



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

Obtención y comparación fisicoquímica a nivel laboratorio del aceite esencial de laurel de dos diferentes especies (*Litsea guatemalensis* Mez. y *Litsea glaucescens* HBK.) colectadas en tres diferentes lugares.

CINTHYA PATRICIA ORTIZ QUIROA

Asesorado por Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales

Coasesorado por Dr. Armando Cáceres

Guatemala, agosto de 2005.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Obtención y comparación fisicoquímica a nivel laboratorio del aceite esencial de laurel de dos diferentes especies (*Litsea guatemalensis* Mez. y *Litsea glaucescens* HBK.) colectadas en tres diferentes lugares.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA POR

CINTHYA PATRICIA ORTIZ QUIROA

Asesorado por Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
Coasesorado por Dr. Armando Cáceres

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

Guatemala, agosto de 2005.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympos Paiz Recinos
VOCAL I	---
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Keneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. José Manuel Tay Oroxom
EXAMINADOR	Ing. Jorge Rodolfo García Carrera
EXAMINADOR	Ing. Rodolfo Francisco Espinosa Smith
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

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:

Obtención y comparación fisicoquímica a nivel laboratorio del aceite esencial de laurel de dos diferentes especies (*Litsea guatemalensis* Mez. y *Litsea glaucescens* HBK.) colectadas en tres diferentes lugares.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 7 de junio de 2005.

Cinthy Patricia Ortiz Quiroa

DEDICATORIA

A:

DIOS Y A LA VIRGEN MARÍA

Por ser mi fuerza y guía en los momentos difíciles.

MIS PADRES

Sergio Alejandro (Q.E.P.D) y Rosa Patricia. Mami, gracias por creer en mí y por tu apoyo a pesar de las dificultades.

MARTA TOLEDO

Tita, gracias por tu apoyo incondicional y por todo tu amor.

MIS HERMANAS

Andrea, Alejandra y Michelle por su apoyo y cariño. En especial a Michelle por apoyarme a pesar de la distancia; te extraño.

AGRADECIMIENTO

A:

Augusto Velásquez

Papi, gracias por el apoyo y confianza que me brindó.

Mis tíos y primos

Rodolfo, Edelmira, Domitila, Ivana y Ludin, gracias por su ayuda y cariño en los momentos difíciles.

Inga. Telma Cano

Gracias por su confianza en el desarrollo de este trabajo.

Dr. Armando Cáceres

Por su tiempo y motivación.

Ing. Manuel Tay

Por su atención en la revisión del presente informe.

Ing. César García

Por su apoyo y confianza.

Ing. Jorge Godínez

Por brindarme su tiempo y confianza.

Inga. Blanca Chávez (Q.E.P.D)

Por su motivación.

El personal de LIPRONAT y compañeros de trabajo

Por el apoyo brindado. Gracias Max y Abraham por su ayuda y amistad.

El personal de FUNCEDESCRI

En especial a Emilio Majón, por su atención y donación de la materia prima.

Gregorio Prem

Por su atención y donación de la materia prima.

El personal del Departamento de Toxicología

En especial a Lic. María del Carmen Samayoa por su tiempo, dedicación y paciencia brindada en el desarrollo de este trabajo.

Adrián y su familia

Por su apoyo y ayuda incondicional a lo largo de todos estos años.

Mis amigos

En especial a Mario Mérida, Alvaro Guerra, Marvin Samayoa, José Franco, Milton Ixquiac, Julio Vargas, Byron Obregón, Marco Antonio Herrera, Israel Galindo, Gabriela Arriaga, Alejandra Má y Lesbia Ávila por su amistad, motivación y ayuda en la conclusión de la carrera.

Mis compañeros de Química Industrial

Por su motivación y amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII	
LISTA DE SÍMBOLOS		XIII
GLOSARIO	XV	
RESUMEN		XIX
OBJETIVOS	XXI	
HIPÓTESIS	XXIII	
INTRODUCCIÓN	XXV	

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Sustancias naturales puras y productos fitoterapéuticos	1	
1.2. Plantas medicinales	1	
1.3. Sustancias activas de las plantas medicinales		2
1.3.1. Alcaloides	3	
1.3.2. Glucósidos	3	
1.3.3. Saponinas	4	
1.3.4. Fitohormonas	4	
1.3.5. Principios amargos	4	
1.3.6. Taninos	5	
1.3.7. Sustancias aromáticas	5	
1.3.8. Aceites grasos	5	
1.3.9. Glucoquininas	5	
1.3.10. Mucílagos	6	
1.3.11. Aceites esenciales	6	

1.4. Industrialización de plantas aromáticas	
6	
1.4.1. Industria cosmética	
6	
1.4.2. Industria alimenticia	7
1.4.3. Industria licorera	7
1.4.4. Industria farmacéutica	7
1.4.5. Productos de uso doméstico	8
1.4.6. Industria agroquímica	8
1.4.7. Química fina	
8	
1.4.8. Industria tabacalera	9
1.4.9. Industria textil	9
1.4.10. Industria petroquímica y minera	9
1.4.11. Industria de pinturas	9
1.4.12. Otras industrias	9
1.5. Aceites esenciales	
10	
1.5.1. Definición	10
1.5.1.1. Parte del metabolismo de una planta	11
1.5.1.2. Compuesto generalmente por terpenos	
11	
1.5.1.3. La mayoría de ellos volátiles	12
1.5.1.4. Generan un conjunto el olor de dicho vegetal	12
1.5.1.4.1. Volatilidad y solubilidad	13
1.5.1.4.2. Factores metabólicos	13
1.5.1.4.3. Ubicación en tejidos	14
1.5.2. Clasificación	14
1.5.2.1. Consistencia	
14	

1.5.2.1.1. Esencias fluidas.	14
1.5.2.1.2. Bálsamos	15
1.5.2.1.3. Oleorresinas	15

1.5.2.2.	Origen	15
1.5.2.2.1.	Naturales	15
1.5.2.2.2.	Artificiales	15
1.5.2.2.3.	Sintéticos	16
1.5.2.3.	Químico	16
1.5.3.	Distribución y estado natural	16
1.5.4.	Monoterpenos y sesquiterpenos	17
1.5.5.	Composición química de los aceites esenciales	18
1.5.6.	Función de los aceites esenciales en las plantas	18
1.5.7.	Métodos de obtención de los aceites esenciales	19
1.5.7.1.	Destilación por arrastre con vapor de agua	19
1.5.7.2.	Destilación con vapor	21
1.5.7.3.	Extracción con disolventes volátiles	21
1.5.7.4.	Extracción con fluidos supercríticos	23
1.5.7.5.	Enflorado	23
1.5.7.6.	Maceración	24
1.5.7.7.	Expresión	25
1.5.8.	Materia prima	26
1.5.8.1.	Cultivo de plantas medicinales	26
1.5.8.2.	Recolección	27
1.5.8.3.	Procesamiento pos-cosecha	28
1.5.8.4.	Almacenamiento	30
1.5.8.5.	Molienda	30
1.5.9.	Factores que afectan el rendimiento de los aceites	32
1.5.9.1.	Tipo de materia prima	32
1.5.9.2.	Tiempo de secado	32
1.5.9.3.	Tamaño de partícula	32
1.5.9.4.	Tiempo de extracción	33
1.5.9.5.	Método de extracción	33
1.5.9.6.	Características del equipo de extracción	33

