la esencia de romero (del *Rosmarinus officinalis*): hay α -pineno, canfeno, cineol, limoneno, alcanfor, borneol (fi y su acetato), cariofileno. En la esencia de menta (de *Mentha piperita*) se encuentra mentol, mentona, felandreno, cadineno, limoneno, α -pineno, mentolfurano, isovalerianaldehído, cariofileno, etil-n-amilcarbinol e isovalerianato de metilo.

En la esencia de anís (*Pimpinella anisum*) hay anetol (70-90%), estragol, anisona, p-metoxifenol, eugenol, anisaldehído y vainillina. Otras sustancias interesantes son: la nepetalactona (de *Nepeta cataria*) bisaboleno, humuleno (*Humulus lupulus*), vetivona (de *Vetiveria zizanioides*) y zerumbono (de *Zingiber zerumbei*).

2.1.5. Propiedades físicas de los aceites esenciales

Los aceites esenciales son líquidos a temperatura ambiente, muy raramente tienen color y su densidad es inferior a la del agua (la esencia de sazafrán o de clavo constituyen excepciones). Tienen un índice de refracción elevado. Solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos habituales, son liposolubles y muy poco solubles en agua pero le comunican el aroma, son arrastrables por el vapor de agua, solubles en aceites fijos o grasas.

2.1.6. Propiedades farmacológicas

- Antisépticos
- Irritantes
- Digestivos
- Antiespasmódicos
- Sedantes

Se han hecho estudios frente a distintas bacterias (*Thymus vulgaris*, *streptococcus pyogenes*, *staphylococcus aureus*). Los más activos son los aceites con fenoles. *Scherichya Coli*. Se ha demostrado su actividad frente a hongos productores de micosis (*candida albicans*), en este caso también la presencia de fenoles aumenta su actividad.

En general dentro de los aceites esenciales los de menor actividad son los cetónicos, los fenoles son veinte veces más activos.

Entre algunas plantas cuyo aceite esencial posee un fuerte poder antiséptico tenemos:

- Tomillo
- Ajedrea
- Pino
- Lavanda
- Eucalipto

Usados sobre todo en afecciones respiratorias. Otros como el clavo o el hisopo lo son también.

Los aceites esenciales tienen otras propiedades medicinales que ayudan a mitigar afecciones como por ejemplo; tracto respiratorio: que sirven como expectorantes, facilitando la expulsión de secreciones; son digestivos ya que estimulan la secreción salival (aumentan el apetito), estimulan la secreción gástrica; disminuyen el tono y contracciones; entre otras cosas.

2.1.7. Usos de los aceites esenciales

Los aceites esenciales se utilizan para dar sabor y aroma al café, el té, los vinos y las bebidas alcohólicas. Son los ingredientes básicos en la industria de los perfumes y se utilizan en jabones, desinfectantes y productos similares. También tienen importancia en medicina, tanto por su sabor como por su efecto calmante del dolor y su valor fisiológico. Los aceites esenciales son utilizados principalmente en la industria alimenticia, cosmetológica, farmacéutica y aromaterapia.

2.2. Extracción de aceites esenciales

2.2.1. Criterios de Calidad

Los criterios de calidad de los aceites esenciales son principalmente:

- El modo de recolección (la hora, la madurez, la estación, etc.)
- Las partes de las plantas usadas (flor, raíz, hojas, frutas, etc.)
- El modo de extracción (temperatura, tiempo de destilación, equipo usado, método de extracción, etc.)
- El quimiotipo (determinado por cromatografía en fase gaseosa)

2.2.2. Control de Calidad

Un buen control de calidad de aceites esenciales es un proceso similar a el que se usa para caracterizar o controlar un medicamento.

Los controles son de dos niveles:

- Controles físicos:

Organolépticos (el olor, el sabor, el color)

Constantes físicos (temperatura de evaporación, densidad, viscosidad, etc.)

- Controles químicos:

Diferentes tipos de cromatografías.

2.2.3. Categorías en Mercado

Existen diferentes calidades de aceites esenciales en el mercado:

- Industrial o técnico
- Cien por ciento puro.
- Auténtico y quimiotipado

Existen aceites esenciales de síntesis, es decir, hechos a base de químicos. El uso del nombre aceite esencial para estos productos es legal. Se usan mucho en los cosméticos de gran distribución, en productos como champú, limpiadores, jabones, y también en perfumería. Estos aceites esenciales de síntesis no tienen ni el uno por ciento de los efectos benéficos de sus originales naturales.

2.3. Métodos de extracción de aceites esenciales

Existen varios métodos para la obtención de aceites esenciales. El método ideal sería aquel que extrajera totalmente la esencia, es decir, que no produjera variaciones en su composición. Este objetivo no es fácil de lograr, por un lado, por la pequeña cantidad en que se encuentran en el vegetal y, por otro, a causa de la diversidad de componentes que forman parte de ella. En general, la elección del método depende de la cantidad y tipo o características del aceite (volatilidad, punto de ebullición de los componentes, estabilidad a temperaturas elevadas, etc.), como asimismo del órgano vegetal del cual se va a extraer.

La materia prima empleada en la extracción de aceites esenciales se clasifica de la siguiente forma:

- Semillas y frutos
- Hierbas y hojas
- Flores y pétalos
- Racimos y rizomas.

Cuando se hace el corte se debe tomar en cuenta que las hierbas, hojas y flores se degradan si este no se hace cuidadosamente, por lo cual se debe hacer en un período corto en la recolección. Para la mejor extracción del aceite esencial es necesario que el intervalo de tiempo entre el proceso de recolección y el proceso de obtención del aceite sea de diez a treinta horas. A ciertas materias vegetales se les debe reducir de tamaño para favorecer la obtención del aceite.

2.3.1. Destilación

La técnica más utilizada para la obtención de los aceites volátiles, tanto a nivel industrial como de laboratorio, es la destilación. Se define como la separación de los componentes de una mezcla de dos o más líquidos en virtud de sus presiones de vapor. La destilación consiste en extraer los aceites esenciales mediante vapor de agua, el cual pasa a través del material vegetal arrastrando las partículas de aceite vegetal.

La destilación por arrastre con vapor tiene una duración entre tres o más horas, según el material que se esté tratando obteniéndose muy poca cantidad de esencia. Esto se debe a que el contenido de aceite en la planta es bajo y por ello es necesario destilar abundante cantidad de materia prima para obtener un

volumen que justifique el gasto que se produce. Los rendimientos suelen ser menores al uno por ciento, es decir que por cien kilogramos de hierba fresca se obtiene menos de un kilogramo de aceite esencial.

Del vapor condensado se debe separar de la fase de agua por medio de diferencia de densidad por el método de decantación. El método de extracción por destilación posee tres modalidades: a) hidrodestilación; b) destilación en corriente de vapor de agua y c) mixta.

2.3.1.1. Hidrodestilación

La materia prima está sumergida en el agua dentro de un recipiente o alambique que se calienta directamente hasta ebullición. Se suministra calor, para generar vapor, que se encuentra en contacto directo con el material vegetal, conduciéndolo después al condensador. En este método el tamaño de partícula puede ser de un tamiz muy pequeño aumentado así el área de contacto y favoreciendo la extracción sin que exista el riesgo de que el vapor lo arrastre, debido a que el vapor se genera dentro del mismo recipiente y su presión de vapor es menor que el vapor que se extrae de una caldera, esto es compensado por el tamaño de partícula.

2.3.1.2. Destilación en arrastre con vapor directo

Este método consiste en poner en contacto el material con vapor seco generado en una caldera para posteriormente condensarlo. Este método tiene la ventaja que el vapor que se pone en contacto con el material vegetal se encuentra a mayor presión, lo que logra favorecer la extracción rompiendo más fácilmente las micelas donde se encuentra el aceite esencial.

Cuando se realiza este tipo de extracción se debe tener cuidado que el tamaño de partícula no sea muy pequeño, ya que puede ser arrastrado por el vapor contaminando el producto condensado.

2.3.1.3. Destilación mixta

El vapor se produce en el mismo recipiente en el que se encuentra el material vegetal, sostenida sobre el nivel del agua por una rejilla metálica. La parte baja del destilador es llenada con agua a un nivel por debajo de la rejilla calentando el agua por alguno de los métodos mencionados anteriormente.

Se debe tener en cuenta que al utilizar este método el vapor debe estar siempre saturado y nunca sobrecalentado manteniendo el material lejos del contacto con el agua.

Luego de realizada la destilación mixta los productos volátiles son arrastrados por el vapor de agua hacia un refrigerante donde se condensan. Las esencias se separan del agua de destilación una vez fría.

Este método es muy sencillo y económico, sin embargo no se puede utilizar cuando los constituyentes de la esencia son alterados por el calor.

2.3.2. Expresión en frío

Algunas esencias como las de los frutos cítricos (naranja, limón) no pueden destilarse porque se descomponen, se extraen en frío por expresión de las cáscaras (pericarpios); para ello industrialmente se procede a la escarificación mecánica haciendo pequeñas incisiones en el material vegetal haciendo rodar los frutos sobre bandejas revestidas de púas que penetran en la

epidermis y rompen las glándulas oleíferas. Comercialmente este método es muy costoso y de bajo rendimiento y a veces se combina con otros métodos para obtener un buen rendimiento.

2.3.3. Maceración

La maceración fue un proceso importante antes de de la introducción de los métodos modernos de extracción con disolventes, la diferencia es que el material permanece varios días sumergido; en este sistema se usa aceite, grasa fundida y aún etanol.

2.3.4. Extracción con solventes volátiles

La principal ventaja de este método consiste en que es un proceso muy suave, se usa en aquellos casos en que el contenido en esencia es bajo o cuando sus constituyentes son muy delicados. Los disolventes utilizados generalmente son: éter etílico, éter de petróleo, hexano y benceno. Una vez extraída la esencia se elimina el solvente a presión reducida. El residuo obtenido se denomina "concreto de esencia" y por lo general es de consistencia semisólida debido a otras sustancias acompañantes (ceras y otros). Se purifica por tratamiento con alcohol absoluto y constituye la "esencia absoluta".

2.3.5. Enfloración (Enfleurage)

En la actualidad esta técnica sólo se aplica en casos muy especiales para órganos frágiles (flores de jazmín, clavel, nardo o jacinto) y consiste en ponerlos en contacto a temperatura ambiente con materia grasa, la que se satura con la esencia. La esencia es retirada posteriormente del material graso por tratamiento con etanol absoluto y evapora el disolvente a presión reducida.

2.4. Materia prima

2.4.1. Reducción de la materia prima

La adecuada preparación del material vegetal es de gran importancia en la producción de los aceites esenciales crudos. La materia prima que se emplea en su mayoría se presenta en forma de sólidos.

Para aumentar la superficie de contacto y obtener la forma más apta de extracción, la operación preliminar de la misma es la trituración. La trituración expone más glándulas de aceite esencial crudo y reduce el grueso del material lo que permite una extracción más rápida, mayor rendimiento y mejor calidad de aceite esencial al mismo tiempo que menor consumo de solvente.

Cuando el material ya se encuentra desmenuzado debe ser extraído lo más pronto posible para reducir al mínimo la pérdida de aceite esencial crudo por evaporación.

Se debe emplear el seccionamiento que consiste en la división de los sólidos por medio de cortadoras y luego empleando una banda de cuchillas. También se puede emplear el proceso de percusión cuyo efecto de rompimiento se realiza por medio de golpes bruscos de martillos.

2.5. Eucalipto

2.5.1. Descripción

Los eucaliptos (*Eucalyptus spp.*) son un género de árboles de la familia de las *mirtáceas*. Existen alrededor de setecientas especies, la mayoría oriundas de Australia y muchas se conocen como "árbol gomero". En la actualidad se encuentran distribuidos por gran parte del mundo y debido a su rápido crecimiento frecuentemente se emplean en repoblaciones forestales, para la industria papelera, maderera o para la obtención de productos químicos.

Sin embargo, en algunas zonas se han convertido en invasivos ya que poseen un sistema radicular muy superficial que afecta el crecimiento de otras especies de árboles a su alrededor.

2.5.2. Características de la plantas de eucalipto

Los eucaliptos son árboles perennes, de porte recto pudiendo llegar a medir hasta sesenta metros de altura, la corteza exterior (ritidoma) es marrón clara con aspecto de piel y se desprende a tiras dejando manchas grises o parduscas sobre la corteza interior, más lisa. Los bosques de eucaliptos pueden crear problemas de incendios incontrolables debido a la gran altura que alcanzan estos árboles en poco tiempo de crecimiento y a la fácil combustión de su madera que en bosques densos de eucaliptos, las llamas de un incendio pueden alcanzar más de trescientos metros de altura, como se ha podido comprobar en Australia durante la época de sequía (diciembre - enero).

2.5.2.1. Hojas jóvenes

Las hojas jóvenes de los eucaliptos son sésiles, ovaladas y grisáceas, alargándose y tornándose coriáceas y de un color verde azulado brillante de adultas; contienen un aceite esencial, de característico olor balsámico, que es un poderoso desinfectante natural.

2.5.2.2. Flores

El eucalipto presenta flores blancas y solitarias con el cáliz y la corona unidos por una especie de tapadera que cubre los estambres y el pistilo (de esta peculiaridad procede su nombre, eu-kalypto en griego significa "bien cubierto") la cual, al abrirse, libera multitud de estambres de color amarillo.

2.5.2.3. Frutos

Los frutos son grandes cápsulas de color casi negro con una tapa gris azulada que contiene gran cantidad de semillas.

2.5.2.4. Especies de eucaliptos:

Existen diferentes especies de Eucalipto entre las cuales se tienen:

- *Eucalyptus botryoides*
- *Eucalyptus calophylla*
- *Eucalyptus camaldulensis* (Eucalipto rojo)
- *Eucalyptus citriodora*
- *Eucalyptus cladocalyx*
- *Eucalyptus crebra*

- *Eucalyptus deglupta*
- *Eucalyptus ficifolia*
- *Eucalyptus globulus*
- *Eucalyptus gummifera*
- *Eucalyptus lehmanni*
- *Eucalyptus obliqua*
- *Eucalyptus paniculata*
- *Eucalyptus pilularis*
- *Eucalyptus robusta*
- *Eucalyptus rudis*
- *Eucalyptus sideroxylon*
- *Eucalyptus tereticornis*

2.5.3. Propiedades medicinales del eucalipto

2.5.3.1. Propiedades antiinflamatorias

Las enfermedades de las vías respiratorias están asociadas con una producción de agentes inflamatorios. Estas dolencias pueden ser mejoradas inhibiendo la producción de estos mediadores.

El componente principal del eucalipto es el 1,8 cineol que inhibe el metabolismo del ácido araquidónico y la producción de citocina que es una proteína secretada por las células del sistema inmune que es la responsable directa de la inflamación en monocitos humanos. El 1,8 cineol actúa en los pacientes con asma severa de forma apropiada reduciendo la dependencia de esteroides en los pacientes.

Otro estudio comprobó en ratones que el cineol inhibe el aumento ácido acético inducido en la permeabilidad del capilar peritoneal.

2.5.3.2. Propiedades antimicrobianas

Estudios realizados demuestran que el extracto de eucalipto tiene componentes que son altamente efectivos para combatir enfermedades causadas por microorganismos como pie de atleta o el acné. Esto se debe principalmente a que estos componentes inhiben el crecimiento de ciertos microbios como *Staphylococcus Aureus*, *Bacillus Cereus*, *Propionibacterium acnés* y hongos como *Trichophyton mentagrophytes*. El *Eucalyptus Globulus* es muy efectivo contra la *Streptococcus*, bacteria que causa alteración branquial.

2.5.3.3. Efectos cardiovasculares:

Un estudio realizado con ratas determinó que el 1,8 cineol tiene efectos de baja presión ya que este actúa en el músculo vascular liso, dilatándolo. También disminuye el ritmo cardiaco.

2.5.4. *Eucalyptus Citriodora*

2.5.4.1. Características de la especie

Nombre científico o latino:	<i>Eucalyptus Citriodora</i> Hook.
Nombre común o vulgar:	Eucalipto aromático, Gomero de olor a limón, eucalipto de limón. Árbol perennifolio de gran altura.
Sinónimo:	<i>Lemon scented gum</i> .
Corteza de árboles:	Cortezas blancas y de una tonalidad azulada.
Familia Botánica:	<i>Myrtaceae</i>
Características organolépticas:	Las hojas desprenden un olor a limón
Frutos:	Sus frutos son en forma de cápsulas urceoladas o acampanadas.
Principal componente:	Citronelal presente en un noventa a noventa y cinco por ciento, esteres, alcoholes libres.