1.5.9.7. Características de los flujos	33
1.5.10.Tratamiento de los aceites esenciales crudos	33
1.5.11.Análisis del aceite esencial	34
1.5.11.1. Cromatografía en fase gaseosa	35
1.5.11.2. Cromatografía gas-líquido	36
1.5.11.3. Análisis cualitativo	38
1.6.Laurel	39
1.6.1. Nombre	46
1.6.2. Sinonimias	39
1.6.3. Otros nombres populares	39
1.6.4. Descripción botánica	40
1.6.5. Hábitat	40
1.6.6. Historia	40
1.6.7. Agricultura	41
1.6.8. Usos medicinales atribuidos	41
1.6.9. Otros usos populares	42
1.6.10.Farmacología	42
1.6.11.Composición química	43
1.6.12.Farmacognosia	43
1.6.13.Toxicología	44
1.6.14.Indicaciones terapéuticas	44

2. METODOLOGÍA

2.1.Ubicación	45
2.2.Recursos humanos	46
2.3.Recursos materiales	47
2.4.Equipo y cristalería	47
2.5.Procedimiento	48

2.6. Diseño experimental	51	
2.7. Análisis estadístico	51	
2.8. Análisis de la hipótesis	53	
3. RESULTADOS	57	
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73	
CONCLUSIONES	83	
RECOMENDACIONES	85	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87	
BIBLIOGRAFÍA	89	
ANEXOS		
1. Componentes del aceite esencial de laurel	93	
APÉNDICE		
1. Muestra de cálculo	117	
2. Datos calculados		122
3. Fotos de la investigación	138	
4. Datos originales	140	

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

No.		Página
1	Monoterpenos y sesquiterpenos.	110
2	Componentes básicos de un cromatógrafo de gas.	111
3	Equipo para la determinación de aceites esenciales.	112
4	Árbol de <i>Litsea glaucescens</i> .	138
5	Equipo Neoclevenger del laboratorio LIPRONAT.	139

TABLAS

No.		Página
I	k muestras aleatorias.	52
II	Análisis de variancia clasificación en una dirección.	53
III	Análisis de decisión al comparar las tres regiones.	54
IV	Análisis de decisión para el porcentaje de rendimiento.	54
V	Análisis de decisión para la densidad.	55
VI	Análisis de decisión para el índice de refracción.	55
VII	Porcentaje de humedad de <i>Litsea guatemalensis</i> .	58
VIII	Porcentaje de humedad de <i>Litsea glaucescens</i> .	58
IX	Porcentaje de rendimiento de <i>Litsea guatemalensis</i> .	58

X	Porcentaje de rendimiento de <i>Litsea glaucescens</i> . 59	
XI	Densidad del aceite esencial de <i>Litsea guatemalensis</i> .	59
XII	Densidad del aceite esencial de <i>Litsea glaucescens</i> .	59
XIII	Índice de refracción del aceite de <i>Litsea guatemalensis</i> .	60
XIV	Índice de refracción del aceite de <i>Litsea glaucescens</i> .	60
XV	Miscibilidad en etanol del aceite esencial de laurel.	60
XVI	Componentes del aceite de <i>Litsea guatemalensis</i> (R1).	61
XVII	Componentes del aceite de <i>Litsea guatemalensis</i> (R2).	62
XVIII	Componentes del aceite de <i>Litsea guatemalensis</i> (R3).	63
XIX	Componentes del aceite de <i>Litsea glaucescens</i> (R1).	64
XX	Componentes del aceite de <i>Litsea glaucescens</i> (R2).	65
XXI	Componentes del aceite de <i>Litsea glaucescens</i> (R3).	66
XXII	Comparación y clasificación <i>Litsea guatemalensis</i> .	67
XXIII	Comparación y clasificación <i>Litsea glaucescens</i> .	68
XXIV	Comparación de los componentes de las dos especies.	69
XXV	f_c para el porcentaje de rendimiento de las dos especies. 70	
XXVI	f_c para la densidad de las dos especies.	70
XXVII	f_c para el índice de refracción de las dos especies. 71	
XXVIII	f_c para la comparación de las tres regiones. 71	
XXIX	Fases estacionarias y temperaturas en cromatografía.	113
XXX	Constituyentes de los aceites esenciales.	114
XXXI	Composición aceite esencial de <i>Litsea guatemalensis</i> .	115
XXXII	Principales componentes aceite de <i>Litsea glaucescens</i> .	116
XXXIII	Porcentaje de rendimiento aceite <i>Litsea guatemalensis</i> .	122
XXXIV	Densidad del aceite de <i>Litsea guatemalensis</i> .	122
XXXV	Índice de refracción del aceite de <i>Litsea guatemalensis</i> .	122

XXXVI	Análisis de variancia para los datos de la tabla XXXIII.	123
XXXVII	Análisis de variancia para los datos de la tabla XXXIV.	123
XXXVIII	Análisis de variancia para los datos de la tabla XXXV.	123
XXXIX	Porcentaje de rendimiento <i>Litsea guatemalensis</i> R1-R2.	124
XL	Porcentaje de rendimiento <i>Litsea guatemalensis</i> R1-R3.	124
XLI	Porcentaje de rendimiento <i>Litsea guatemalensis</i> R2-R3.	124
XLII	Análisis de variancia para los datos de la tabla XXXIX.	125
XLIII	Análisis de variancia para los datos de la tabla XL.	125
XLIV	Análisis de variancia para los datos de la tabla XLII.	125
XLV	Densidad del aceite <i>Litsea guatemalensis</i> (R1-R2).	126
XLVI	Densidad del aceite <i>Litsea guatemalensis</i> (R1-R3).	126
XLVII	Densidad del aceite <i>Litsea guatemalensis</i> (R2-R3).	126
XLVIII	Análisis de variancia para los datos de la tabla XLV.	127
XLIX	Análisis de variancia para los datos de la tabla XLVI.	127
L	Análisis de variancia para los datos de la tabla XLVII.	127
LI	Índice de refracción aceite <i>Litsea guatemalensis</i> R1-R2.	128
LII	Índice de refracción aceite <i>Litsea guatemalensis</i> R1-R3.	128
LIII	Índice de refracción aceite <i>Litsea guatemalensis</i> R2-R3.	128
LIV	Análisis de variancia para los datos de la tabla LI.	129
LV	Análisis de variancia para los datos de la tabla LII.	129
LVI	Análisis de variancia para los datos de la tabla LIII.	129
LVII	Porcentaje de rendimiento aceite <i>Litsea glaucescens</i> .	130
LVIII	Densidad del aceite de <i>Litsea glaucescens</i> .	130
LIX	Índice de refracción del aceite de <i>Litsea glaucescens</i> .	130
LX	Análisis de variancia para los datos de la tabla LVII.	131
LXI	Análisis de variancia para los datos de la tabla LVIII.	131
LXII	Análisis de variancia para los datos de la tabla LIX.	131
LXIII	Porcentaje de rendimiento <i>Litsea glaucescens</i> (R1-R2).	132
LXIV	Porcentaje de rendimiento <i>Litsea glaucescens</i> (R1-R3).	132
LXV	Porcentaje de rendimiento <i>Litsea glaucescens</i> (R2-R3).	132

LXVI	Análisis de variancia para los datos de la tabla LXIII.	133
LXVII	Análisis de variancia para los datos de la tabla LXIV.	133

LXVIII	Análisis de variancia para los datos de la tabla LXV.	133
LXIX	Densidad del aceite de <i>Litsea glaucescens</i> (R1-R2).	134
LXX	Densidad del aceite de <i>Litsea glaucescens</i> (R1-R3).	134
LXXI	Densidad del aceite de <i>Litsea glaucescens</i> (R2-R3).	134
LXXII	Análisis de variancia para los datos de la tabla LXIX.	135
LXXIII	Análisis de variancia para los datos de la tabla LXX.	135
LXXIV	Análisis de variancia para los datos de la tabla LXXI.	135
LXXV	Índice de refracción aceite <i>Litsea glaucescens</i> (R1-R2).	136
LXXVI	Índice de refracción aceite <i>Litsea glaucescens</i> (R1-R2).	136
LXXVII	Índice de refracción aceite <i>Litsea glaucescens</i> (R1-R2).	136
LXXVIII	Análisis de variancia para los datos de la tabla LXXV.	137
LXXIX	Análisis de variancia para los datos de la tabla LXXVI.	137
LXXX	Análisis de variancia para los datos de la tabla LXXVII.	137
LXXXI	Pesos humedad hojas de <i>Litsea guatemalensis</i> (R1).	140
LXXXII	Pesos humedad hojas de <i>Litsea guatemalensis</i> (R2).	140
LXXXIII	Pesos humedad hojas de <i>Litsea guatemalensis</i> (R3).	140
LXXXIV	Pesos humedad hojas de <i>Litsea glaucescens</i> . (R1).	141
LXXXV	Pesos humedad hojas de <i>Litsea glaucescens</i> . (R2).	141
LXXXVI	Pesos humedad hojas de <i>Litsea glaucescens</i> . (R3).	141
LXXXVII	Pesos viales aceite de <i>Litseea guatemalensis</i> (R1).	142
LXXXVIII	Pesos viales aceite de <i>Litseea guatemalensis</i> (R2).	142
LXXXIX	Pesos viales aceite de <i>Litseea guatemalensis</i> (R3).	142
XC	Pesos viales aceite de <i>Litseea glaucescens</i> (R1).	143
XCI	Pesos viales aceite de <i>Litseea glaucescens</i> (R2).	143
XCII	Pesos viales aceite de <i>Litseea glaucescens</i> (R3).	143
XCIII	Pesos densidad aceite de <i>Litsea guatemalensis</i> (R1).	144
XCIV	Pesos densidad aceite de <i>Litsea guatemalensis</i> (R2).	144
XCV	Pesos densidad aceite de <i>Litsea guatemalensis</i> (R3).	144
XCVI	Pesos densidad aceite de <i>Litsea glaucescens</i> . (R1).	145
XCVII	Pesos densidad del aceite de <i>Litsea glaucescens</i> . (R2).	145

XCVIII	Pesos densidad del aceite de <i>Litsea glaucescens</i> . (R3).	145
XCIX	Índice de refracción del aceite de <i>Litsea guatemalensis</i> .	146
C	Índice de refracción del aceite de <i>Litsea glaucescens</i> .	146
CI	Miscibilidad en etanol del aceite esencial de laurel.	146

LISTA DE SÍMBOLOS

- SSA** Suma de cuadrados para tratamientos o regiones.
- SSE** Suma de cuadrados para el error.
- SST** Suma de cuadrados total.
- f_i** Razón de variancia.
- k** Grados de libertad
- n** Repeticiones u observaciones.
- s_1^2** Cuadrados medios para los tratamientos o regiones.
- s^2** Cuadrados medios para el error.
- y_{ij}** j-ésima observación del tratamiento i-ésimo.
- \bar{y}** Media de las observaciones.
- T** Total de las observaciones.

H₀ Hipótesis nula.

H₁ Hipótesis alternativa.

μ_i Media para cada parámetro.

R Región.

N.C Nivel de confianza.

g Gramos.

ml Mililitros.

m Metros.

n_D²³ Índice de refracción a temperatura dada en grados Celsius.

V_i Volumen.

ρ Densidad.

W_i Peso.

% Porcentaje.

GLOSARIO

Alcaravea	Planta anual de las umbelíferas, de hojas lanceoladas, flores blancas y semillas pequeñas que, por ser aromáticas, se emplean como condimento.
Almizcle	Secreción abdominal, grasa, de olor intenso y sabor amargo, que segregan algunos mamíferos; por extensión, se aplica también a la sustancia que segregan ciertas aves en la glándula debajo de la cola. Se utiliza en cosmética.
Alopatía	Terapéutica cuyos medicamentos producen en el estado sano fenómenos diferentes de los que caracterizan las enfermedades en que se emplean.
Antiséptico	Sustancia que destruye los microbios o evita su existencia.
Aromaterapia	Utilización médica de los aceites esenciales.
Astringente	Sustancia que contrae los tejidos orgánicos.
Bálsamo	Medicamento compuesto de sustancias comúnmente aromáticas, que se aplica como remedio en las heridas, llagas y otras enfermedades.
Bergamota	Variedad de lima muy aromática.

Carminativo	Medicamento que facilita la expulsión de gases intestinales.
Colutorio	Enjuague y lavado bucal con la solución de algún medicamento.
Copaiba	Copayero, árbol.
Coriandro	Cilantro.
Dismenorrea	Menstruación dolorosa o difícil.
Droga vegetal	Parte de la planta medicinal utilizada en terapéutica.
Emenagogo	Cualquier fármaco que provoca menstruación.
Emoliente	Medicamento para ablandar alguna dureza o tumor.
Enebro	Arbusto de las cupresáceas, de tronco ramoso, copa densa, hojas rígidas dispuestas de tres en tres.
Eneldo	Planta herbácea que tiene propiedades medicinales.
Fique	Planta textil, de la fibra de esta planta se hacen cuerdas.
Fitohormonas	Hormona vegetal.
Fitoinsulinas	Insulina de origen vegetal.

Fitoterapia	Es la ciencia que estudia la utilización de los productos de origen vegetal con finalidad terapéutica, ya sea para prevenir, para atenuar o para curar un estado patológico.
Glúcido	Nombre genérico de los compuestos que incluyen los azúcares sencillos y sus derivados y polímeros. Llamados también hidratos de carbono y carbohidratos.
Lúpulo	Planta trepadora de las cannabáceas; las flores dan sabor a la cerveza.
Mejorana	Planta que tiene propiedades tónicas y digestivas.
Miera	Aceite espeso, amargo y de color oscuro, que se obtiene del enebro. Se usa en medicina.
Pediculicida	Producto químico para matar piojos (<i>Pediculus humanus capitis</i>).
Peristaltismo	Contracción muscular del esófago y del intestino que permite la progresión del contenido intestinal.
Prostaglandina	Nombre genérico de diferentes sustancias aisladas de diversos tejidos orgánicos, cuyo esqueleto químico está constituido por un anillo de ciclopentano. Se utilizan como estimulantes musculares y para el tratamiento del asma y de las úlceras.
Sahumerios	Acción y efecto de dar humo aromático a algo, a fin de purificarlo o para que tenga buen olor.

Sándalo	Árbol de gran tamaño semejante al nogal, de flores pequeñas y fruto parecido a la cereza. Crece en las costas de la India y de varias islas de Oceanía, proporciona una madera amarillenta y de excelente olor, de la que se extrae una esencia usada en farmacia y en perfumería.
Terpenos	Nombre común a ciertos hidrocarburos que se encuentran en los aceites volátiles obtenidos de las plantas, principalmente de las coníferas y de los frutos cítricos.
Trementina	Resina que fluye de los pinos, abetos, alerces y terebintos, pegajosa, odorífera y de sabor picante. Se emplea como disolvente.

RESUMEN

En el presente estudio se obtuvo el aceite esencial de las hojas de laurel de dos diferentes especies (*Litsea glaucescens* HBK. y *Litsea guatemalensis* Mez.) a nivel laboratorio, utilizando el método de hidrodestilación. La materia prima fue recolectada en tres diferentes lugares, Sacatepéquez, Chimaltenango y Baja Verapaz.

Se evaluó el porcentaje de humedad de las hojas frescas de laurel de dos especies donde la especie de *Litsea guatemalensis* presentó el mayor valor promedio (53.56%).