2.5.4.2. Propiedades Fisicoquímicas del aceite esencial de *Eucalyptus Citriodora* Hook.

Densidad a 20°C	0,8657 a 0,8697
Rotación Óptica a 20°C	-1,0 a +1,7°
Índice de Refracción a 20°C	1,4515 a 1,4596
Solubilidad en alcohol a 20°C	1 volumen se disuelve completamente en 4 a 6 volúmenes de alcohol al 70%
Punto de inflamación:	entre 43 ° C y 79 ° C
Rotación óptica (20 ° C):	-3 ° a +3 °
Solubilidad en el agua:	ligeramente soluble

2.5.4.3. Descripción

Árbol perennifolio, monoico, de gran talla, puede sobrepasar los cuarenta metros de altura. Corteza lisa, caediza, blanca o con ligera tonalidad azulada, se separa en forma de láminas. Hojas juveniles opuestas, pecioladas, oblongas u oblongo lanceoladas con pilosidad abundante. Hojas adultas alternas, pecioladas, lanceoladas, de diez a dieciséis centímetros de longitud. Todas las hojas desprenden un fuerte olor a limón. Inflorescencias terminales formadas por umbelas de tres a cinco flores. Fruto en cápsula urceolada o acampanada, con pedicelo en forma de urna, globular, de algo más de un centímetro de diámetro.

2.5.4.4. Origen

Especie exótica. Prefiere suelos de carácter ácido y exposición al sol. Es originario del este y norte de Australia. En España aparece cultivada en varios jardines. En Cuba se utiliza para la repoblación forestal.

2.5.4.5. Localización

En zonas montañosas son utilizados para el cultivo forestal. Ocasionalmente cultivado como ornamental. El suelo se caracteriza por ser tierra silícica y suelo ligero. La humedad del suelo es de normal a medio. Siembra directa en otoño o primavera. La parte útil son las hojas.

2.5.4.6. Curiosidades

En Australia lo utilizan para la extracción de aceite esencial de olor a limón, muy empleado en perfumería.

Produce vigas de buena calidad. Más pesada que la mayoría de los eucaliptos producidos en plantación. Aceite de citronela se obtiene de las hojas.

2.5.4.7. Forma de recolección

Se recolectan las hojas en cualquier época del año, para su consumo pueden estar frescas o secas, en este último caso secar a la sombra y en lugares aireados o con calor artificial no más de 40 °C.

2.5.4.8. Propiedades medicinales reconocidas

En el sistema respiratorio tiene una acción antiséptica, antiinflamatoria, antitusígena; en la piel y mucosas tiene una acción antibacteriana.

2.5.4.9. Formas farmacéuticas descritas

Medicamento vegetal, tintura y extracto fluido.

2.5.4.10. Principales usos

Su aceite esencial es utilizado en perfumería y para la preparación de aceites.

Su madera es muy dura y fuerte, siendo empleada en estructuras y armazones, carruajes, tarimas, carpintería naval, aperos de labranza, etc.

2.5.4.11. Otras propiedades atribuidas (aún no aprobadas)

Antiséptico de las vías urinarias. Para el tratamiento de los dolores de cabeza y problemas de garganta. Es hipoglicemiante.

2.5.4.12. Componentes

Las hojas se caracterizan porque contienen un aceite esencial rico en citral, citronelal y acetato de geranilo. Contiene además 41,9 % de agua.

2.5.5. *Eucalyptus Camaldulensis*

2.5.5.1. Características

Nombre científico:	<i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Dehnh.
Nombre común:	Eucalipto rojo.
Sinónimos:	<i>Eucalyptus rostrata</i> Schltld.
Familia:	<i>Myrtaceae</i>
Orden:	Myrtales
Clase:	<i>Magnoliatae</i>
Subclase:	<i>Rosidae</i>
Lugar de origen:	Australia y Tasmania

2.5.5.2. Etimología

Eucalyptus, del griego eu = bien y kalipto = cubrir, refiriéndose a sus flores que están bien protegidas hasta que abren por los sépalos y pétalos fusionados. *Camaldulensis*, alude al jardín italiano de Camalduli (Nápoles), de donde parece ser que fue descrita la especie.

2.5.5.3. Descripción

Árbol siempreverde que puede alcanzar de 50 a 60 m de altura, con copa amplia y el tronco muy grueso, con la corteza lisa, de color blanco con tonos marrones o rojizos y que se desprende en placas con los años. Hojas alternas, colgantes, pecioladas, de color verde grisáceo, algo coriáceas. Las juveniles de ovadas a anchamente lanceoladas, y las adultas linear lanceoladas, de 8 a 30

cm de longitud, con la punta algo torcida. Inflorescencias en umbelas de 7 a 11 flores en forma de copa con numerosos estambres de color blanquecino amarillento. Florece en abril a julio. Fruto en cápsula cupuliforme con opérculo puntiagudo de 5 a 8 milímetros de longitud.

2.5.5.4. Propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh.

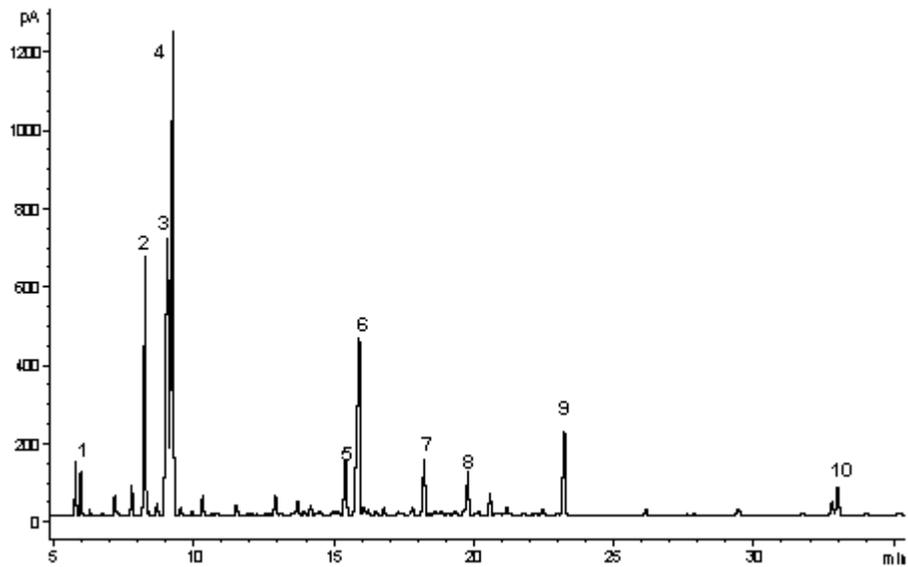
Punto de inflamación:	41 ° C = 106 ° F
Presión de vapor (50 ° C):	11 Kpa
Peso específico (20 ° C):	0,877 a 0,945
Rotación óptica (20 ° C):	-10 ° a -1,5 °
Índice de refracción (20 ° C):	1,376 a 1,470
Solubilidad en agua:	Insoluble

2.5.5.5. Principales componentes

Las hojas contienen 0.1-0.4% de aceite esencial, 77% de los cuales es cíñelo. En algunas hojas se encuentra presente cuminal, felandreno, aromadendreno (o aromadendral), y algunos valerilaldehído, geraniol, cimeno, y felandral. Las hojas contienen 5-11% de taninos. Hojas y frutos positivos para la prueba de flavonoides y esteroides.

En la figura 4 se pueden observar un cromatograma de los componentes para una muestra de aceite esencial de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh.

Figura 4. Ejemplo de cromatograma, cromatografía de gases de aceite esencial de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh.



Componentes identificados: 1) alfa pineno (1,4%); 2) beta felandreno (10,6%); 3) p cimeno (18,5%), 4) 1,8 - cineol (26,2%); 5) 4 - terpineol (3,1%); 6) criptón (12,4%); 7) pulegon (2,9%); 8) cinamaldehido (2,2%); 9) acetato de citronelil (4,7%); 10) óxido de cariofileno (1,6%).

Fuente: Referencia 5.

2.5.5.6. Datos del cultivo

Se multiplica por semillas. Bastante resistente a la sequía y al frío y con rápido crecimiento. Soporta la presencia de cal en el suelo hasta cierto punto, pues su exceso le produce clorosis. Especie maderera. Por su gran crecimiento y su agresividad, no es árbol recomendado para jardines y menos cerca de edificaciones. Necesita grandes espacios para desarrollarse con libertad.

2.5.5.7. Importancia y usos

La madera es moderadamente densa (0,6 g/cm). En Australia se le utiliza para construcción en general, ya que el duramen rojizo es moderadamente fuerte, duradero y resistente a termitas. Se emplea principalmente en la fabricación de postes, durmientes, tableros, interiores, para pisos, encofrados y algunas veces para la fabricación de pulpa y papel.

Los fustes de plantaciones jóvenes o los rebrotes pueden utilizarse como soportes en plantaciones de banano.

Las flores producen miel de excelente calidad y las hojas son utilizadas en algunos lugares para quemarlas y controlar insectos.

Tiene una gran potencial como leña. Cuando la madera está completamente seca constituye un combustible excelente. Tiene un poder calórico de aproximadamente 20.000 KJ/kg (4.800 kcal/kg). Produce carbón de excelente calidad. Una de las limitaciones de la madera de esta especie es que quema en forma rápida y produce humo.

Es un árbol muy útil para la plantación a lo largo de carreteras, en los sistemas de avenamiento de las tierras pantanosas, en los bosques de fincas agrícolas. Resiste bien los vientos, por lo que se le emplea en la formación de cortinas rompevientos, asociados con otras especies de porte bajo, para control de erosión.

Debido a su rápido desarrollo y plasticidad se le utiliza en plantaciones comerciales de corta rotación y además para fines ornamentales.

3. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación

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

Laboratorio de Análisis Fisicoquímico de la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería, donde se llevaron a cabo las extracciones a nivel laboratorio y el análisis fisicoquímico de las características físicas del aceite esencial de eucalipto, para las especies *de Eucalyptus Citriodora* Hook y *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh.

Posteriormente, se llevó a cabo la caracterización del aceite esencial de las dos especies objeto de estudio en el Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.2. Recursos Humanos

Investigador:

Br. Mauricio Leonardo de León Juárez.

Asesora:

Inga. Q. Telma Maricela Cano Morales.

3.3. Recursos Materiales

Para cada unidad experimental:

50 g de cada una de las especies de *Eucalyptus Citriodora* Hook y *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh fresco y seco.

Agua destilada

Agua de circulación

3.4. Obtención de materia prima

Las hojas de las dos especies de eucalipto que sirvieron para la extracción del aceite esencial fueron extraídas de la planta de San Miguel de Cementos Progreso, para lo cual se han encontrado algunas características de la región.

3.4.1. Características del suelo

Las plantaciones se encuentran en Planta de Cementos Progreso situadas en el Municipio de Sanarate en el departamento de El Progreso, a una altura de 813 msnm. Su posición geográfica se encuentra a una latitud de 14°47'05" y longitud 90°12'15".

3.4.2. Clima

El clima de la región según la clasificación de clima de Thorthwite es cálido con una temperatura promedio de 23,9°C o más, con invierno benigno (35% a 49%) con carácter de clima seco cuya vegetación natural es característica de estepa, con otoño seco. Los vientos soplan sensiblemente paralelos al curso del río Motagua.

En esta región se tienen precipitaciones de 45 a 60 días de lluvia al año de 400 a 600 mm de precipitación media anual.

3.4.3. Geología

Paleozoico: rocas metamórficas sin dividir. Filitas.

3.4.4. Génesis del suelo

Suelos elevados a esquistos y ceniza volcánica a elevaciones medianas.

3.4.5. Tipo de suelo

Franco arcilloso de 25 a 49 centímetros de profundidad y franco arenoso y arcilloso de 50 a 74 centímetros de profundidad valle muy seco del Motagua, áreas con cubierta vegetal permanente.

3.5. Equipo

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

Figura 5. Secador eléctrico de bandejas. Planta Piloto
Centro de Investigaciones de Ingeniería



- Plancha de calentamiento
 - Marca:
CORNING
 - Modelo: PC-620
 - Voltaje: 120 V
 - Frecuencia: 60 Hz.
 - Potencia: 1113 W.
 - Hecha en Estados Unidos
- Figura 6. Plancha de Calentamiento.
Laboratorio Química Industrial,
Centro de Investigaciones de Ingeniería-CII-



Figura 7. Balanza Analítica. Laboratorio Química Industrial –CII-

- Balanza
 - Marca: Adventurer
 - Serie: G1231202040133
 - Voltaje: 8 -14.5 V
 - Frecuencia: 50/60 Hz.
 - Máxima Capacidad: 150 g.
 - Lectura Mínima: 0.001 g
- Hecha en USA



Figura 8. Balanza de humedad. Laboratorio Química Industrial

- Balanza de humedad
 - Marca: BOECO
- Hecha en Alemania



Figura 9. Refractómetro, Laboratorio Química Industrial

- Refractómetro
Marca: Fisher Scientific
Modelo: Espectroflash SF 300
Hecho en USA



3.6. Cristalería

- Balón de 1000 mL para equipo de extracción Neoclevenger
- Equipo para la extracción de aceites esenciales Neoclevenger
- Soportes y pinzas para asegurar el Neoclevenger
- Pizeta
- Recipiente para agua de recirculación
- Manguera de caucho de 1,67 cm de diámetro interno.
- Cronómetro
- Goteros color ámbar de 20 mL

3.7. Procedimiento

3.7.1. Preparación de la materia prima

Se secó la materia prima hasta llegar a un porcentaje de humedad constante (del 5 al 9 por ciento de humedad). Se molió la materia prima y luego se tamizó con un tamiz No.8

3.7.2. Obtención del aceite esencial

- Se Lavaron las secciones del Neoclevenger con etanol y agua,
- En cada corrida se colocaron 50 g de eucalipto en un balón de 1000 mL
- En cada corrida se agregaron 500 mL de agua destilada humedeciendo todo el material vegetal, hasta que todo el material quedara cubierto.
- Se acopló el balón que contenía el material vegetal con el Neoclevenger tal como lo muestra la figura 10.
- Se puso a recircular el agua del condensador del Neoclevenger; manteniendo el agua de recirculación a una temperatura de 9°C a 15°C. (figura 11)
- Se transfirió calor al balón de 1000 mL con la plancha de calentamiento conectada a su máxima temperatura, hasta que dio inicio la ebullición.
- Iniciada la ebullición, se cronometró el tiempo de destilación para una, dos o tres horas, según fuere el caso.
- Completado el tiempo de destilación, se suspendió el calentamiento hasta que terminó de producirse el condensado.

- Se estableció la masa de un gotero color ámbar.
- Se transfirió el aceite al gotero, teniendo cuidado de separar la fase oleosa del agua.
- Nuevamente se estableció la masa del gotero, pero ahora conteniendo el aceite recuperado, y finalmente por diferencia se determinó la masa del aceite obtenido en la destilación.

Figura 10. Equipo de Extracción Neoclevenger
Laboratorio Química Industrial –CII-



Figura 11. Bomba de Recirculación de Agua
Laboratorio Química Industrial Centro de
Investigaciones de Ingeniería –CII-



3.8. Metodología experimental

3.8.1. Diseño de tratamientos

El rendimiento y la calidad de la extracción del aceite esencial de *Eucalyptus Citriodora* Hook y *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh se trabajó a nivel laboratorio por medio del método de hidrodestilación utilizando el equipo Neoclavenger.

El experimento se realizó de manera bifactorial (especie, tiempo), con tres niveles del factor tiempo y dos niveles del factor especie, de tres repeticiones cada uno. Se tienen dos especies de eucalipto con tres diferentes tiempos de extracción (3 tiempos por 3 repeticiones), haciendo 9 tratamientos por cada especie siendo un total de 18 tratamientos para las dos especies.

3.8.2. Manejo del experimento

La materia vegetal se obtuvo de las plantaciones ubicadas en la Planta San Miguel de Cementos Progreso ubicada en el municipio de Sanarate departamento de El Progreso.

La materia vegetal se limpió, luego se seccionaron las partes que serían objeto de estudio (hojas), para luego secar en el secador de bandejas (figura 5). Luego se almacenaron en bolsas con cierre hermético. Se procedió a la reducción de partícula de las hojas de eucalipto antes de cada extracción para favorecer el proceso de extracción del aceite esencial.