El experimento realizado es unifactorial, con tres niveles del factor de tres repeticiones cada uno. Se tienen dos especies de laurel de tres diferentes lugares cada una (3 lugares X 3 repeticiones), haciendo 9 tratamientos por especie siendo un total de 18 tratamientos para las dos especies. En cada experimento la masa de vegetal fue de 70 g. y el tiempo de destilación de 2 horas. El diseño experimental consideró un arreglo con distribución aleatorizada. Para la interpretación de los datos experimentales se utilizó el análisis de variancia para la clasificación en una dirección.

Por medio del análisis de variancia se determinó que tanto el porcentaje de rendimiento como la densidad del aceite esencial de las dos especies se ven afectados significativamente por el lugar de colecta, y el índice de refracción del aceite esencial de las dos especies no se ve afectado por el lugar de colecta.

Al comparar el porcentaje de rendimiento del aceite esencial entre las dos especies se observa que la especie de *Litsea glaucescens*, tiene el porcentaje de rendimiento más alto (1.3078%). También se determinó que el aceite esencial de laurel de las dos especies es miscible en etanol.

Por medio de la cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM) se analizó la composición del aceite esencial, el cual identificó como componentes mayoritarios el 1,8 cineol y linalol para las dos especies; al comparar éstos datos con estudios realizados anteriormente se identificaron componentes no descritos previamente en el aceite esencial de laurel; para la especie *Litsea guatemalensis* se identificaron 14 componentes y para la especie *Litsea glaucescens* se identificaron 5 componentes. Los componentes del aceite esencial de laurel de las dos especies están compuestos en su mayoría por monoterpenos.

OBJETIVOS

General

Obtener y comparar las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de laurel de dos diferentes especies, *Litsea guatemalensis* y *Litsea glaucescens*, a nivel laboratorio por el método de hidrodestilación.

Específicos

1. Determinar y comparar el rendimiento, el índice de refracción y la densidad del aceite esencial de laurel según la especie y lugar de colecta.
2. Identificar los componentes químicos del aceite esencial de laurel, de dos especies, por medio de cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM).
3. Determinar la miscibilidad en etanol del aceite esencial de laurel de las dos especies.
4. Determinar el porcentaje de humedad de las hojas del laurel según la especie y lugar de colecta.

HIPÓTESIS

El porcentaje de rendimiento, la densidad y el índice de refracción del aceite esencial de laurel, *Litsea guatemalensis* y *Litsea glaucescens*, extraídos por el método de hidrodestilación, puede ser afectado significativamente por el lugar de colecta.

HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

Hipótesis nula

Ho: El porcentaje de rendimiento, la densidad y el índice de refracción del aceite esencial de laurel, *Litsea guatemalensis* y *Litsea glaucescens*, extraídos por el método de hidrodestilación, no se ve afectada significativamente por el lugar de colecta.

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

donde: μ_i representa la media para cada parámetro según el lugar de colecta.

Hipótesis alternativa

H₁: El porcentaje de rendimiento, la densidad y el índice de refracción del aceite esencial de laurel, *Litsea guatemalensis* y *Litsea glaucescens*, extraídos por el método de hidrodestilación, se ve afectada significativamente por el lugar de colecta.

$$\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

INTRODUCCIÓN

Guatemala cuenta con una gran biodiversidad, y entre ésta se tiene gran cantidad de plantas medicinales y aromáticas en las que se encuentra el laurel; en Guatemala se han descrito tres especies nativas de las cuales se analizaron dos especies, *Litsea glaucescens* HBK. y *Litsea guatemalensis* Mez., de los cuales se encuentran estudios de su aceite esencial.

La mayor parte de la población guatemalteca no tiene acceso a los medicamentos industrializados, constituyendo por esta razón, el uso de las plantas medicinales el único recurso terapéutico disponible para las capas más pobres de la población. Considerando el crecimiento constante de la población, la importancia de las plantas medicinales y su uso, es cada vez mayor. El laurel como planta medicinal es utilizada como antiséptica, astringente, balsámica, estimulante, espasmolítica y pectoral.

El laurel (*Laurus nobilis* L.) es una hierba aromática usada desde el tiempo de los griegos y romanos como condimento, medicina, aromática y símbolo de triunfo. A la llegada de los españoles a América, identificaron una especie nativa con olor muy parecido pero perteneciente a otro género.

Las plantas aromáticas han sido utilizadas, durante siglos, en culinaria, en perfumería y como medicamentos; siendo el aceite esencial uno de sus principales productos, se ha propuesto en el presente trabajo de tesis obtener y comparar el aceite esencial de los laureles mesoamericanos (*Litsea guatemalensis* y *Litsea glaucescens*) por medio de hidrodestilación, así como su rendimiento y sus propiedades fisicoquímicas. Entre las propiedades fisicoquímicas a comparar están: la densidad, índice de refracción y solubilidad, así como la composición química de ambos aceites.

Las muestras de las dos diferentes especies serán colectadas en tres diferentes lugares: Sacatepéquez, Chimaltenango y Baja Verapaz. Siendo elegidos éstos lugares según la Flora de Guatemala y los diferentes herbarios consultados.

Los resultados a obtener de este trabajo buscan determinar las diferencias que hay en el aceite esencial entre una especie y otra, así como la diferencia al haber sido recolectadas en diferentes lugares.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Sustancias naturales puras y productos fitoterapéuticos

Los productos de origen natural puros se definen por su estructura química y son identificados por el análisis químico. Los productos fitoterapéuticos tienen composición química variable y, por consiguiente, son definidos por el proceso de extracción. Siendo así, dos factores son de importancia fundamental en la industrialización de productos fitoterapéuticos: la calidad de la materia prima utilizada y la opción para seleccionar el disolvente para la extracción.

1.2 Plantas medicinales

Es cualquier planta que en uno o más de sus órganos contiene sustancias que pueden ser utilizadas con finalidad terapéutica o que son precursores para la hemisíntesis química farmacéutica.

Las plantas medicinales contienen, normalmente, más de una sustancia activa y diversas sustancias inactivas que influyen en la acción de los componentes activos así, las saponinas modifican la tensión superficial en el estómago, las sustancias amargas pueden aumentar el peristaltismo y los taninos pueden formar complejos con los componentes activos que pueden ser liberados gradualmente.

1.3 Sustancias activas de las plantas medicinales

Los principios activos son las sustancias responsables de la acción farmacológica; son sustancias que las plantas sintetizan y almacenan durante su crecimiento como parte de su metabolismo. En todas las especies se encuentran presentes simultáneamente principios activos y sustancias indiferentes (llamadas también de lastre), que determinan la eficacia del medicamento vegetal al acelerar o hacer más lenta la absorción de los principios activos en el organismo.

Por lo general en una planta existen varios componentes medicinalmente activos, de los cuales uno de ellos el principal, determina las aplicaciones que tendrá la planta, el contenido de estos principios varía dependiendo del hábitat, de la recolección y de la preparación de la planta.

La mayor parte de plantas medicinales desarrollan plenamente eficacia cuando se les emplea por períodos prolongados de tiempo (entre 6 y 8 semanas).

Existen dos tipos de sustancias activas en las plantas medicinales: los productos del metabolismo primario (sacáridos principalmente), que son sustancias formadas en todas las plantas verdes gracias a la fotosíntesis y que les resultan indispensables para vivir; el segundo tipo de sustancias está compuesto por productos del metabolismo secundario; es decir, resultantes de procesos originados principalmente por la asimilación del nitrógeno.

Estos productos parecen a veces inútiles para la planta, pero sus efectos terapéuticos son por el contrario destacables. Normalmente estas sustancias no se encuentran en las plantas en estado puro, sino en forma de complejos cuyos distintos componentes se complementan y se refuerzan en su acción sobre el organismo (Sharapin, 2000).

Los compuestos medicinales de las plantas pertenecen a cualquiera de los siguientes grupos:

1.3.1 Alcaloides

Los alcaloides son compuestos nitrogenados complejos, de naturaleza básica, que provocan en general potentes efectos fisiológicos. Se trata, en su mayor parte, de venenos vegetales muy activos, dotados de una acción específica. Son el resultado del metabolismo de los aminoácidos. Su función es reguladora y protege a la planta contra los insectos y parásitos. Normalmente la medicina los emplea en estado puro, y su auténtico valor sólo se asegura en las manos del médico.

1.3.2 Glucósidos

Son productos del metabolismo secundario de las plantas. Están formadas por dos partes. La primera contiene un azúcar, por ejemplo la glucosa, y es casi siempre inactiva; pero mantiene un efecto favorable sobre la solubilidad del glucósido y su absorción, así como sobre su transporte a uno u otro órgano. La segunda parte es la que determina el efecto terapéutico; es la más activa, denominada aglucón.

1.3.3 Saponinas

Son muy frecuentes en las plantas medicinales. Desde el punto de vista químico también se caracterizan por la presencia de un radical glúcido junto a un radical aglucón. Irritan las mucosas, producen un relajamiento intestinal, incrementa las secreciones mucosas bronquiales (son expectorantes). Son empleadas como diuréticos y desinfectantes de las vías urinarias.

1.3.4 Fitohormonas

Son sustancias que se producen por síntesis celular individualizada y que posteriormente se distribuye el resto de la planta (auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido abscísico, etileno). Influyen sobre su crecimiento, el desarrollo del fruto, sobre la caída de las hojas y sobre el desarrollo de la raíz. También en el proceso de maduración y en actuar como defensa ante plagas en épocas de bajas temperaturas. Hoy son muy empleadas en horticultura. Se hallan entre otras en la avena, la zanahoria, el anís y la salvia. Utilizadas en cosmética como gel de baño e hidratantes para la piel.

1.3.5 Principios amargos

Estas sustancias tienen un gusto amargo, excitan las células del gusto, estimulan el apetito y aumentan la secreción de jugos gástricos.

1.3.6 Taninos

Estas sustancias, cuya composición química es variable, tienen un carácter común: su capacidad de coagular las albúminas, los metales pesados y los alcaloides.

Su interés medicinal radica principalmente en su carácter astringente: su propiedad de coagular las albúminas de las mucosas y de los tejidos, creando así una capa de coagulación aislante y protectora, que reduce la irritación y el dolor, y detiene las pequeñas hemorragias.

1.3.7 Sustancias aromáticas

En este grupo se incluyen un cierto número de sustancias, frecuentes en las drogas vegetales, de composición y actuación a menudo muy variables. Pueden acompañar en la planta a otras sustancias activas. En este grupo encontramos a los glucósidos fenólicos y un segundo grupo de sustancias aromáticas formado por los productos de condensación de moléculas de ácido acético activo (acetogeninas).

1.3.8 Aceites grasos

Se trata de aceites vegetales líquidos a la temperatura ambiente. El frío los perturba y los solidifica. Son insolubles en agua, pero muy solubles en los disolventes orgánicos como el cloroformo y la acetona. Se utilizan normalmente para la fabricación de remedios y con fines alimentarios e industriales.

1.3.9 Glucoquininas (insulinas vegetales)

Se trata de sustancias que actúan sobre la glucemia; también se les llaman fitoinsulinas.

1.3.10 Mucílagos

Son mezclas amorfas de polisacáridos que, en presencia del agua, componen sistemas coloidales altamente viscosos. Ejercen acción favorable contra las inflamaciones de las mucosas, especialmente contra las de las vías respiratorias y digestivas, atenúan los dolores de las contusiones, aligeran la piel en la aplicación de cataplasmas. Reducen el peristaltismo intestinal.

1.3.11 Aceites esenciales

Se les da el nombre de aceites esenciales a los aceites volátiles o aceites etéreos. Son mezclas complejas de sustancias, de variadas funciones químicas. El término aceite esencial es utilizado en general para designar aquellas sustancias volátiles obtenidas por destilación a base de vapor de las plantas, o por otros métodos.

1.4 Industrialización de plantas aromáticas

Las principales ramas de la industria que más consumen plantas aromáticas o aceites esenciales son (Bandoni, 2003):

1.4.1 Industria cosmética

Para la elaboración de perfumes. Su importancia comercial resulta singularmente relevante, pues muchos cosméticos tienen un posicionamiento en el mercado debido casi exclusivamente a la fragancia que contienen. Y en forma especial merece destacarse el mercado de las fragancias: perfumes, aguas de tocador, colonias, extractos, etc. Otro rubro sobresaliente es el de los dentífricos, por su gran consumo de derivados de la menta.

1.4.2 Industria alimenticia

Para la elaboración de sabores, salsas, aditivos, bebidas, colas y otras analcohólicas. Muchas de estas plantas son usadas como especias (clavo, canela, jengibre, nuez moscada, vainilla, coriandro, comino, ajo, etc.). Otras, tienen una aplicación muy específica, como el lúpulo en la industria cervecera, o la mostaza y el azafrán. En apicultura se ha extendido en los últimos años la demanda de calidades tipificadas de mieles, y muchas de éstas provienen de cultivos de plantas aromáticas, como el eucalipto, el orégano o la salvia.

1.4.3 Industria licorera

Esta especialidad se nutre casi exclusivamente de plantas aromáticas. Ya sean extractos o esencias, el rol en esta industria es fundamental. En muchos países existe una industria licorera dedicada a especies autóctonas, la que aprovecha el conocimiento popular de las plantas aromáticas, para la elaboración de formulaciones tipo amargos, aperitivos, o licores regionales.

1.4.4 Industria farmacéutica

El amplio uso que tiene en alopátia productos como el eugenol, como analgésico tópico, el eucaliptol y el timol como antisépticos, el mentol como antipruriginoso, o el α -bisabolol como antiinflamatorio local. Los aceites esenciales son utilizados en aromaterapia. También conviene recordar el uso en veterinaria de algunos productos aromáticos, como piojicidas (limoneno y mentas), repelentes de insectos (citronela), en la forma de extractos para distintas dolencias de animales de cría (romero, tomillo, menta), etc.

1.4.5 Productos de uso doméstico

Muchos de estos productos, como desinfectantes, desodorantes de ambientes, jabones de lavar, suavizantes, son formulados en base a fragancias o a subproductos obtenidos de plantas aromáticas. En este caso la trementina y las esencias cítricas son las esencias más ampliamente utilizadas. La trementina es usada para la elaboración de productos de semisíntesis, como el comercialmente llamado aceite de pino, que no tiene relación alguna con la esencia natural de pino.

1.4.6 Industria agroquímica

Utiliza algunos subproductos obtenidos a partir de aceites esenciales, para la elaboración de los llamados bioinsecticidas, o insecticidas biodegradables de origen natural. El uso de la (+)-carvona (presente en la alcaravea y el eneldo) como inhibidor de la formación de brotes en la papa almacenada.

1.4.7 Química fina

Así como existe una industria del petróleo, existe una industria de la trementina. Esta esencia obtenida de la resina de varias especies de *Pinus* spp., es una valiosísima materia prima para la semisíntesis de productos aromáticos (el citado aceite de pino, terpineol, canfeno, acetato de isobornilo), insecticidas, vitaminas y otros productos de uso industrial. Pero no es el único caso. El safrol es un terpeno obtenido de varias esencias de origen tropical, y es usado para la semisíntesis de la vainillina. El citral es otro ejemplo de materia prima consumida por toneladas por la química fina.