Después de reducir el tamaño de las hojas, el material se pesó y se realizaron pruebas preliminares para determinar el tamaño de lote para luego realizar la extracción a nivel laboratorio.

En la extracción a nivel de laboratorio, se utilizaron como variables, el tiempo de extracción que fue de una, dos y tres horas y las dos especies de eucalipto utilizando el método de hidrodestilación haciendo tres repeticiones para cada tiempo de extracción. La cantidad de material vegetal se mantuvo constante.

3.8.3. Método de extracción de aceite esencial

3.8.3.1. Extracción por medio de hidrodestilación a nivel laboratorio

Este método consiste en depositar la materia vegetal en el equipo de extracción de aceite esencial. La materia seca se deposita en un balón, luego se humedece y se arma el equipo de Neoclavenger. El calor debe ser adicionado por medio de una plancha de calentamiento para que se inicie la ebullición. La extracción de aceite esencial se realiza por destilación con agua, se recoge el destilado en una probeta en donde la fase acuosa es automáticamente separada de la fase oleosa y es devuelta al balón de destilación. Cuando el aceite esencial se encuentre a una densidad próxima al del agua se debe agregar un solvente de baja densidad y punto de ebullición adecuado como el hexano por ejemplo, no siendo este el caso del eucalipto.

Si se diera el caso de la utilización de un solvente de captura, después de finalizada la extracción, se debe proceder a separar el aceite esencial del condensado en el rotavapor que es un evaporador al vacío y obtener de esa manera el aceite esencial eliminando el solvente.

3.9. Propiedades físico químicas del aceite esencial

3.9.1. Determinación del índice de refracción

El índice de refracción se determinó por medio de un refractómetro marca Fisher Scientific.

3.9.2. Análisis cromatográfico

Las muestras obtenidas de aceite esencial de eucalipto fueron previamente almacenadas en frascos color ámbar y refrigeradas para evitar que el aceite esencial se volatilizara. Posteriormente, se evaluaron todas las muestras en el Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala para realizar el análisis químico cromatográfico, utilizando el método de cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM).

Este método consiste en inyectar dentro del espectrómetro una cantidad igual a 0,2 microlitros de aceite esencial diluida en un mililitro de metanol. En este método se produce la identificación de los compuestos presentes en el aceite esencial por medio de iones que comparan su peso molecular con el del patrón utilizado y luego lo grafica en un cromatograma.

Cada pico del cromatograma representa un tiempo de retención en el que se le asigna un área porcentual con un nivel de confianza que indica la probabilidad de presencia de un determinado componente en la muestra, para luego identificarlo y nombrarlo según la librería contenida en el programa.

3.10. Diseño del estudio

Los porcentajes de rendimiento del aceite esencial tanto para la especie de *Eucalyptus Citriodora* Hook, como para la especie de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh que fueron determinados a nivel laboratorio.

3.11. Análisis estadístico

Se determinó que el análisis de varianza es de dos factores; uno de ellos son las dos especies de eucalipto y el otro es el tiempo, con el uso de observaciones repetidas en un diseño totalmente aleatorio con tres replicas de las combinaciones del tratamiento, determinados por tres niveles del factor A que es el tiempo (una, dos y tres horas) y dos niveles del factor B (E1 y E2). Las observaciones se pudieron representar por un arreglo rectangular donde los renglones se encuentran representados por el nivel factor A (tiempo) y las columnas por el factor B (especies). Cada combinación de tratamiento define una celda del arreglo. De esta forma se tuvieron 18 celdas, cada una de las cuales tuvo tres observaciones, tal como lo indica la Tablas II y III.

Tabla II. Análisis de varianza: experimento de dos factores (tiempo y especies de eucalipto) con tres réplicas (una, dos y tres horas)

A (Tiempo)	B (especies de eucalipto)		Total	Media
	E1	E2		
1 hr	y_{111}	y_{121}	$Y_{1..}$	$\bar{y}_{1..}$
	y_{112}	y_{122}		
	y_{113}	y_{123}		
2 hr	y_{211}	y_{221}	$Y_{2..}$	$\bar{y}_{2..}$
	y_{212}	y_{222}		
	y_{213}	y_{223}		
3 hr	y_{311}	y_{321}	$Y_{3..}$	$\bar{y}_{3..}$
	y_{312}	y_{322}		
	y_{313}	y_{323}		
Total	$Y_{.1}$	$Y_{.2}$	$Y_{...}$	
Media	$\bar{y}_{.1}$	$\bar{y}_{.2}$		$\bar{y}_{...}$

Fuente: Referencia 6

Donde:

E_1 : *Eucalyptus Camaldulensis*

E_2 : *Eucalyptus Citriodora*

Y_{ij} = suma de las observaciones en la (ij) -ésima celda,

$Y_{i..}$ = suma de observaciones para el i -ésimo nivel del factor A,

$Y_{.j.}$ = suma de observaciones para el j -ésimo nivel del factor B,

$Y_{...}$ = suma de todas las abn observaciones,

$\bar{y}_{.1.}$ = media de todas las abn observaciones,

$\bar{y}_{...}$ = media de todas las abn observaciones

Cada observación de la Tabla III, se puede escribir de la forma

$$y_{ijk} = \mu + sp_i + t + st_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde ε_{ijk} mide las desviaciones de los valores y_{ijk} observados en la (ij) -ésima celda de la media poblacional μ ,

Tabla III. Análisis de varianza para el experimento de dos factores (tiempo y especies).

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Efecto principal				
A	SSA	$a - 1$	$S_1^2 = \frac{SSA}{a - 1}$	$f_1 = \frac{S_1^2}{S^2}$
B	SSB	$b - 1$	$S_2^2 = \frac{SSB}{b - 1}$	$f_2 = \frac{S_2^2}{S^2}$
Interacciones de dos factores				
AB	$SS(AB)$	$(a - 1)(b - 1)$	$S_3^2 = \frac{SS(AB)}{(a - 1)(b - 1)}$	$f_3 = \frac{S_3^2}{S^2}$
Error Total	$\frac{SSE}{SST}$	$\frac{ab(n - 1)}{abn - 1}$	$S^2 = \frac{SSE}{ab(n - 1)}$	

Fuente: Referencia 6

El orden de los tratamientos se llevó a cabo de forma aleatoria al azar, según la tabla siguiente:

Tabla IV. Orden en el que se llevaron a cabo los tratamientos para cada una de las especies de eucalipto.

No.	TRATAMIENTO
1	$E_1T_2R_1$
2	$E_2T_3R_1$
3	$E_2T_1R_1$
4	$E_1T_1R_2$
5	$E_2T_2R_3$
6	$E_1T_1R_1$
7	$E_1T_3R_1$
8	$E_1T_1R_3$
9	$E_2T_1R_2$
10	$E_2T_3R_2$
11	$E_1T_3R_3$
12	$E_2T_1R_3$
13	$E_2T_3R_3$
14	$E_1T_3R_2$
15	$E_1T_2R_2$
16	$E_1T_2R_3$
17	$E_2T_2R_2$
18	$E_2T_2R_1$

En donde:

E_1 : *Eucalyptus Camaldulensis*

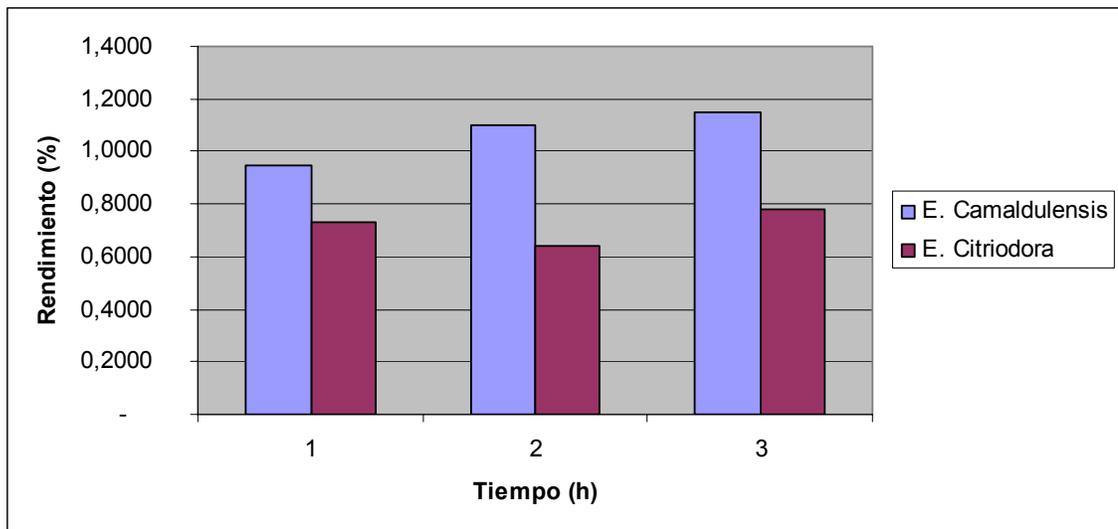
E_2 : *Eucalyptus Citriodora*

T: Tiempo de extracción

R: Repetición

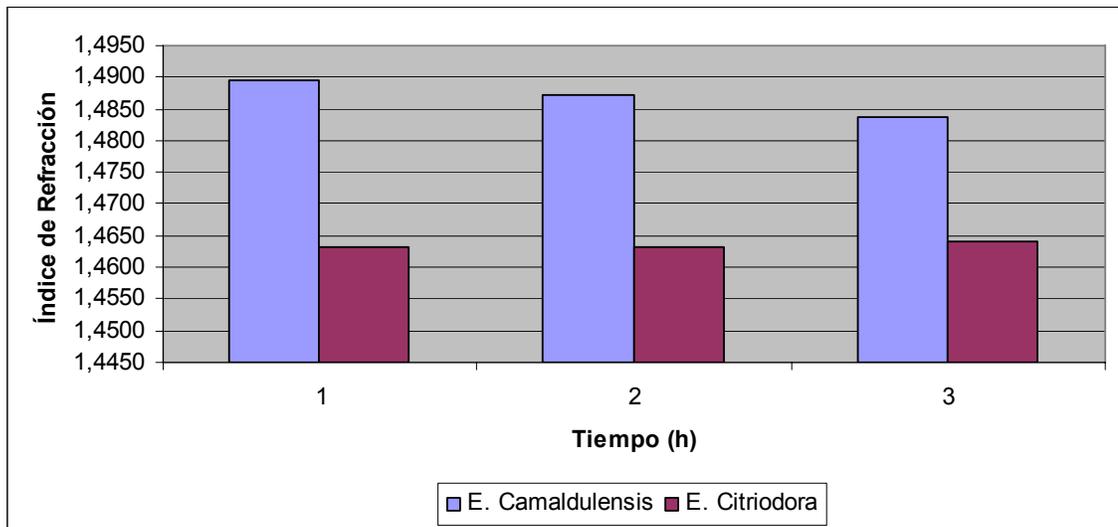
4. RESULTADOS

Figura 12. Rendimiento porcentual promedio de dos especies de eucalipto: *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh y *Eucalyptus Citriodora* Hook en función del tiempo de extracción.



Fuente: Tabla datos originales.

Figura 13. Índice de refracción a 22°C promedio de dos especies de eucalipto: *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh y *Eucalyptus Citriodora* Hook en función del tiempo de extracción.



Fuente: Tabla datos originales

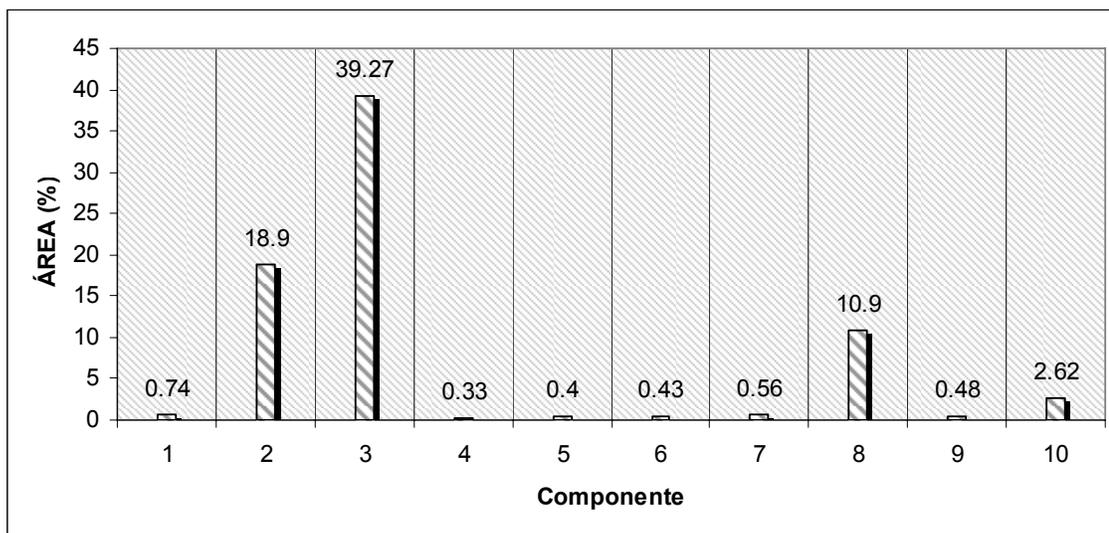
Tabla V. Componentes del aceite esencial de la especie de *Eucalyptus Citriodora* Hook, obtenidos a partir de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de gases.

clasificación	No.	COMPONENTE	Área (%)	CAS No.*	N.C. (%)*
C9	1	3-metoxiacetofenona	0,74	000586-37-8	72
	2	Citronelal	18,9	000106-23-0	98
C10	3	Citronelol	39,27	000106-22-9	97
	4	Eugenol	0,33	000097-53-0	98
	5	Isoeugenol	0,44	000097-54-1	97
	6	Carvacrol (5- isopropil- 2 -metilfenol)	0,43	000499-75-2	87
	7	Linalol (3,7-dimetil-1, 6 octadien-3-ol)	0,56	000078-70-6	90
	8	Timol	10,9	000089-83-8	90
C15	9	Farnesol	0,48	004602-84-0	83
	10	Beta Cariofileno	2,62	000087-44-5	99

*CAS No: Número de Registro. *N.C.: Nivel de confianza.

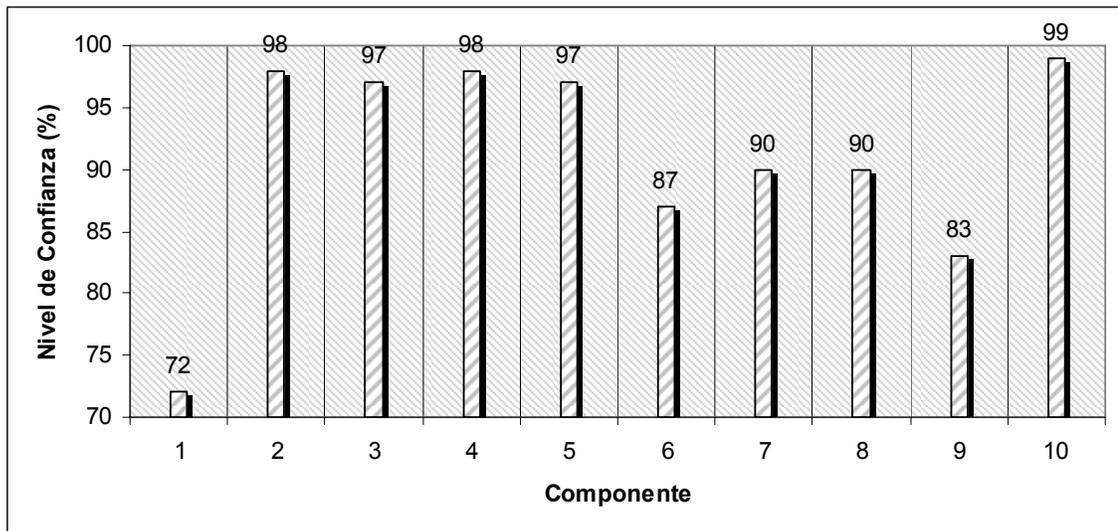
Fuente: Laboratorio de Toxicología, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 14. Porcentaje de área de los componentes presentes en el aceite esencial de la especie de *Eucalyptus Citriodora* Hook.



Fuente: Tabla V

Figura 15. Nivel de confianza de los componentes presentes en el aceite esencial de la especie de *Eucalyptus Citriodora* Hook.



Fuente: Tabla V

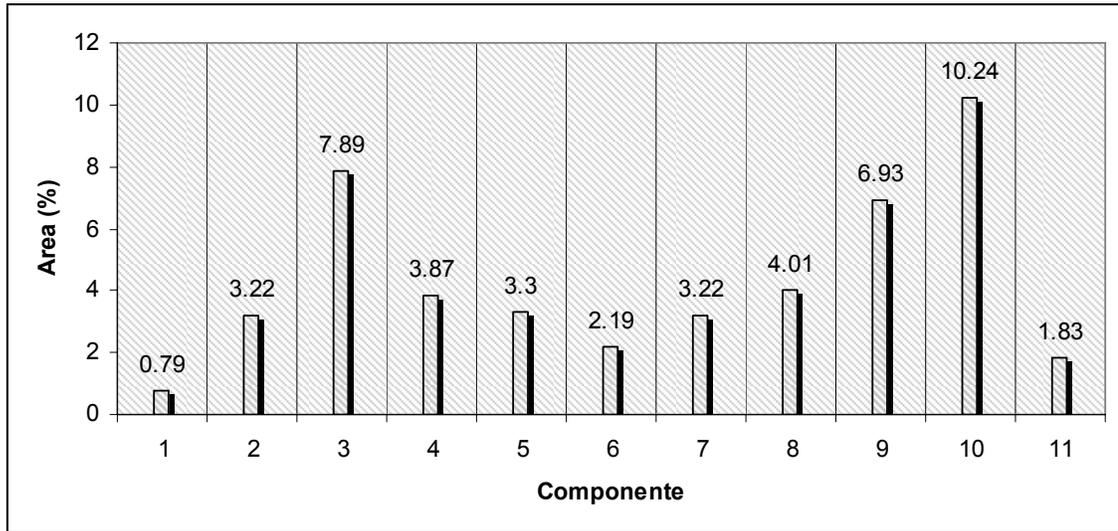
Tabla VI. Componentes del aceite esencial de la especie de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh, obtenidos a partir de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de gases.

clasificación	No.	COMPONENTE	Área (%)	CAS No.*	N.C. (%)*
C10	1	Citronelal	0,79	000106-23-0	97
	2	Citronelol	3,22	000106-22-9	97
	3	1,8-cineol (eucaliptol)	7,89	000470-82-6	98
	4	Carvacrol (5- isopropíl- 2 -metilfenol)	3,87	000499-75-2	95
	5	Alfa terpineol	3,3	000098-55-5	91
	6	Timol	2,19	000089-83-8	94
	7	(S)-(-)-Beta-Citronelol	3,22	007540-51-4	97
	8	R-(-)-Alfa-Felandreno	4,01	004221-98-1	90
	9	Alfa Terpineno	6,93	000099-86-5	93
	10	Terpinen-4-ol	10,24	000562-74-3	97
C15	11	Beta Cariofileno	1,83	000087-44-5	99

*CAS No: Número de Registro. *N.C.: Nivel de confianza.

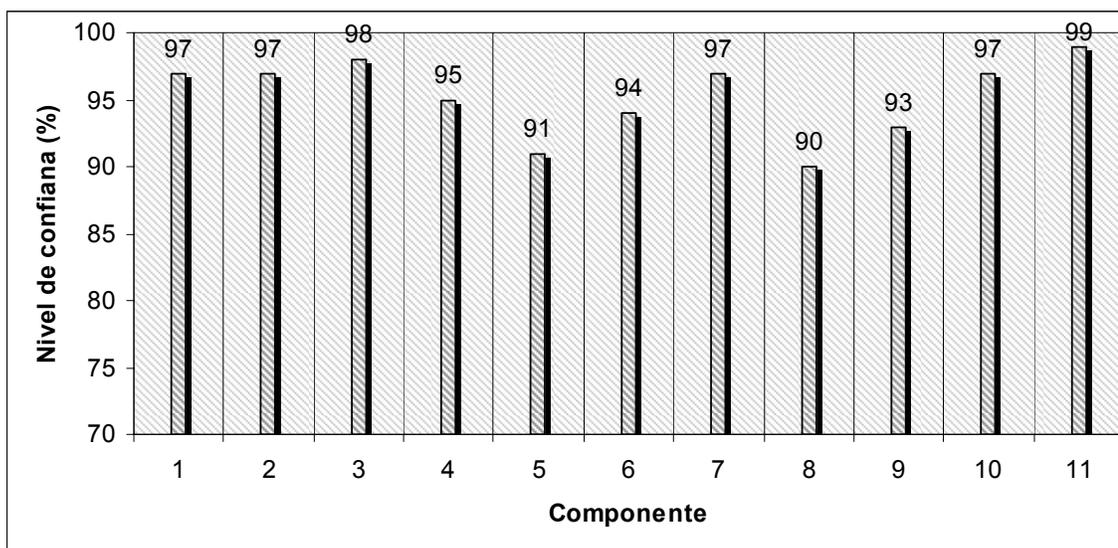
Fuente: Laboratorio de Toxicología, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 16. Porcentaje de área de los componentes presentes en el aceite esencial de la especie de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh.



Fuente: Tabla VI

Figura 17. Nivel de confianza de los componentes presentes en el aceite esencial de la especie de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh.



Fuente: Tabla VI

Tabla VII. Comparación de los componentes activos (metabolitos) presentes en cada una de las especies de eucalipto.

clasificación	Componente	<i>Eucalyptus Citriodora</i> (5 años)		<i>Eucalyptus Camaldulensis</i> (2 años)	
		ÁREA (%)	N.C.	ÁREA (%)	N.C.
C9	3-metoxiacetofenona	0,74	72		
C10	Citronelal	18,9	98	0,79	97
	Citronelol	39,27	97	3,22	97
	1,8-cineol (eucaliptol)			7,89	98
	Eugenol	0,33	98		
	Alfa Terpineno			6,93	93
	Alfa terpineol			3,3	91
	Isoeugenol	0,44	97		
	Carvacrol (5- isopropil- 2 -metilfenol)	0,43	87	3,87	95
	Linalol (3,7-dimetil-1, 6 octadien-3-ol)	0,56	90		
	Timol	10,9	90	2,19	94
	Terpinen-4-ol			10,24	97
	R-(-)-Alfa-Felandreno			4,01	90
C15	Beta Cariofileno	2,62	99	1,83	99
	Farnesol	0,48	83		

Fuente: Tablas V y VI

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente trabajo de graduación se evaluó el rendimiento en follaje de dos especies de eucalipto, *Eucalyptus Citriodora* Hook y *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh a nivel laboratorio por medio del método de hidrodestilación.

La materia prima de las dos especies de eucalipto fue recolectada de las plantaciones ubicadas en la planta de San Miguel de Cementos Progreso en el municipio del Sanarate, departamento de El Progreso a unos 813 msnm.

La parte de la planta utilizada fueron las hojas de eucalipto de cada una de las especies, que previo a llevarse a cabo el proceso de destilación del aceite esencial, fueron sometidas a un proceso de secado por medio de un secador de bandejas a una temperatura de aproximadamente 40°C durante un período de dos semanas. La humedad de las hojas fue llevada de un 80% hasta un valor entre el 5 y 9%. Posteriormente, se llevó a cabo la molienda de las hojas (previa a cada corrida de extracción de aceites esenciales), con el fin de favorecer el proceso de extracción para luego ser tamizada a un tamaño de partícula tamiz No.8.

El experimento se llevó a cabo en un arreglo totalmente aleatorio de dos factores, siendo uno de ellos la especie de eucalipto y el otro el tiempo, con tres niveles del factor tiempo (una, dos y tres horas) y dos niveles del factor especie (*Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh y *Eucalyptus Citriodora* Hook), con tres repeticiones de cada uno, haciendo un total de nueve tratamientos para cada una de las especies.

Rendimientos

Se obtuvieron resultados acerca del rendimiento de extracción de aceite esencial de cada una de las especies de eucalipto según se observa en la tabla VIII (apéndice B), teniendo un máximo valor de rendimiento porcentual promedio para la especie de *Eucalyptus Camaldulensis* del $1,1510 \pm 0,0546$ correspondiente a un tiempo de extracción de tres horas y para la especie de *Eucalyptus Citriodora* un máximo valor de rendimiento porcentual de $0,7789 \pm 0,1260$ correspondiente a un tiempo de tres horas.

En la figura 12 se comparan los valores de rendimiento porcentual de cada una de las especies de eucalipto para cada uno de los tiempos de extracción en el cual se observa que el rendimiento porcentual promedio es mayor para la especie de *Eucalyptus Camaldulensis* que para la especie de *Eucalyptus Citriodora* en cada uno de los tres diferentes tiempos, para lo cual se puede decir que el rendimiento fue mayor para la especie más joven.

Índice de refracción

Los valores del índice de refracción promedio correspondientes a cada una de las especies, se encuentran en la tabla IX (apéndice B), en la cual se puede observar, que los valores para cada una de las especies se mantuvieron casi constantes para cada uno de los tiempos de extracción.

En la figura 13 se muestra la comparación entre los índices de refracción promedio de las dos especies en cada tiempo de extracción, observándose que para la especie de *Eucalyptus Camaldulensis* es mayor que para la especie de *Eucalyptus Citriodora*.

Análisis cromatográfico

Los resultados de los análisis de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas se muestran en la tabla V para la especie de *Eucalyptus Citriodora* Hook y en la tabla VI para la especie de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh. Los nombres de los compuestos terpénicos identificados fueron nombrados según el catálogo de reactivos químicos de Merck que rige su nomenclatura según el sistema IUPAC usado internacionalmente.

Para la especie *Citriodora* se identificaron los siguientes componentes: el 3-metoxiacetofenona (0,74%) que es un compuesto que contiene nueve carbonos; componentes monoterpénicos oxigenados como, citronelal (18,9%), citronelol (39,27%), eugenol (0,33%), isoeugenol (0,44%), carvacrol (0,43%), linalol (0,56%), timol (10,9%); así como otros compuestos de fracción sesquiterpénica como el beta cariofileno (2,62%) y farnesol (0,48%). En las figuras 14 y 15 se encuentran los porcentajes de área y nivel de confianza de cada uno de los componentes o metabolitos presentes en la muestra de aceite esencial del *Eucalyptus Citriodora*, teniendo en cuenta que citronelal, citronelol, timol y beta cariofileno son los componentes que se encuentran en mayor proporción.

Para la especie *Camaldulensis* se identificaron los siguientes compuestos monoterpénicos: citronelal (0,79%), citronelol (3,22%), eucaliptol (7,89%), carvacrol (3,87%), alfa terpineol (3,3%), timol (2,19%), beta citronelol (3,22%), alfa felandreno (4,01%), terpin-4-ol (10,24%), alfa terpineno (6,93%) y otros de fracción sesquiterpénica como el beta cariofileno (1,83%). En las figuras 16 y 17 se encuentran los porcentajes de área y nivel de confianza de cada uno de los componentes o metabolitos presentes en la muestra de aceite esencial del *Eucalyptus Camaldulensis*, teniendo en cuenta que eucaliptol,

terpin-4-ol y alfa terpineno son los componentes que se encuentran en mayor proporción.

En la tabla VII se compararon los metabolitos encontrados en cada una de las muestras de las dos especies de eucalipto estudiadas, tomando en cuenta que la especie *Camaldulensis* es más joven que la especie *Citriodora*, determinándose cuáles han sido los metabolitos presentes en las dos especies de eucalipto. En dicha tabla se puede observar que el citronelal se encuentra en mayor proporción y tiene un nivel de confianza mayor para la especie *Citriodora* que para la especie *Camaldulensis*. Otro componente encontrado en las dos especies es el carvacrol el cual se encuentra presente en mayor proporción y con un nivel de confianza mayor para la especie *Camaldulensis* que para la especie *Citriodora*; el timol se encuentra presente en mayor proporción pero con un nivel de confianza menor para la especie *Citriodora* que para la especie *Camaldulensis*. Finalmente, se tiene el componente sesquiterpénico beta cariofileno y este se encuentra presente en mayor proporción en la especie *Citriodora* que en la especie *Camaldulensis*. De los componentes encontrados en las dos especies de eucalipto estudiadas se determinó que para la especie *Citriodora* que es de mayor edad, se encuentran en mayor proporción que para la especie *Camaldulensis* excepto el carvacrol.

Cada uno de estos compuestos es determinado por medio de la identificación de sus iones con los de un patrón, en el cual el porcentaje de área es representado por un pico en el cromatograma el cual le asigna un valor, luego lo divide dependiendo el número de picos en porcentajes con un nivel de confianza, que es el grado en el cual el compuesto se asemeja a los iones presentes en el patrón con el cual se está comparando. Se debe hacer notar entonces, que el valor porcentual del área solo sirve para identificar el componente en la muestra y no para justificar que ese porcentaje es el que se

encuentre realmente presente en el aceite esencial de cualquiera de las dos especies.

Sin embargo, se puede hacer la comparación entre los componentes identificados en cada una de las especies de eucalipto, ya que al analizar las dos especies podemos darnos cuenta que en su composición química algunos de los componentes presentes en la especie de *Eucalyptus Citriodora* también se encuentran presentes en la especie de *Eucalyptus Camaldulensis*, pero en diferente proporción, siendo estos: citronelal, citronelol, carvacrol, beta cariofileno y timol (tabla VII).

Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis de varianza tanto para el rendimiento como para el índice de refracción.

En la figura 18 se puede observar que el rendimiento porcentual para la especie de *Eucalyptus Camaldulensis*, tiene un comportamiento ascendente a medida que aumenta el tiempo de extracción, en el cual, para el tiempo de una hora, la media se concentra más cerca del cuartíl cuarto; para el tiempo de dos horas, la media se ubica entre los cuartiles dos y tres y para el tiempo de tres horas, la media se encuentra más cerca del cuartíl tercero. En el caso de la especie de *Eucalyptus Citriodora*, que se puede observar en la misma figura, que el rendimiento porcentual es mayor para el tiempo de una hora que para el tiempo de dos horas y luego aumenta nuevamente para el tiempo de tres horas; encontrándose que, para el caso de una hora, la media de los datos se encuentra concentrada en el cincuenta porciento de ellos al igual que para el tiempo de dos horas, siendo la excepción para tres horas, cuya media se concentra en el cuartíl cuarto.

En el análisis de varianza para el rendimiento se analizó tanto la especie, el tiempo así como la relación especie tiempo, encontrándose que no existe diferencia significativa tanto para el tiempo como para la relación especie tiempo, lo cual indica que la única diferencia significativa existe entre las dos especies de eucalipto, lo cual nos dice que el rendimiento de extracción no depende del tiempo de extracción (tablas X, XI y XII).

En la figura 19 se muestra el comportamiento de los valores promedio medidos para el índice de refracción en cada uno de los tiempos. Se puede observar que para la especie de *Eucalyptus Camaldulensis* el índice de refracción disminuye a medida que aumenta el tiempo, el cual indica que, para el tiempo de una hora, el valor de la media de los datos se concentra en el cuartíl tercero; para el tiempo de dos horas, la media de los datos se concentra en el cincuenta porciento de ellos y para el tiempo de tres horas, el valor de la media se concentra en veinticinco porciento de los datos.

En el caso de la especie de *Eucalyptus Citriodora*, se puede observar en la misma figura, que los valores promedio medidos para el índice de refracción aumentan a medida que aumenta el tiempo, teniendo en cuenta que la media de los datos para el tiempo de una hora se concentra en el cincuenta porciento de los datos; para el tiempo de dos horas, la media se concentra alrededor del tercer cuartíl y para el tiempo de tres horas, la media de los datos se concentra en el cuarto cuartíl.

El análisis de varianza para el índice de refracción se realizó tomando en cuenta la especie, el tiempo y la relación especie tiempo (tablas XIII, XIV y XV); observándose que tanto para el tiempo como para la relación especie tiempo, no existe diferencia significativa, lo cual indica que su diferencia depende únicamente de las dos especies de eucalipto.