1.4.8 Industria tabacalera

Es uno de los mayores consumidores de mentol. Pero también numerosos extractos de plantas aromáticas son aprovechados en esta actividad industrial.

1.4.9 Industria textil

En la elaboración de enmascaradores de olores, en tratamiento con mordientes después o durante el teñido.

1.4.10 Industria petroquímica y minera

Utiliza esencias o terpenos derivados de ellas como vehículos de flotación y lubricantes.

1.4.11 Industria de pinturas

Como enmascaradores de olores. El limoneno, como disolvente biodegradable.

1.4.12 Otras industrias

Disolventes para la limpieza de chips en computación, como reemplazantes de derivados petroquímicos; ecológicamente más seguros (biodegradables), con olores menos agresivos que los disolventes petroquímicos, con un punto de inflamación más alto que los disolventes tradicionales, lo que produce menos riesgos durante el uso o almacenamiento.

En algunos casos con más baja presión de vapor y por lo tanto más seguros y aceptables para las legislaciones sobre control de los llamados VOC (Volatile organic compounds: compuestos orgánicos volátiles), etc.

Pero de todas éstas, las dos ramas industriales con mayor demanda de plantas aromáticas son la alimenticia y la de extractivos para sabores y fragancias. En este último caso, lo ideal es que los mismos capitales que producen o acopian el material vegetal, sean los que obtienen los extractivos. Más aún, dado los grandes volúmenes de materia prima que deben movilizarse, resulta singularmente importante que la planta extractora esté instalada lo más cerca posible del cultivo o de la zona donde se acopia la planta aromática.

Los principales productos obtenidos de plantas aromáticas son aceites esenciales, oleorresinas (obtenidas principalmente de especias), concretos, absolutos, extractos y tinturas (Bandoni, 2003).

1.5 Aceites esenciales

1.5.1 Definición

Un aceite esencial es una parte del metabolismo de un vegetal, compuesto generalmente por terpenos, que están asociados o no a otros componentes, la mayoría de ellos volátiles, y generan en conjunto el olor de dicho vegetal. Desglosando esta definición se tiene (Bandoni, 2003):

1.5.1.1 **Parte del metabolismo de una planta**

Cuando se habla de una esencia, igual que un aceite fijo o un resinoide, debe tenerse presente que se está mencionando una mezcla de productos, aislados en una proporción y con una composición muy variable, dependiendo esto de una serie muy grande de factores.

Es decir que casi siempre no es uno el metabolito que compone la esencia, sino una combinación de metabolitos que tienen alguna particularidad en común. Esta particularidad generalmente es que son productos volátiles en condiciones normales, o por lo menos con una presión de vapor significativa por debajo de los 150°C. Pero también pueden tener en común no su volatilidad, sino su solubilidad en determinado disolvente.

La característica que le da unicidad a la composición de una esencia es su método de obtención; una esencia obtenida por métodos diferentes puede tener diferencias notables de composición química.

1.5.1.2 **Compuesto generalmente por terpenos**

Es característica de las esencias la presencia de terpenos, fundamentalmente mono (diez carbonos) y sesquiterpenos (quince carbonos). Sin embargo, conviene saber que así como existen esencias compuestas exclusivamente por terpenos, existen esencias que prácticamente carecen de ellos, y están compuestas por derivados bencénicos, fenoles, ésteres e hidrocarburos lineales, o hasta por componentes difícilmente relacionados con las esencias, como alcaloides, glicósidos y una gran variedad de compuestos heterocíclicos como derivados piridínicos, pirazínicos, sulfuros, aminas, etc.

Por esta complejidad en su composición, es aconsejable hacer una discriminación entre los compuestos contenidos en una esencia. Se habla entonces de compuestos mayoritarios, cuando están en la esencia en una proporción mayor al 1 o 0.5%, y los minoritarios, que en algunos casos pueden contarse por centenares. Esta clasificación de los constituyentes en función del contenido presente en cada esencia es fundamental tanto para determinar una calidad de esencia, como para precisar sus características organolépticas o sus efectos fisiológicos. En muchos casos las notas olfativas características de las esencias están dadas por los componentes minoritarios y no por los principales.

También es importante tener en cuenta que en algunas plantas los terpenos no están libres, sino que están unidos químicamente a azúcares, formando los llamados glicósidos o heterósidos. Es importante conocer esta particularidad para optimizar la técnica de extracción de estas esencias, pues deberá favorecerse una hidrólisis previa de estos glicósidos para lograr un buen rendimiento de esencia.

1.5.1.3 La mayoría de ellos volátiles

Debe considerarse que cuando los terpenos están glicosidados (químicamente unidos a azúcares), éstos no son volátiles a temperaturas normales, y sólo son extraídos después de hidrolizarlos.

1.5.1.4 Generan en conjunto el olor de dicho vegetal

El olor que tiene una planta viva no es el mismo que el de su esencia aislada. Esto se debe a muchos factores, pero los más importantes son:

1.5.1.4.1 Volatilidad y solubilidad

Para poder oler en una planta los productos aromáticos pesados habría que dejar secar la planta para eliminar los más livianos. Como esto no ocurre normalmente, la presencia de los más volátiles enmascara continuamente a los constituyentes aromáticos pesados. Situación que no ocurre si se huele la esencia pura, a medida que se van evaporando las fracciones más livianas, se van detectando los componentes más pesados.

Por otro lado los productos con alta volatilidad suelen perderse durante los procesos extractivos, sobre todo cuando se utiliza la destilación por arrastre con vapor de agua.

Además debiera tenerse en cuenta que, cuando se obtiene una esencia por arrastre con vapor, algunos compuestos quedan parcialmente retenidos en la fase acuosa, como ocurre con el alcohol feniletílico en la esencia de rosa, o con algunos ácidos y ésteres livianos.

1.5.1.4.2 Factores metabólicos

Una vez que la planta es cosechada para ser extraída, el metabolismo de la misma no permanece inalterado o estático, sino que continúa evolucionando en la medida que no se le elimine la mayor cantidad de agua, lo que finalmente inhibe los procesos enzimáticos. Se ha demostrado experimentalmente que no es igual el olor de una flor en un pie vivo de una planta, que la misma flor ya cortada. El aroma tan agradable de una flor de manzanilla alemana (*Matricaria recutita*), casi desaparece por completo en la esencia obtenida por arrastre con vapor.

Una vez que se extrajo la esencia, recién entonces el metabolismo queda como congelado, lográndose una relativa estabilidad en la calidad olfativa del producto.

1.5.1.4.3 Ubicación en tejidos

Cada parte de la planta puede tener una esencia distinta en su calidad olfativa, parece lógico pensar que puede existir una esencia en las partes más externas de la planta, las que olemos, y otra esencia en las partes más internas, que no podemos oler, pero cuando son extraídas, se mezclan y producen un aroma distinto del detectado en la planta viva (Bandoni, 2003).

1.5.2 Clasificación

Los aceites esenciales se clasifican con base en diferentes criterios: Consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios (Martínez, 2001).

1.5.2.1 Consistencia

De acuerdo a su consistencia los aceites esenciales se clasifican en:

1.5.2.1.1 Esencias fluidas

Son líquidos volátiles a temperatura ambiente.

1.5.2.1.2 Bálsamos

Son de consistencia más espesa, son poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización.

1.5.2.1.3 Oleorresinas

Son extractos de especias, que se obtienen por tratamiento de la droga seca con disolventes. Los disolventes empleados son eliminados casi completamente por procesos de destilación al vacío, destilación azeotrópica, o ambas. Tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas. Tienen uso en las industrias de alimentos y de medicamentos, sustituyendo las plantas secas o las tinturas. Las oleorresinas contienen aceites esenciales, aceites fijos, colorantes y principios activos de las plantas.