CONCLUSIONES

1. Existe diferencia significativa en el rendimiento de extracción del aceite esencial de dos especies de eucalipto, *Eucalyptus Camaldulensis* y *Eucalyptus Citriodora* en función de las especies y no en función del tiempo o de la interacción especie tiempo.
2. Existe diferencia significativa del índice de refracción del aceite esencial de dos especies de eucalipto, *Eucalyptus Camaldulensis* y *Eucalyptus Citriodora* en función de cada una de las especies.
3. La especie de *Eucalyptus Camaldulensis* tiene mayor rendimiento que la especie de *Eucalyptus Citriodora* provenientes de las plantaciones ubicadas en la planta de San Miguel de Cementos Progreso, Municipio de Sanarate, departamento de El Progreso.
4. La especie de *Eucalyptus Camaldulensis* tiene mayor índice de refracción que la especie de *Eucalyptus Citriodora* provenientes de las plantaciones, ubicadas en la planta de San Miguel de Cementos Progreso, Municipio de Sanarate, departamento de El Progreso.
5. El máximo valor de rendimiento porcentual de la especie de *Eucalyptus Camaldulensis* fue de $1,1510 \pm 0,0546$ correspondiente a un tiempo de extracción de tres horas.

6. El máximo valor de rendimiento porcentual de la especie de *Eucalyptus Citriodora* fue de $0,7789 \pm 0,1260$ correspondiente a un tiempo de tres horas.
7. La presencia de los componentes citronelal, citronelol, timol y beta cariofileno aumentan a medida que aumenta la edad de las especies de eucalipto, siendo la excepción el carvacrol.
8. Algunos componentes como el 3-metoxiacetofenona, eugenol, isoeugenol, linalol, y farnesol, se forman en las especies de eucalipto a medida que aumenta la edad de la planta.
9. Algunos componentes como el alfa terpineno, alfa terpineol, terminen-4-ol y alfa felandreno, se encuentran presentes en las especies de eucalipto solo en las primeras etapas de su crecimiento y después desaparecen o sirven para sintetizar nuevos componentes.

RECOMENDACIONES

1. Impulsar proyectos de investigación de las dos especies de eucalipto, *Eucalyptus Camaldulensis* y *Eucalyptus Citriodora* a la misma edad, para determinar si existe diferencia significativa en el rendimiento de extracción y en la composición química.
2. Impulsar proyectos de investigación de la especie de eucalipto, *Eucalyptus Camaldulensis* a diferentes edades, para determinar si existe diferencia significativa en el rendimiento de extracción y en la composición química.
3. Impulsar proyectos de investigación de la especie de eucalipto, *Eucalyptus Citriodora* a diferentes edades, para determinar si existe diferencia significativa en el rendimiento de extracción y en la composición química.
4. Impulsar proyectos de investigación de las dos especies de eucalipto, *Eucalyptus Camaldulensis* y *Eucalyptus Citriodora*, variando el tamaño de partícula, para determinar si existe diferencia significativa en el rendimiento de extracción y en la composición química.
5. Que en otros proyectos de investigación se puedan agregar mayor número de repeticiones al aplicar el método de hidrodestilación a nivel laboratorio, en la extracción de aceites esenciales de plantas, para visualizar mejor los resultados obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ORTIZ, Cinthya. Obtención y comparación fisicoquímica a nivel laboratorio del aceite esencial de laurel de dos diferentes especies (*Litsea Guatemalansis* Mez. y *Litsea Glaucescens* HBK) colectadas en tres diferentes lugares. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2005.146.
2. De La Lama, Germán, “Eucalipto citriodora” <http://www.agr.una.py/cgi-cef/cef.cgi> (17 abril 2007).
3. Cáceres, Armando, Plantas de uso medicinal en Guatemala, (Guatemala: Editorial Universitaria, 1996) Pp. 170-172.
4. Eucalipto camaldulensis, www.granada.org/inet/warboles.nsf/wcien (17 abril 2007).
5. Dagne E., Bisrat D., Alemayehu M., Worku T. (2000) , Essential Oils of Twelve Eucalyptus Species from Ethiopia J. Essent. Oil Res. , 12 : 467-470. (ALNAP Database Ref. ID: 12649)
6. Walpole, Ronald, Probabilidad y estadística para ingenieros. Sexta edición, Editorial Pearson Educación, México 1999, 530-534 pp.
7. The Merck Index. Estados Unidos. Merck & Co., Inc., 2000.
8. Reactivos Productos químicos. Estados Unidos. Merck & Co., Inc.,1999.

BIBLIOGRAFÍA

1. LIMA, Sergio. Análisis de los rendimientos obtenidos de dos especies de eucalipto trabajados en seco a nivel laboratorio y a nivel planta piloto en la extracción de su aceite esencial. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2005.58.
2. PINEDA, Werner. Comparación del rendimiento y caracterización del aceite esencial crudo de la citronela (*Cymbopogon Winterianus*), variando el tamaño de muestra y el contenido de humedad aplicando el método de extracción por arrastre con vapor a nivel laboratorio. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2005.59.
3. TOL, Vilma. Comparación de la calidad del aceite esencial crudo de citronela (*Cymbopogon Winteriana Jowitt*) en función de la concentración de geraniol obtenido por medio de la extracción por arrastre con vapor y maceración. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2005.53.
4. RODRÍGUEZ, Herminio. Evaluación del rendimiento de aceite esencial del rizoma de jengibre (*Zingiber Officinale Roscoe*) seco y molido. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2003.64.

5. SANTIZO, Oscar. Extracción y caracterización del aceite de romero (*Rosmarinus Officinalis L.*) secado en un secador eléctrico de flujo transversal de bandejas. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2004.65.
6. DE LEÓN, Edgar. Evaluación del rendimiento de aceite esencial de laurel (*Litsea Guatemalensis*) en función de la altitud sobre el nivel del mar a la cual creció la planta y el tamaño de partícula a destilar por el método de destilación. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2001.47.
7. FUENTES, Ana Patricia. Evaluación del rendimiento y calidad del aceite esencial crudo de tomillo (*Thymus Vulgaris L.*); cultivado en Chaquijyá, Sololá extraído a nivel laboratorio y planta piloto. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2005.67.
8. CIFUENTES, Rodrigo. Evaluación del rendimiento de extracción de las fracciones volátiles del tomillo (*Thymus Vulgaris L.*), obtenidas en una planta piloto de extracción de aceites esenciales. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2005.87.
9. REYES Bala, Pedro. Evaluación del proceso de secado de romero (*Rosmarinus Officianalis*) utilizando un secador eléctrico de flujo transversal de bandejas. Tesis Ing. Químico. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004.78.

10. LÓPEZ, Mildred. Extracción y caracterización preliminar del aceite esencial del Protium Copal, a nivel laboratorio. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 1999.85.
11. HERNÁNDEZ, Diana. Comparación del rendimiento del aceite esencial de la *matricaria courrantiana* (N.C. manzanilla) y la *matriacaria recutita* (N.C. manzanilla), cultivadas en el departamento de Sololá; obtenido por los métodos de hidrodestilación y maceración. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2002.61.
12. HERNÁNDEZ, Mischael. Comparación de los rendimientos de los métodos de arrastre con vapor directo aplicando maceración a nivel planta piloto, en la extracción de aceite esencial de albahaca (*Ocimum Basilicum L.*) en fresco. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2002.44.
13. PERNILLA, María de los Ángeles. Extracción y determinación de aceite esencial de *Ocimum Basilicum* (albahaca) en función de la estación de recolección y del tamaño de lote obtenidos por medio de arrastre con vapor a nivel laboratorio. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2002.66.
14. MENDOZA, Manuel. Comparación del rendimiento y caracterización del aceite esencial del té de limón (N. científico *Cymbopogon Citratos*), aplicando el método de hidrodestilación. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2002.48.

15. PIEDRASANTA, Ramón. Extracción de aceite esencial de romero con la aplicación del método de destilación por arrastre de vapor, variando los tamaños de batch a partir de pruebas a nivel laboratorio y pruebas a nivel planta piloto. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 1997.54.
16. TAY, Irma. Extracción del aceite esencial de la hoja seca de cordoncillo (*Piper Scarbrum swuartz*) en función de la cantidad de material y el tiempo de destilación a nivel laboratorio. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 1999.70.
17. VALIENTE, Werner. Evaluación del rendimiento de aceite esencial de pericón (*Tagetes Lucida Cav.*) procedente de tres niveles altitudinales de Guatemala. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2003.64.
18. SANTOS, Marlon. Evaluación del rendimiento de aceite esencial de hinojo (*Foeniculum Vulgare Miller*) procedente de dos niveles altitudinales. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2006.76.
19. COBOS, Darcy. Evaluación del rendimiento del aceite esencial de clavo (*Syzygium Aromaticum*) en función del tiempo de extracción por el método de arrastre con vapor de agua a nivel planta piloto. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2002.60.

20. DE LEÓN, Tannia. Extracción de aceite esencial crudo de hierbabuena (*menta citrata EHRH*) con la aplicación del método de extracción por arrastre con vapor variando los tamaños de muestra y humedad a partir de pruebas a nivel laboratorio. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2005.58.

21. GUERRERO, Edward. Lixiviación parametrizada y caracterización fisicoquímica a nivel laboratorio del extracto colorante de la corteza del quebracho (*Lysiloma auritum* (Schltdl) Benth) proveniente de Jocotán Chiquimula. Tesis de ingeniería química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2007.131.

APÉNDICE A

Muestra de Cálculo

Determinación del porcentaje de rendimiento:

$$\% \text{ Rendimiento} = \left(\frac{W_f - W_o}{W_h} \right) * 100\% \quad \text{Ec. 1}$$

Donde

Wf = peso final del gotero con aceite esencial (g).

Wo = peso inicial del gotero (g).

Wh = peso de las hojas secas molidas, es constante para todas las corridas 50 g.

Para la especie de eucalipto camaldulensis tenemos:

$$\% \text{ Rendimiento} = \left(\frac{32,9436 - 32,4639}{50} \right) * 100\%$$

Donde

Wf = 32,9436 g

Wo = 32,4639 g

Wh = 50 g.

% Rendimiento = 0,9594 %

APÉNDICE B

Datos Originales

Tabla VIII. Porcentajes de rendimiento de extracción para las dos especies de eucalipto, utilizando el método de hidrodestilación a nivel laboratorio.

Especie	Tiempo (h)	Repetición	Rendimiento (%)	PROMEDIO
Camaldulensis	1	1	0,9594	0,9479 ± 0,0157
Camaldulensis	1	2	0,9300	
Camaldulensis	1	3	0,9542	
Camaldulensis	2	1	1,0526	1,1018 ± 0,0464
Camaldulensis	2	2	1,1448	
Camaldulensis	2	3	1,1080	
Camaldulensis	3	1	1,1910	1,1510 ± 0,0546
Camaldulensis	3	2	1,1732	
Camaldulensis	3	3	1,0888	
Citriodora	1	1	0,9042	0,7281 ± 0,1980
Citriodora	1	2	0,7664	
Citriodora	1	3	0,5138	
Citriodora	2	1	0,6852	0,6385 ± 0,1865
Citriodora	2	2	0,4330	
Citriodora	2	3	0,7972	
Citriodora	3	1	0,8490	0,7789 ± 0,1260
Citriodora	3	2	0,6334	
Citriodora	3	3	0,8542	

Fuente: Procedimiento Experimental

Tabla IX. Índices de Refracción a 22°C para las dos especies de eucalipto utilizando un refractómetro marca Fisher Scientific.

Especie	Tiempo	Repetición	Lecturas			Índice de Refracción	Promedio
			1	2	3		
Camaldulensis	1	1	1,4925	1,4920	1,4920	1,4922	1,4894 ± 0,0038
Camaldulensis	1	2	1,4850	1,4850	1,4850	1,4850	
Camaldulensis	1	3	1,4910	1,4910	1,4910	1,4910	
Camaldulensis	2	1	1,4870	1,4865	1,4870	1,4868	1,4871 ± 0,0028
Camaldulensis	2	2	1,4900	1,4900	1,4900	1,4900	
Camaldulensis	2	3	1,4845	1,4845	1,4845	1,4845	
Camaldulensis	3	1	1,4865	1,4865	1,4865	1,4865	1,4838 ± 0,0024
Camaldulensis	3	2	1,4820	1,4820	1,4820	1,4820	
Camaldulensis	3	3	1,4830	1,4830	1,4830	1,4830	
Citriodora	1	1	1,4630	1,4625	1,4625	1,4627	1,4631 ± 0,0004
Citriodora	1	2	1,4635	1,4630	1,4630	1,4632	
Citriodora	1	3	1,4635	1,4635	1,4635	1,4635	
Citriodora	2	1	1,4640	1,4640	1,4640	1,4640	1,4633 ± 0,0008
Citriodora	2	2	1,4635	1,4635	1,4635	1,4635	
Citriodora	2	3	1,4625	1,4625	1,4625	1,4625	
Citriodora	3	1	1,4635	1,4635	1,4635	1,4635	1,4642 ± 0,0006
Citriodora	3	2	1,4645	1,4645	1,4645	1,4645	
Citriodora	3	3	1,4645	1,4645	1,4645	1,4645	

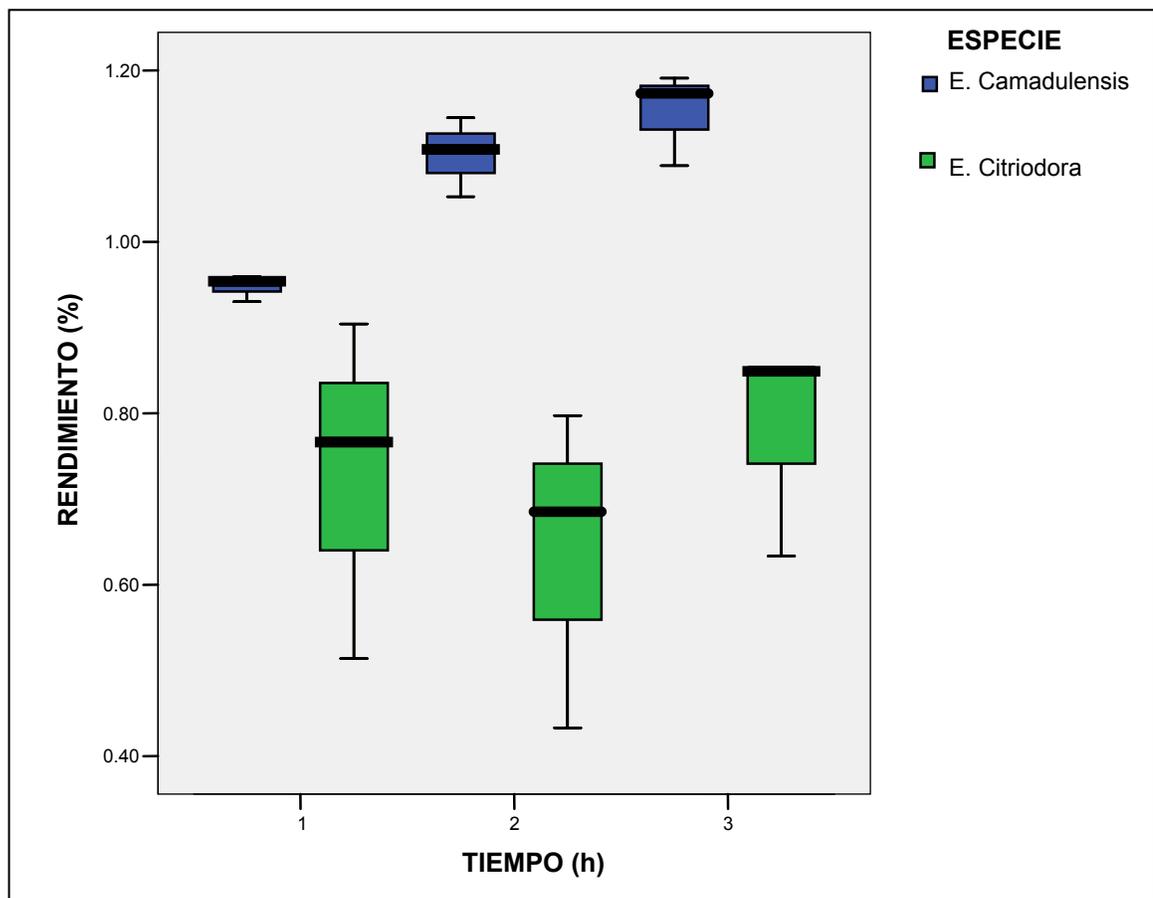
Fuente: Análisis de Laboratorio

APÉNDICE C

Análisis Estadístico (Programa SAS)

Los análisis estadísticos elaborados se basaron en el Análisis de Varianza (ANDEVA) y la prueba de Tuckey; para ello se utilizó el programa SAS.

Figura 18. Rendimiento de extracción de aceite esencial de dos especies de eucalipto: *Eucalyptus Camadulensis* Dehnh y *Eucalyptus Citriodora* Hook en función del tiempo.



Fuente: Análisis de varianza.

Tabla X. Análisis de varianza del rendimiento de extracción en función del tipo de especie, el tiempo y la relación especie tiempo.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados tipo III	Grados de libertad	Media cuadrática	F calculada	Significación
ESPECIE	0,557	1	0,557	35,066	0,000
TIEMPO	0,052	2	0,026	1,646	0,234
ESPECIE * TIEMPO	0,045	2	0,023	1,431	0,277
Error	0,191	12	0,016		
Total corregida	0,845	17			

Variable dependiente: Rendimiento de extracción.

Tabla XI. Análisis de comparación múltiple de tiempos de extracción para las dos especies de eucalipto.

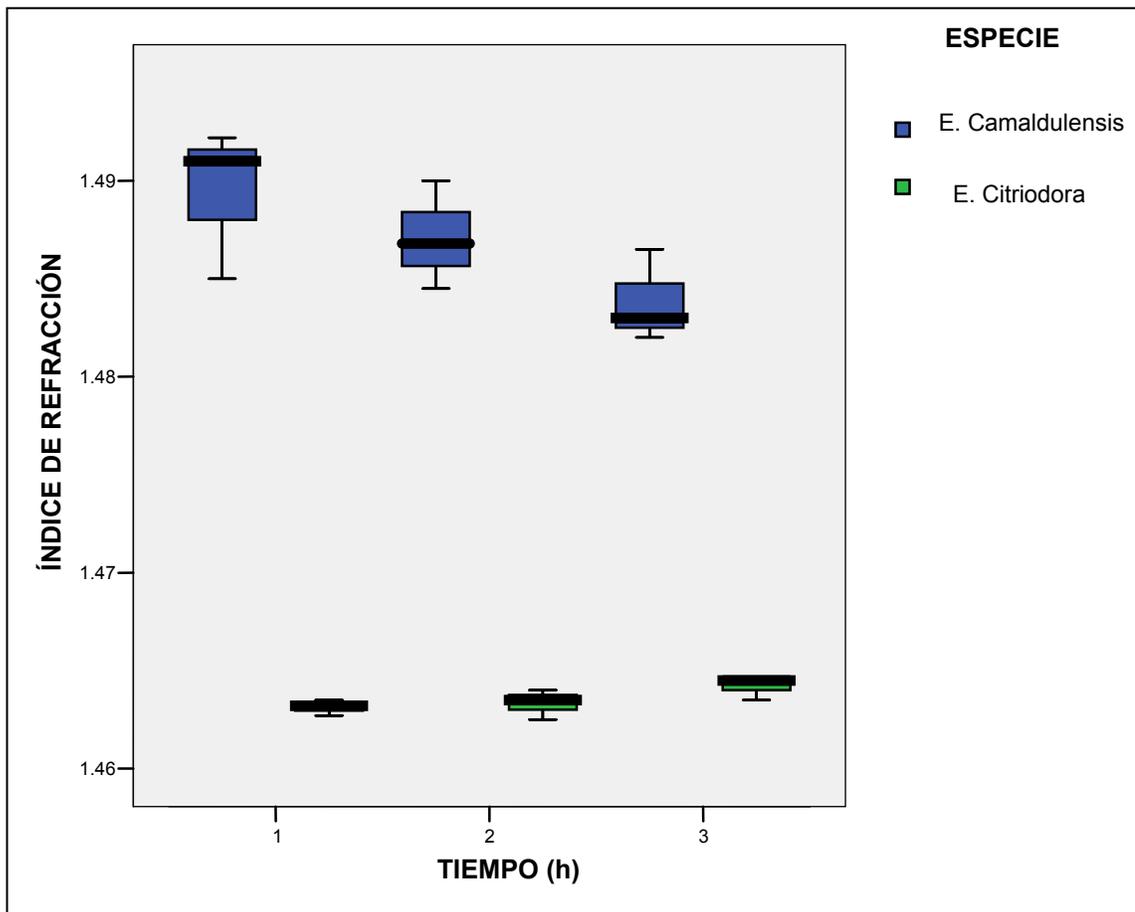
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	Diferencia entre medias (I-J)	Error típico	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite Superior	Límite Inferior
1	2	-0,0321	,07275	0,899	-0,2262	0,1619
	3	-0,1269	,07275	0,229	-0,3210	0,0671
2	1	0,0321	,07275	0,899	-0,1619	0,2262
	3	-0,0948	,07275	0,420	-0,2889	0,0993
3	1	0,1269	,07275	0,229	-0,0671	0,3210
	2	0,0948	,07275	0,420	-0,0993	0,2889

Variable dependiente: RENDIMIENTO
DHS de Tukey

Tabla XII. Prueba de Tukey para el rendimiento de extracción de las dos especies de eucalipto: *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh y *Eucalyptus Citriodora* Hook en función del tiempo.

TIEMPO	N	Subconjunto
		1
1	6	0,8380
2	6	0,8701
3	6	0,9649
Significación		0,229

Figura 19. Índice de refracción de cada una de las especies de eucalipto: *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh y *Eucalyptus Citriodora* Hook en función del tiempo.



Fuente: Análisis de varianza.

Tabla XIII. Análisis de varianza del índice de refracción en función del tipo de especie, el tiempo y la relación especie tiempo.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados tipo III	Grados de libertad	Media cuadrática	F calculada	Significación
ESPECIE	0,002	1	0,002	499,575	0,000
TIEMPO	1,54E-005	2	7,72E-006	1.588	0,244
ESPECIE * TIEMPO	3,33E-005	2	1,67E-005	3,425	0,067
Error	5,83E-005	12	4,86E-006		
Total corregida	0,003	17			

Variable dependiente: REFRACCION

Tabla XIV. Análisis de comparación múltiple de tiempos de extracción para las dos especies de eucalipto: *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh y *Eucalyptus Citriodora* Hook.

(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	Diferencia entre medias (I-J)	Error típico	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite Superior	Límite Inferior
	3	0,0023	0,00127	0,217	-0,0011	0,0057
2	1	-0,0011	0,00127	0,695	-0,0044	0,0023
	3	0,0012	0,00127	0,617	-0,0022	0,0046
3	1	-0,0023	0,00127	0,217	-0,0057	0,0011
	2	-0,0012	0,00127	0,617	-0,0046	0,0022

Variable dependiente: REFRACCION
DHS de Tukey

Tabla XV. Prueba de Tukey para el índice de refracción de las dos especies de eucalipto: *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh y *Eucalyptus Citriodora* Hook en función del tiempo.

TIEMPO	N	Subconjunto
		1
3	6	1,4740
2	6	1,4752
1	6	1,4763
Significación		.217

DHS de Tukey

APÉNDICE D

Figura 20. Hojas de *Eucalyptus Citriodora* Hook, provenientes de las plantaciones ubicadas en la planta San Miguel de Cementos Progreso, en el municipio de Sanarate, departamento de El Progreso.



Figura 21. Hojas de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh, provenientes de las plantaciones ubicadas en la planta San Miguel de Cementos Progreso, en el municipio de Sanarate, departamento de El Progreso.



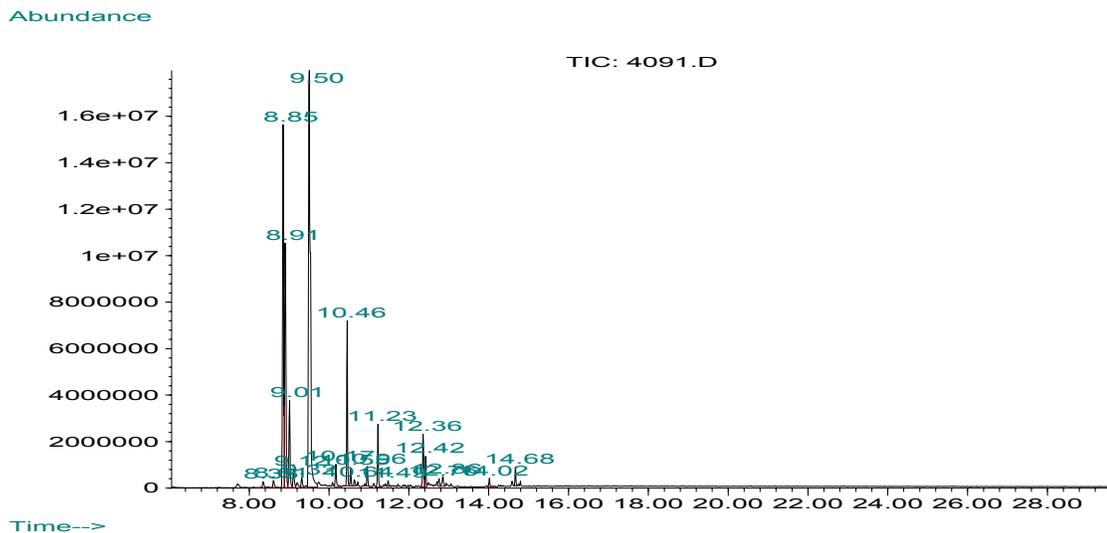
Figura 22. Goteros conteniendo aceite esencial de las dos especies de eucalipto, extraído a nivel laboratorio.



APÉNDICE E

Cromatogramas obtenidos a partir de análisis de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, Laboratorio de Toxicología Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 23. Cromatograma para una muestra de aceite esencial de *Eucalyptus Citriodora* Hook.



Information from Data File:

File: C:\HPCHEM\1\DATA\4091.D
Operator: mca
Date Acquired: 17 Jan 08 8:16
Method File: RAFAEL
Sample Name: muestra mala mas 1 ml de metanol
Misc Info:
Vial Number: 1

Search Libraries: C:\DATABASE\WILEY275.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

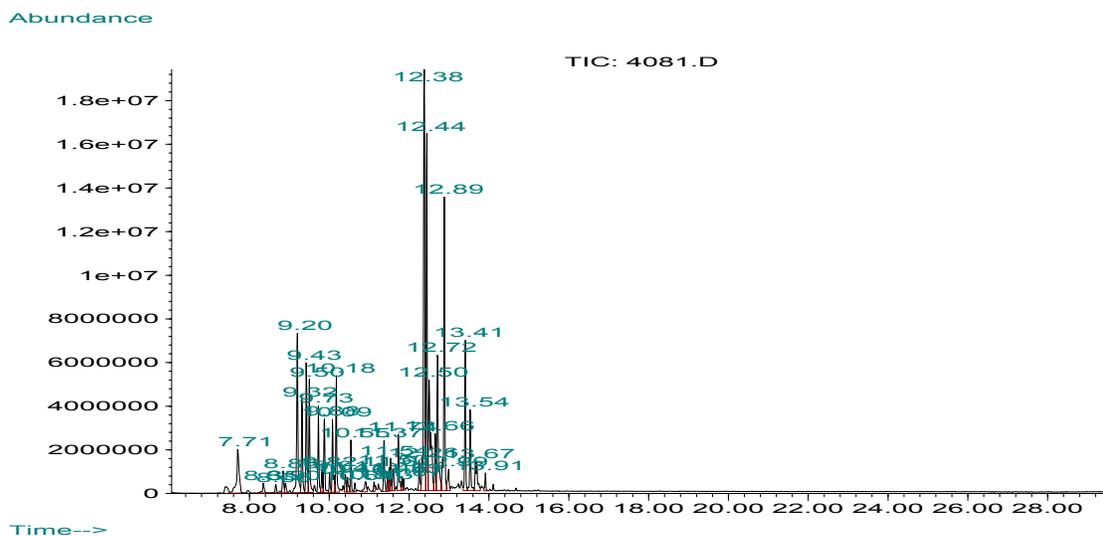
Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	8.35	0.56	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			L-LINALOOL	40556	000078-70-6	90
			Linalool \$\$ 1,6-Octadien-3-ol, 3,7	40048	000078-70-6	83
			L-LINALOOL	40608	000078-70-6	72
2	8.62	0.51	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			Citronellyl acetate \$\$ 6-Octen-1-o	83005	000150-84-5	59
			Citronellyl acetate \$\$ 6-Octen-1-o	83001	000150-84-5	59
			5-Hepten-1-ol, 2,6-dimethyl- (CAS)	29904	004234-93-9	43
3	8.86	18.19	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			CITRONELLAL	40722	000000-00-0	98
			CITRONELLAL	40721	000000-00-0	98
			CITRONELLA \$\$ 6-Octenal, 3,7-dimet	39942	000106-23-0	98
4	8.90	14.89	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			(-)-Isopulegol \$\$ Cyclohexanol, 5-	40277	000089-79-2	59
			Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methyl	40294	007786-67-6	59
			Isopulegol \$\$ Cyclohexanol, 5-meth	40801	059905-53-2	58
5	9.01	4.87	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			Isopulegol \$\$ Cyclohexanol, 5-meth	40802	059905-53-2	59
			(-)-Isopulegol \$\$ Cyclohexanol, 5-	40277	000089-79-2	59
			ISOPULEGOL 1	40734	000000-00-0	59
6	9.12	1.19	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			(-)-Isopulegol \$\$ Cyclohexanol, 5-	40276	000089-79-2	56
			(-)-Isopulegol \$\$ Cyclohexanol, 5-	40277	000089-79-2	56
			(-)-Isopulegol \$\$ Cyclohexanol, 5-	40273	000089-79-2	52
7	9.32	0.65	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha.,	40176	000098-55-5	66
			l.-alpha.-Terpineol \$\$ 3-Cyclohexe	40197	010482-56-1	68
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha.,	40183	000098-55-5	64

- 8 9.50 39.27 C:\DATABASE\WILEY275.L
 CITRONELLOL 42668 000106-22-9 97
 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-, (R)- 42735 001117-61-9 97
 .beta.-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol 42516 000106-22-9 95
- 9 10.17 1.37 C:\DATABASE\WILEY275.L
 cis-2,6-Dimethyl-2,6-octadiene \$\$ 26894 002492-22-0 47
 2,6-Dimethyl-2-trans-6-octadiene \$ 26681 002609-23-6 47
 1,5-Heptadiene, 2,3,6-trimethyl- (26694 033501-88-1 43
- 10 10.07 0.43 C:\DATABASE\WILEY275.L
 Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl) 35737 000499-75-2 87
 Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl) 35734 000499-75-2 87
 Phenol, 5-methyl-2-(1-methylethyl) 35717 000089-83-8 83
- 11 10.08 10.9 C:\DATABASE\WILEY275.L
 Phenol, 5-methyl-2-(1-methylethyl) 35714 000089-83-8 90
 Phenol, 5-methyl-2-(1-methylethyl) 35716 000089-83-8 90
 Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl) 35733 000499-75-2 83
- 12 10.64 0.33 C:\DATABASE\WILEY275.L
 EUGENOL 48958 000097-53-0 98
 Phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl)- 48830 000097-53-0 98
 Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)- 48820 000097-54-1 97
- 13 10.32 0.74 C:\DATABASE\WILEY275.L
 4-vinyl-2-methoxy-phenol 35459 000000-00-0 90
 2-Methoxy-5-vinylphenol 35461 000000-00-0 80
 3-Methoxyacetophenone \$\$ Ethanone, 35408 000586-37-8 72
- 14 11.22 2.62 C:\DATABASE\WILEY275.L
 .BETA.-CARYOPHYLLENE 89693 000087-44-5 99
 TRANS(.BETA.)-CARYOPHYLLENE 89769 000000-00-0 99
 trans-Caryophyllene \$\$ Bicyclo[7.2 89251 000087-44-5 99
- 15 11.49 0.31 C:\DATABASE\WILEY275.L
 .alpha.-Humulene \$\$ 1,4,8-Cyclound 89201 006753-98-6 67
 .ALPHA.-HUMULENE \$\$.ALPHA.-CARYOP 89766 000000-00-0 66
 .alpha.-Humulene \$\$ 1,4,8-Cyclound 89197 006753-98-6 63
- 16 12.36 2.90 C:\DATABASE\WILEY275.L
 (-)-Spathulenol (CAS) \$\$ 1H-Cyclop 105982 077171-55-2 59
 SPATHULENOL 106028 006750-60-3 53
 Spathulenol \$\$ 1H-Cycloprop[e]azul 105941 006750-60-3 50

- 17 12.43 1.44 C:\DATABASE\WILEY275.L
 CARYOPHYLLENE OXIDE 106030 001139-30-6 65
 Ledene \$\$ 1H-Cycloprop[e]azulene, 89483 021747-46-6 69
 .beta. bisabolene \$\$ BETA-BISABOLE 89607 000000-00-0 66
- 18 12.76 0.46 C:\DATABASE\WILEY275.L
 .alpha.-Chamigrene \$\$ Spiro[5.5]un 89225 019912-83-5 60
 .alpha.-Chamigrene \$\$ Spiro[5.5]un 89223 019912-83-5 60
 AROMADENDRENE 89682 000489-39-4 59
- 19 12.86 0.70 C:\DATABASE\WILEY275.L
 Caryophyllenol-II \$\$ Bicyclo[7.2.0 105864 032214-89-4 60
 CYCLOPENTANE, 1-METHYLEN-2-VINYL- 9245 006196-78-7 59
 CYCLOPENTANE, 1-METHYLEN-2-VINYL- 9244 006196-78-7 59
- 20 14.02 0.44 C:\DATABASE\WILEY275.L
 2,6-Octadiene, 4,5-dimethyl- (CAS) 26684 018476-57-8 35
 Pentane, 1-bromo-5-chloro- \$\$ 5-br 68062 054512-75-3 17
 Trifluoroacetyl-lavandulol 134649 000000-00-0 17
- 21 14.59 0.31 C:\DATABASE\WILEY275.L
 1-(cis-2,2,6-trimethylcyclohexyl)- 112781 106249-35-8 16
 Acetaldehyde, (3,3-dimethylcyclohe 38187 026532-25-2 14
 lavandulyl acetate 80876 025905-14-0 14
- 22 14.67 0.48 C:\DATABASE\WILEY275.L
 (1R,2SR)-2-methyl-2-(4'-methylpen 51608 130932-19-3 83
 (Z)-4-(1,5,9-Trimethyl-4,8-decadien 157135 129193-99-3 83
 FARNESOL 108582 004602-84-0 83

Wed Feb 27 11:32:12 2008

Figura 24. Cromatograma para una muestra de aceite esencial de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh.