1.5.2.2 Origen

De acuerdo a su origen los aceites esenciales se clasifican como:

1.5.2.2.1 Naturales

Se obtienen directamente de la planta y no sufre modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su rendimiento tan bajo son muy costosas.

1.5.2.2.2 Artificiales

Se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes.

Por ejemplo, la mezcla de esencias de rosa, geranio y jazmín enriquecidas con linalol, o la esencia de anís enriquecida con anetol.

1.5.2.2.3 Sintéticos

Como su nombre lo indica son los producidos por la combinación de sus componentes los cuales son la mayoría de las veces producidas por procesos de síntesis química. Estos son los más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, fresa, etc.).

1.5.2.3 Químico

Desde el punto de vista químico y a pesar de su composición compleja con diferentes tipos de sustancias, los aceites esenciales se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de sustancias que son los componentes mayoritarios. Según esto los aceites esenciales se denominan, monoterpenoides (hierbabuena, albahaca, salvia), sesquiterpenoides (copaiba, pino, junípero), fenilpropanoides (clavo, canela, anís).

Aunque esta clasificación es muy general resultará útil para propósitos de estudiar algunos aspectos fitoquímicos de los monoterpenos, los sesquiterpenos y los fenilpropanos (Martínez, 2001).

1.5.3 Distribución y estado natural

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

Se les puede encontrar en diferentes partes de la planta: en las hojas, en las raíces, en el pericarpio del fruto, en las semillas, en el tallo, en las flores y en los frutos.

Los monoterpenoides se encuentran principalmente en plantas de los órdenes Ranunculales, Violales y Primulales, mientras que son escasos en Rutales, Cornales, Lamiales y Asterales. Por el contrario, los sesquiterpenoides abundan en Magnoliales, Rutales, Cornales y Asterales.

Aunque en los aceites esenciales tanto los monoterpenos, los sesquiterpenos y los fenilpropanos se les encuentran en forma libre, más recientemente se han investigado los que están ligados a carbohidratos, ya que se consideran que son los precursores inmediatos del aceite como tal.

1.5.4 Monoterpenos y sesquiterpenos

Los monoterpenos y sesquiterpenos son terpenos de 10 y 15 átomos de carbonos derivados biosintéticamente de geranilpírofosfato (GPP) y farnesilpírofosfato (FPP) respectivamente.

Entre los monoterpenos naturales están el geraniol, mentol, limoneno, nerol, citronelal, car-3-eno, alcohol fenchílico, fenchona, thuyona, α -pineno, alcanfor, γ -thuyaplicina, nepetalactona; entre los sesquiterpenos naturales están el farnesol, bisaboleno, ionona, nerolidol, γ -bisaboleno, α -cadineno, β -selineno, cariofileno, carotol, ácido abscísico (Figura 1). De acuerdo con su estructura se les clasifica según el número de ciclos como acíclicos, monocíclicos, bíciclicos, etc.

1.5.5 Composición química de los aceites esenciales

Se ha encontrado que los aceites esenciales contienen principalmente compuestos orgánicos líquidos, más o menos volátiles. La gran variedad de compuestos disueltos contenidos en los aceites esenciales se puede clasificar de la siguiente manera, hidrocarburos (terpenos, heptano, pineno y sus componentes, canfeno, fenchona, dipentano, terpineno), sesquiterpenos (bisaboleno, cadineno), alcoholes (alcohol metílico, alcohol etílico, alcoholes alifáticos pesados, geraniol, cadenas cerradas de alcoholes), alcoholes terpénicos (terpineol, pinenol), ésteres (ésteres bencílicos), aldehídos (aldehídos alifáticos, benzaldehído, vainilla, heliotropina), cetonas (acetona, ionona, carvona, alcanfor), fenoles y componentes fenólicos (cresol, componentes de timol), óxidos y lactosas (cumarina, eucaliptol), componentes nitrogenados (nitrobenzeno, almizcle artificial), componentes sulfurados (isotiocianato butílico, sulfuro de vinilo) y ácidos (ácido fórmico, ácido acético, ácido butírico, ácido benzoico).

La composición química de los aceites es muy variada, pero poseen varias propiedades físicas en común, por ejemplo, tienen alto índice de refracción, son ópticamente activos, etc. (Parry, 1922)

1.5.6 Función de los aceites esenciales en las plantas

Hasta la fecha, no hay una teoría universalmente aceptada con respecto a la formación de los aceites esenciales y el papel que juegan en la vida de las plantas sólo se cuenta con numerosas hipótesis que se describen a continuación.

Los aceites esenciales penetran en los espacios intercelulares disminuyendo la transpiración de la planta, incrementan la velocidad de circulación de sustancias nutritivas en la planta, la cual regula su metabolismo; son compuestos aromáticos que sirven para proteger contra los insectos y el crecimiento de hongos a las plantas; el aroma de las flores atrae a los insectos, promoviendo de esta manera su producción.

Los aceites esenciales degradan a los glucósidos, en otras palabras actúan como agentes enzimáticos; pueden proporcionar un medio de preservación a las plantas.

1.5.7 Métodos de obtención de aceites esenciales

Los aceites esenciales se obtienen en su mayoría por destilación. Los siguientes procesos pueden ser considerados: destilación por arrastre con vapor de agua y la destilación directa con vapor de agua. Además de la destilación, los aceites esenciales pueden ser obtenidos por extracción con disolventes volátiles, extracción con fluidos supercríticos, enflorado, maceración y expresión (Sharapin, 2000).

1.5.7.1 Destilación por arrastre con vapor de agua

Este método es uno de los más utilizados para la extracción de aceites esenciales crudos. Para extraerlos, se debe contar con un equipo de extracción de pequeñas dimensiones si se trata de una determinación experimental en laboratorio y de mayor tamaño si es una tarea a nivel industrial.

Los extractores constan de las siguientes partes: una fuente de calor que genera vapor, un recipiente para alojar la hierba con agua, un colector del aceite esencial separado y un refrigerante para los vapores.

En los laboratorios se utilizan balones de 1 y 5 litros, mientras que los equipos industriales pueden llegar a tener una capacidad de hasta 8,000 ó 10,000 litros en el recipiente para colocar la hierba.

El vapor de agua atraviesa la hierba colocada en el recipiente, extrae y arrastra el aceite esencial que tiene bajo punto de volatilización y lo lleva hasta el refrigerante, donde al enfriarse se condensa y se separa el agua del aceite por densidad.

Si el aceite es menos denso queda en la superficie y si es más denso que el agua, va al fondo. De esta manera es fácil separarlo.

Coobación es el proceso mediante el cual el agua condensada regresa al proceso, después de ser separada del aceite. El retorno del agua condensada tiene por objeto minimizar las pérdidas de componentes polares, principalmente de los fenoles, disueltos en el agua.

Sin embargo, la permanencia de componentes solubles en el agua durante más tiempo da como resultado una mayor posibilidad de hidrólisis o la descomposición térmica, principalmente en el caso de la destilación con agua.

1.5.7.2 Destilación con vapor

Este proceso es similar al anterior, con la única diferencia de no existir agua en el fondo del recipiente. El vapor de agua, saturado o sobrecalentado, y frecuentemente a una mayor presión que la atmosférica, es introducido atravesando el material colocado sobre un soporte. La gran ventaja de este proceso consiste en que la cantidad de vapor de agua puede ser controlada.

El proceso de destilación con vapor da como resultado riesgos menores de degradación térmica y constituye el proceso más utilizado por la industria de aceites esenciales, principalmente cuando se trata de la producción de aceites esenciales para la fabricación de perfumes.