Information from Data File:
 File: C:\HPCHEM\1\DATA\4081.D
 Operator: mca
 Date Acquired: 16 Jan 08 7:56
 Method File: RAFAEL
 Sample Name: 1 0.2ul mas 1 ml metanol
 Misc Info:
 Vial Number: 1

Search Libraries: C:\DATABASE\WILEY275.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	7.71	3.22	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			1,8-CINEOLE	40554	000470-82-6	98
			1,8-CINEOLE \$\$ EUCALYPTOL	40619	000470-82-6	98
			1,8-Cineole \$\$ 2-Oxabicyclo[2.2.2]	40436	000470-82-6	98
2	8.35	0.47	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			Linalool \$\$ 1,6-Octadien-3-ol, 3,7	40045	000078-70-6	62
			Linalool \$\$ 1,6-Octadien-3-ol, 3,7	40053	000078-70-6	58
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-,	40004	022564-99-4	58
3	8.67	0.31	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	40783	029803-81-4	60
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	40784	029803-82-5	43
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	40161	000562-74-3	38
4	8.85	0.79	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			CITRONELLAL	40721	000000-00-0	97
			CITRONELLAL	40722	000000-00-0	97
			CITRONELLA \$\$ 6-Octenal, 3,7-dimet	39942	000106-23-0	97
5	8.91	0.37	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			ISOPULEGOL 2	40735	000000-00-0	55
			Isopulegol \$\$ Cyclohexanol, 5-meth	40801	059905-53-2	53
			(-)-Isopulegol \$\$ Cyclohexanol, 5-	40277	000089-79-2	50
6	9.20	6.93	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	40153	000562-74-3	93
			TERPINEN-4-OL	40552	000562-74-3	93
			1-4-Terpineol \$\$ 3-Cyclohexen-1-ol	40163	020126-76-5	93
7	9.32	3.3	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha.,	40179	000098-55-5	91
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha.,	40175	000098-55-5	91
			.ALPHA.-TERPINEOL	40728	000000-00-0	91
8	9.43	3.93	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			Sabinyl acetate \$\$ Bicyclo[3.1.0]h	78470	003536-54-7	72
			A-PHELLANDRENE EPOXIDE \$\$ 1,3-Cycl	38348	072138-69-3	60
			Bicyclo[3.1.0]hexan-3-ol, 4-methyl	38256	000471-16-9	59

- 9 9.50 3.22 C:\DATABASE\WILEY275.L
6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-, (R)- 42735 001117-61-9 97
CITRONELLOL \$\$ D-CITRONELLOL 42678 000106-22-9 97
.beta.-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol 42510 000106-22-9 97
- 10 9.73 2.05 C:\DATABASE\WILEY275.L
Bicyclo[3.1.0]hexan-3-ol, 4-methyl 38256 000471-16-9 59
(+)-(2R,4R)-1(7),5-p-Menthadien-2- 38171 030681-15-3 58
CINNAMIC ALCOHOL 23054 000104-54-1 47
- 11 9.82 0.65 C:\DATABASE\WILEY275.L
.DELTA.(7)-METHENONE-2 \$\$ Cyclohex 38213 015297-07-1 58
2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1- 37809 000499-71-8 50
(+)-CARVOTANACETONE 37963 000499-71-8 50
- 12 9.88 2.31 C:\DATABASE\WILEY275.L
PIPERITONE 38087 000000-00-0 56
piperitone 37851 000089-81-6 56
2-Cyclohexen-1-one, 3-methyl-6-(1- 37815 000089-81-6 56
- 13 10.01 0.55 C:\DATABASE\WILEY275.L
Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl) 35733 000499-75-2 81
2,3,4,6-Tetramethylphenol \$\$ Pheno 35750 003238-38-8 80
THYMOL 36178 000000-00-0 80
- 14 10.09 2.19 C:\DATABASE\WILEY275.L
THYMOL 36062 000089-83-8 94
Phenol, 5-methyl-2-(1-methylethyl) 35717 000089-83-8 90
Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl) 35737 000499-75-2 90
- 15 10.18 3.87 C:\DATABASE\WILEY275.L
Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl) 35739 000499-75-2 95
Phenol, 5-methyl-2-(1-methylethyl) 35721 000089-83-8 93
Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl) 35731 000499-75-2 91
- 16 10.41 0.61 C:\DATABASE\WILEY275.L
2-Hexenal, 2-ethyl- (CAS) \$\$ 2-Eth 17890 000645-62-5 38
trans-sabinene hydrate \$\$ TRANS-TH 40343 017699-16-0 38
Ethanone, 1-cyclohexyl- (CAS) \$\$ M 18040 000823-76-7 35
- 17 10.46 0.57 C:\DATABASE\WILEY275.L
CITRONELLYL ACETATE 83142 000150-84-5 53
Citronellyl propionate \$\$ 6-Octen- 97883 000141-14-0 47
Citronellyl acetate \$\$ 6-Octen-1-o 83005 000150-84-5 47

- 18 10.55 1.23 C:\DATABASE\WILEY275.L
1-P-MENTHEN-8-YL ACETATE \$\$ 3-Cycl 80736 000080-26-2 41
.ALPHA.-TERPINENYL ACETATE 80881 000080-26-2 41
1-P-MENTHEN-8-YL ACETATE \$\$ 3-Cycl 80735 000080-26-2 41
- 19 10.91 0.60 C:\DATABASE\WILEY275.L
BENZYL ISO VALERATE 76233 000103-38-8 53
1,4-Dimethyltricyclo[5.3.0.0(4.10) 62965 000000-00-0 53
L-Glutamic acid, N-[(phenylmethoxy 162381 001155-62-0 45
- 20 11.13 0.29 C:\DATABASE\WILEY275.L
.ALPHA.-GURJUNENE 89683 000489-40-7 68
Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahyd 89571 005951-61-1 55
CADINENE 89785 000000-00-0 55
- 21 11.37 1.37 C:\DATABASE\WILEY275.L
(+)-Aromadendrene \$\$ 1H-Cycloprop[89473 000489-39-4 59
(+)-Aromadendrene \$\$ 1H-Cycloprop[89470 000489-39-4 59
(+)-AROMADENDRENE 89770 000000-00-0 59
- 22 11.47 0.41 C:\DATABASE\WILEY275.L
9,10-DEHYDRO-ISOLONGIFOLENE 87289 000000-00-0 78
CYCLOISOLONGIFOLENE 87307 000000-00-0 76
1(5),3-aromadenedradiene \$\$ (1aR,4 87328 111778-06-4 52
- 23 11.50 0.64 C:\DATABASE\WILEY275.L
4,4-Dimethyl-3-(3-methyl-3-buten-1 87275 079718-83-5 78
DEHYDROAROMADENDRENE 87306 000000-00-0 41
Quinoline, 4-methyl-, 1-oxide (CAS 44724 004053-40-1 35
- 24 11.53 0.77 C:\DATABASE\WILEY275.L
NEOALLOOCIMENE 89778 000000-00-0 59
AROMADENDRENE 89682 000489-39-4 59
ALLOAROMADENDRENE 89772 000000-00-0 58
- 25 11.61 0.76 C:\DATABASE\WILEY275.L
Butanoic acid, 3-methyl-, 2-phenyl 91262 000140-26-1 64
PHENYLETHYL ISOVALERATE 91451 000000-00-0 59
Butanoic acid, 3-methyl-, 2-phenyl 91261 000140-26-1 59
- 26 11.73 1.49 C:\DATABASE\WILEY275.L
Ledene \$\$ 1H-Cycloprop[e]azulene, 89487 021747-46-6 64
Ledene \$\$ 1H-Cycloprop[e]azulene, 89486 021747-46-6 63

(+)-LEDEN 89774 000000-00-0 60

27 11.83 0.23 C:\DATABASE\WILEY275.L
Benzene, 1-(1,1-dimethylethyl)-3-m 34251 001075-38-3 43
1-Propanone, 2-chloro-1-(2,5-dimet 95478 054965-52-5 43
Benzene, (1,1-dimethylethyl)methyl 34262 027138-21-2 43

28 12.26 0.93 C:\DATABASE\WILEY275.L
EPIGLOBULOL 108380 000552-02-3 33
1H-Cycloprop[e]azulen-4-ol, decahy 108365 000577-27-5 33
(-)-GLOBULOL 108584 000000-00-0 50

29 12.38 15.98 C:\DATABASE\WILEY275.L
(-)-Spathulenol (CAS) \$\$ 1H-Cyclop 105982 077171-55-2 58
(+) spathulenol 105983 077171-55-2 58
Spathulenol \$\$ 1H-Cycloprop[e]azul 105941 006750-60-3 52

30 12.44 9.80 C:\DATABASE\WILEY275.L
GLOBULOL \$\$ (-)-Globulol \$\$ 1H-Cyc 108378 000489-41-8 49
.gamma.-Gurjunene \$\$ Azulene, 1,2, 89271 022567-17-5 45
VERIDIFLOROL \$\$ VIRIDIFLOROL \$\$ 1H 108386 000552-02-3 64

31 12.51 6.59 C:\DATABASE\WILEY275.L
viridiflorol 108383 000552-02-3 69
VERIDIFLOROL \$\$ VIRIDIFLOROL \$\$ 1H 108386 000552-02-3 59
viridiflorol 108382 000552-02-3 59

32 12.66 1.72 C:\DATABASE\WILEY275.L
3,4,5,6,7,8-Hexahydronaphthalen-1(49333 059177-21-8 72
2-Naphthalenemethanol, 2,3,4,4a,5, 108613 063891-61-2 46
5-Azulenemethanol, 1,2,3,3a,4,5,6, 108272 022451-73-6 38

33 12.72 5.67 C:\DATABASE\WILEY275.L
VALENCENE 89599 046030-07-3 55
isospathulenol 105992 000000-00-0 41
Junipene \$\$ 1,4-Methanoazulene, de 89309 000475-20-7 58

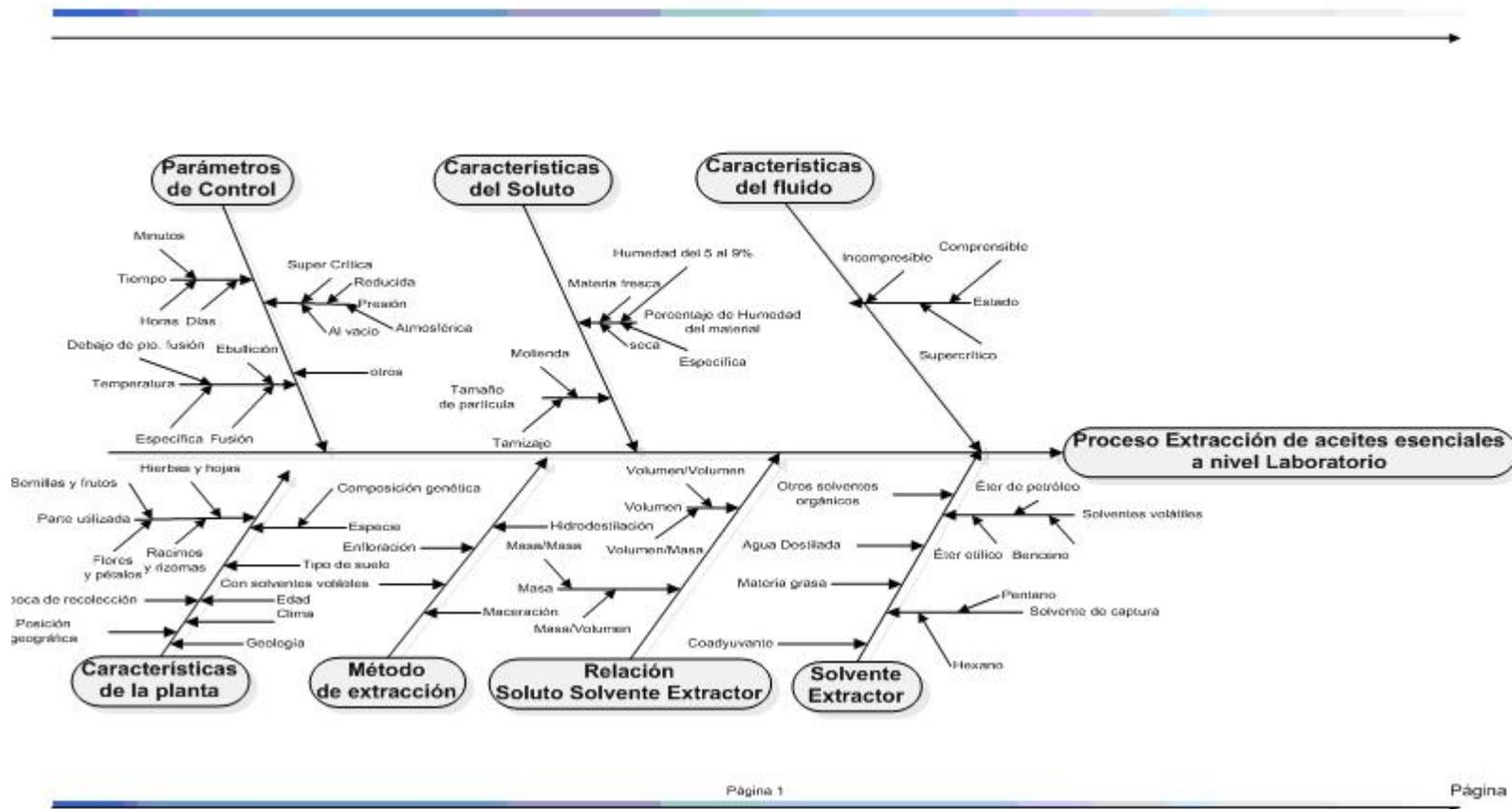
34 12.88 8.69 C:\DATABASE\WILEY275.L
.BETA.-EUDESMOL 108490 000473-15-4 53
.beta.-Eudesmol \$\$ 2-Naphthaleneme 108340 000473-15-4 57
Eudesmol \$\$ 2-Naphthalenemethanol, 108336 051317-08-9 57

- 35 12.99 0.96 C:\DATABASE\WILEY275.L
 CALARENEPOXIDE 105966 034717-35-6 47
 Ledene \$\$ 1H-Cycloprop[e]azulene, 89484 021747-46-6 44
 LEDENOXIDE-(I) 105936 000000-00-0 30
- 36 13.41 3.84 C:\DATABASE\WILEY275.L
 2,4,6-trimethyl-3-(prop-2'-enyl)an 59953 132589-20-9 43
 N-(1',1'-DIMETHYLALLYL)-4-METHYLAN 59897 000000-00-0 38
 10',10'-dimethylspiro(cyclopropane 74806 105883-32-7 38
- 37 13.54 2.57 C:\DATABASE\WILEY275.L
 SPIRO[2.9]DODECA-3,7-DIENE, 11,11- 74785 000000-00-0 43
 (E,1RS,2RS,6RS)-2-(3'-methyl-1,3'- 103851 102635-58-5 42
 Benzene, (1-propylheptyl)- (CAS) \$ 103947 004537-12-6 27
- 38 13.67 4.01 C:\DATABASE\WILEY275.L
 (+)-(1R,2R,4R,7R)-7-Isopropyl-5-me 65014 073069-44-0 90
 l-Phellandrene \$\$ 1,3-Cyclohexadie 24998 000099-83-2 90
 .ALPHA.-PHELLANDRENE 25422 000000-00-0 90
- 39 13.91 0.49 C:\DATABASE\WILEY275.L
 l-Phellandrene \$\$ 1,3-Cyclohexadie 25001 000099-83-2 64
 Pseudolimonene \$\$ Cyclohexane, 1-m 25116 000499-97-8 50
 (+)-(1R,2R,4R,7R)-7-Isopropyl-5-me 65014 073069-44-0 50

Wed Feb 27 10:38:38 2008

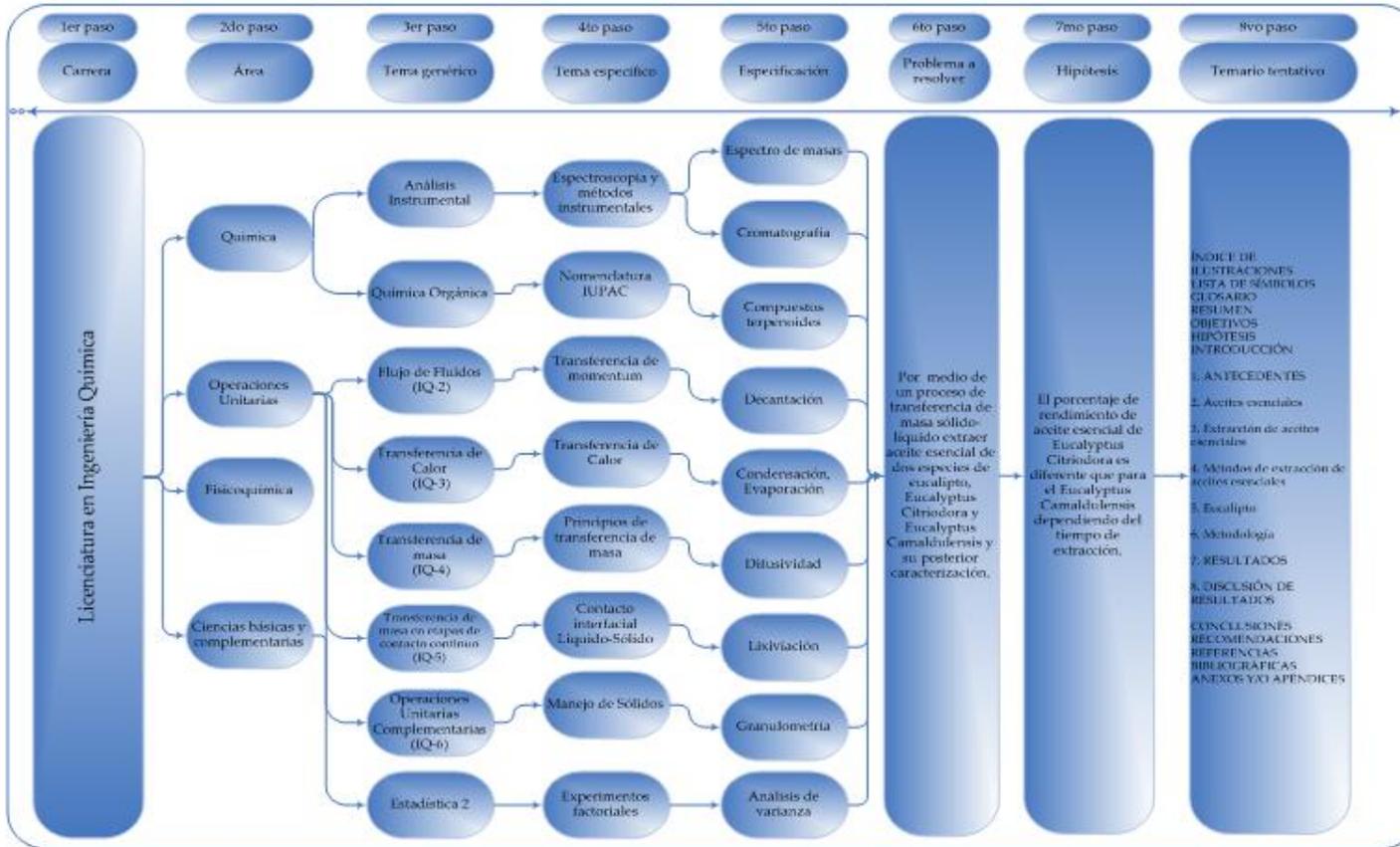
APÉNDICE F

Figura 25. Diagrama de causa y efecto para el proceso de extracción de aceites esenciales a nivel laboratorio.



Fuente: metodología experimental

Figura 26. Requisitos académicos para la elaboración de Tesis de graduación en Ingeniería Química sobre extracción de aceites esenciales a nivel laboratorio.

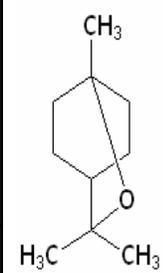


Fuente: Referencia 21

ANEXOS

Propiedades de los componentes del aceite esencial de eucalipto. (The Index Merck, 2000)

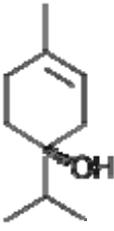
1,8 cineol

NOMBRE 1,8 Cineol	Nombre IUPAC	
C ₁₀ H ₁₈ O	1,3,3-trimetil-2-oxabicyclo [2.2.2]-octano	
CAS No. 562-74-3	Otros Nombres Eucaliptol; 1,8-epoxi- p-mentano	

Propiedades Fisicoquímicas

Descripción	Líquido incoloro; olor alcanforado; picante, sabor refrescante;
Densidad a 25°C	0,921-0,923 g/cm ³
Punto de ebullición	176-177°C (449 - 450 K)
Punto de fusión	1,5°C (274.66 K)
Índice de refracción a 20°C	1,455-1,460
Punto de flama	cercano a 48°C.

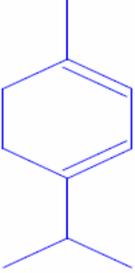
Terpinen-4-ol

NOMBRE Terpinen-4-ol	Nombre IUPAC	
$C_{10}H_{18}O$		
CAS No. 562-74-3	Otros Nombres	

Propiedades Fisicoquímicas

Densidad al 95%	0,933 g/cm ³
Punto de ebullición a 6 mmHg	88-90°C
Punto de inflamación (flash point)	79°C
Índice de refracción a 20°C	1,4775
Peso molecular	154,25 g.

α -terpineno

NOMBRE α -terpineno	Nombre IUPAC 1-isopropil-4-metil-1,3-ciclohexadieno.	
$C_{10}H_{16}$		
CAS No. 99-86-5	Otros Nombres	

Propiedades Fisicoquímicas

Punto de ebullición	173, 5-174, 8°C.
Punto de ebullición a 13.5 mmHg	65,4-66°C,
Densidad a 15°C	0,8375 g/cm ³
Índice de refracción a 20°C	14,784
Punto de inflamación (flash point)	46°C.

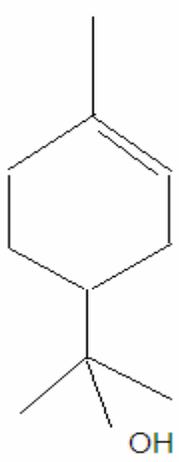
Linalol

NOMBRE	Nombre IUPAC	
Linalol	3,7-dimetil-1,6-octadien-3-ol.	
C ₁₀ H ₁₈ O		
CAS No. 78-70-6	Otros Nombres	
	2,6-dimetil-2,7-octadien-6-ol	

Propiedades Físicoquímicas

Punto de ebullición a 720 mmHg	194-197°C;
Punto de ebullición a 14 mmHg	89-81°C.
Densidad a 15°C	0,865. g/cm ³
Peso molecular	154,25 g/mol
Temperatura de fusión	< 20 °C
Presión de vapor a 25°C	21 Pa
Solubilidad en agua a 25°C	0,16 g/100 ml

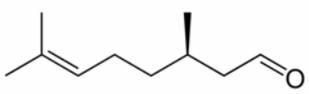
α -terpineol

NOMBRE α -terpineol	Nombre IUPAC	
$C_{10}H_{18}O$	$\alpha,\alpha,4$ -trimetil-3-ciclohexano-1-metanol	
CAS No. 98-55-5	Otros Nombres p-ment-1-en-8-ol.	

Propiedades Físicoquímicas

Forma <i>dl</i> -terpineol	líquido.
Punto de ebullición a 3 mmHg	80-81°C.
Punto de ebullición a 752 mmHg	218,8-219,4°C.
Densidad a 15°C	0,9386 g/cm ³
Índice de refracción a 20°C	1,4381

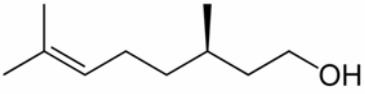
Citronelal

NOMBRE Citronelal	Nombre IUPAC 3,7-dimetil-oct-6-en-1-al	
$C_{10}H_{18}O$		
CAS No. 106-23-0	Otros Nombres Rodinal	

Propiedades Físicoquímicas

Peso molecular:	154,25 g/mol
Punto de ebullición a 13 Pa	84-86°C
Temperatura de ignición	202°C
Densidad 20 °C	0,85 g/cm ³
Punto de inflamación	77°C

Citronelol

NOMBRE Citronelol	Nombre IUPAC 3,7-dimetil-oct-6-en-1-ol	
$C_{10}H_{20}O$		
CAS No. 106-22-9	Otros Nombres Dihidrogeraniol	

Propiedades Físicoquímicas

Índice de refracción a 20 °C	1,4465
Densidad 20 °C	0,86 g/cm ³
Peso molecular	156,27 g/mol
Punto de inflamación	102 °C

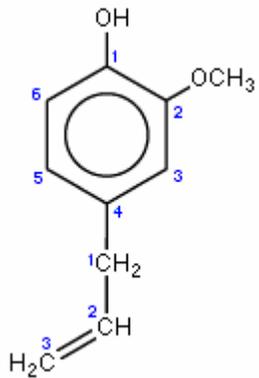
(S)-(-)-Beta-Citronelol

NOMBRE Citronelol	Nombre IUPAC : (S)-(-)-3,7 dimetil-6-octén-1-ol	
C ₁₀ H ₂₀ O		
CAS No. 7540-51-4	Otros Nombres β rodinol	

Propiedades Físicoquímicas

Índice de refracción a 20 °C	1,4562
Densidad 20 °C	0,86 g/cm ³
Peso molecular	156,27 g/mol
Punto de ebullición a 13hPa	109 – 111°C
Punto de inflamación	110°C
Solubilidad en agua a 20°C	Insoluble

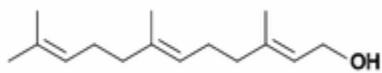
Eugenol

NOMBRE Eugenol	Nombre IUPAC 2 metoxi-4-(2-propenil)fenol	
C ₁₀ H ₁₂ O ₂		
CAS No. 97-53-0	Otros Nombres	

Propiedades Fisicoquímicas

Índice de refracción a 20 °C	1,4562
Densidad 20 °C	1,06 g/cm ³
Peso molecular	164,20 g/mol
Punto de fusión	-10°C
Solubilidad en agua a 20°C	Insoluble

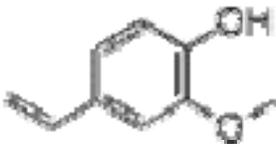
Farnesol

NOMBRE Farnesol	Nombre IUPAC 3,7,11-Trimetil-2,6-10-dodecatrién-1-ol	
$C_{15}H_{26}O$		
CAS No. 4602-84-0	Otros Nombres	

Propiedades Físicoquímicas

Índice de refracción a 20 °C	1,4869
Densidad 20 °C	0,887 g/cm ³
Peso molecular	208,35 g/mol
Punto de ebullición a 16hPa	155 – 157°C
Punto de inflamación	96°C
Punto de fusión	262-264 °C
Temperatura de ignición	240 °C
Solubilidad en agua a 20°C	Insoluble

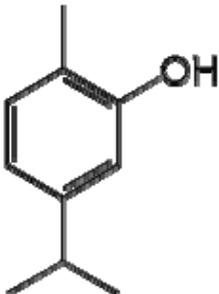
Isoeugenol

NOMBRE Isoeugenol	Nombre IUPAC 2-metoxi-4-propenilfenol	
$C_{10}H_{12}O_2$		
CAS No. 97-45-1	Otros Nombres 4-Propenil-2-metoxifenil	

Propiedades Físicoquímicas

Índice de refracción a 20 °C	1,576
Densidad 20 °C	1,09 g/cm ³
Peso molecular	164,21 g/mol
Punto de ebullición	266 – 268°C
Punto de inflamación	150 °C
Punto de fusión	-10°C
Solubilidad en agua a 20°C	Difícilmente

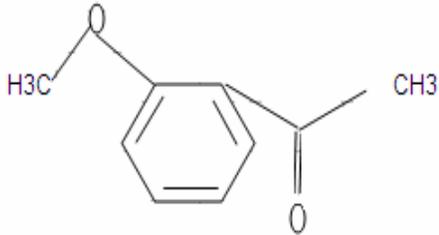
Carvacrol

NOMBRE Carvacrol	Nombre IUPAC 5- isopropíl- 2 –metilfenol	
$C_{10}H_{14}O$		
CAS No. 499-75-2	Otros Nombres 2-metil-5-iso-propilfenol, 2-Metil-5-isopropilfenol, Isotimol	

Propiedades Físicoquímicas

Índice de refracción a 20 °C	1,5229
Densidad 20 °C	0,976 g/cm ³
Peso molecular	150,22 g/mol
Punto de ebullición	237 – 239°C
Punto de inflamación	mayor de 100 °C
Punto de fusión	3°C
Solubilidad en agua a 20 °C	Insoluble

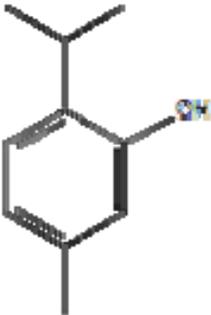
3-Metoxiacetofenona

NOMBRE 3-Metoxiacetofenona	Nombre IUPAC	
$C_9H_{10}O_2$		
CAS No. 586-37-8	Otros Nombres	

Propiedades Físicoquímicas

Índice de refracción a 20 °C	1,5408
Densidad 20 °C	1,09 g/cm ³
Peso molecular	150,18 g/mol
Punto de ebullición a 16hPa	125 – 126°C
Punto de inflamación	110 °C
Punto de fusión	- 8°C
Solubilidad en agua a 20°C	Insoluble

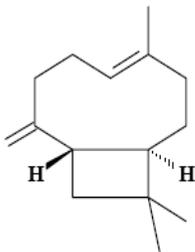
Timol

NOMBRE Timol	Nombre IUPAC 2-isopropil-5-methyl-fenol	
$C_{10}H_{14}O$		
CAS No. 89-83-8	Otros Nombres	

Propiedades Físicoquímicas

Presión de vapor a 50 °C	1,5408
Densidad 24 °C	0,97 g/cm ³
Peso molecular	150,22 g/mol
Punto de ebullición a 1013 mbar	233°C
Punto de inflamación	104°C
Punto de fusión	49-51°C
Temperatura de ignición	283 °C
Solubilidad en agua a 20°C	Insoluble

β – Cariofileno

NOMBRE β – Cariofileno	Nombre IUPAC 1R-(1R*,4E,9S*)-4,11,11-trimetil-8-metilenobiciclo [7.2.0] undec – 4 - eno	
C ₁₅ H ₂₄		
CAS No. 87- 44-5	Otros Nombres	

Propiedades Fisicoquímicas

Índice de refracción a 17°C	1,5030
Densidad 17 °C	0,9052 g/cm ³
Punto de ebullición a 14°C	129-130°C
Punto de ebullición a 9,7°C	118-119°C
Solubilidad en agua a 20°C	Insoluble