1.5.7.3 Extracción con disolventes volátiles

Este método es utilizado para muchos tipos de flores en varios países. Está basado en el hecho de que los disolventes volátiles penetran rápidamente en los pétalos y disuelven, con las ceras y algunas materias colorantes, casi todas las sustancias odoríferas naturales.

En este método la muestra seca y molida se pone en contacto con disolventes tales como alcohol, cloroformo, etc. Estos disolventes solubilizan la esencia pero también solubilizan y extraen otras sustancias tales como grasas y ceras, obteniéndose al final una esencia impura.

La eliminación del disolvente a baja temperatura da un aceite concentrado, semisólido, llamado concreto. Este producto puede ser tratado con alcohol de gran concentración, en el cual no son solubles la parte de las ceras; después de la refrigeración, para eliminar la mayor cantidad posible de cera disuelta, la solución alcohólica se concentra a presión reducida para obtener un absoluto sin alcohol.

Si el procedimiento se hace en frío a temperatura menor a 50°C el aceite llevará el nombre de aceite virgen, si la temperatura es mayor a 50°C los ácidos grasos se envician.

Entre los equipos utilizados para la extracción con disolventes es el Soxhlet, el cual es un equipo de extracción semicontinua, donde una de las fases, el sustrato, se agrega sola al principio mientras que el disolvente de extracción cumple un ciclo de extracción y purificación continua. La purificación se realiza en forma paralela por destilación del disolvente, de manera que el sustrato siempre está en contacto con el disolvente puro.

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

1.5.7.4 Extracción con fluidos supercríticos

Este método es de desarrollo más reciente. El material vegetal cortado en trozos pequeños, licuado o molido, se empaca en una cámara de acero inoxidable y se hace circular a través de la muestra un líquido supercrítico (por ejemplo bióxido de carbono líquido), las esencias son así solubilizadas y arrastradas y el líquido supercrítico que actúa como disolvente extractor y se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente, y finalmente se obtiene una esencia pura.

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

1.5.7.5 Enflorado

En el método de enflorado o enfleurage, el material vegetal (generalmente flores) es puesto en contacto con un aceite vegetal. La esencia es solubilizada en el aceite vegetal que actúa como vehículo extractor.

El método de extracción con grasa fría es muy sencillo y consiste en poner en contacto las flores con una capa delgada de grasa dentro de cámaras pequeñas. Al desprenderse el perfume de las flores, se fija en la grasa, debido a su gran afinidad, y después de renovar varias veces las flores se dejan los pétalos 24 horas sobre la grasa (cuerpo).

Pasado 60 días aproximadamente, al final del período de recolección, la grasa (que no ha sido renovada) llega a estar saturada con el aceite de la flor. La extracción alcohólica de la grasa olorosa, llamada pomada, da una solución llamada extracto; eliminando el alcohol por destilación.

También puede efectuarse el enflorado sobre carbón, no se diferencia nada el procedimiento; otro sistema de enflorado consiste en usar paños de tela muy absorbentes, de algodón impregnados de aceite; después se exprimen los paños y se obtiene un aceite perfumado, tanto el aceite como la grasa que se usan, deben de ser previamente purificados y desodorizados.

Esta técnica es empleada para la obtención de esencias florales (rosa, jazmín, azahar, etc.) pero su bajo rendimiento y la difícil separación del aceite extractor la hacen costosa. Este método es llevado a la práctica sólo en países de Europa, es restringido a las flores que después de cortadas continúan su actividad fisiológica formando y emitiendo perfume.

1.5.7.6 Maceración

La maceración se asemeja a la extracción por disolventes, la diferencia es que el material permanece varios días sumergido; en este sistema se usa aceite, grasa fundida, y aún alcohol etílico.

El proceso clásico de maceración consiste en dejar la droga en contacto con el disolvente durante varios días, con agitación ocasional. Este proceso, también conocido como maceración simple o estática, es sumamente lento. Para abreviar el tiempo de operación, la droga y el disolvente deben mantenerse en movimiento constante. Este procedimiento es conocido como maceración dinámica.

Tanto la maceración simple como la maceración dinámica pueden ser ejecutadas a una temperatura ambiente o a temperaturas elevadas. En este último caso el procedimiento es conocido como digestión.

La maceración fue un proceso importante antes de la introducción de los métodos modernos de extracción con disolventes volátiles.

1.5.7.7 Expresión

En este método la finalidad es exprimir por máquinas o a mano el fruto o la planta, produciendo la misma calidad y cantidad del aceite y es el método aplicado en forma comercial. De los procesos de exprimir a mano, el proceso de esponja es el más importante, ya que produce el aceite de mayor calidad. Aquí la fruta se parte, y la piel se moja y se sumerge por varias horas; cada cáscara se prensa contra una esponja y el aceite se absorbe en ella, que se exprime periódicamente. Una persona puede preparar sólo 680 gramos de aceite de limón por día siguiendo este método, aún se practica, especialmente en Sicilia.

Este método de extracción está prácticamente limitado a los aceites obtenidos de frutas cítricas. (Sharapin, 2000)

1.5.8 Materia prima

1.5.8.1 Cultivo de plantas medicinales

El establecimiento de un cultivo de plantas medicinales se recomienda cuando, existen pocas plantas nativas, las plantas nativas tienen una distribución muy dispersa, son inaccesibles (recolección de plantas en áreas montañosas y geográficamente muy accidentadas o recolección de hojas de árboles muy altos), hay necesidad de mejorar el contenido de los principios activos, solamente una especie presenta alto contenido de constituyentes de interés; el cultivo produce una mayor productividad y un mayor contenido de los constituyentes de la planta debido a las buenas prácticas de agricultura, mejores condiciones del suelo y mejor control de plagas y las enfermedades, el cultivo permite un mejor y más rápido procesamiento de la planta recolectada, como el secado y el empaque, o cuando las primeras etapas de la extracción deben hacerse en el lugar de recolección, existe una gran demanda en el mercado.

El establecimiento de un cultivo de plantas medicinales puede involucrar la domesticación de las especies nativas de la región que tienen uso en la medicina popular y que poseen una acción farmacológica confirmada en estudios científicos. Puede involucrar también, la introducción y la aclimatación de plantas exóticas, con acción farmacológica comprobada, originaria de otras regiones o, incluso, de otros continentes. En ambos casos, la experimentación agronómica debe acompañarse de un estudio fitoquímico.

El seguimiento fitoquímico tiene como base el análisis cualitativo y cuantitativo de los principios activos de la planta y la detección de sustancias indeseables.

Las plantas medicinales se diferencian de los demás productos agrícolas. Mientras en un cultivo tradicional de plantas alimenticias la productividad es medida por la cantidad producida en una determinada área, en un cultivo de plantas medicinales lo más importante es la cantidad de principios activos presentes en la planta, o sea que la productividad es medida multiplicando la cantidad de materia vegetal producido por el contenido de los principios activos y expresando el resultado en cantidad de principios activos producidos por unidad de área.

1.5.8.2 Recolección

Para cada planta medicinal existe un momento adecuado para realizar su recolección. La determinación de los principios activos permite establecer con exactitud el tiempo correcto de la recolección. Sin embargo, para las plantas cuyos principios activos todavía no se conocen, pueden aplicarse algunas reglas generales.

Las plantas herbáceas y las hojas deben recolectarse cuando se inicia la floración. Algunas plantas permiten más de un corte. A veces, cuando hay períodos secos y lluviosos muy definidos, la recolección de hojas se hace durante el período seco, lo que permite que la planta se regenere durante el período de lluvias.

Los períodos de sequía y de lluvia influyen en el contenido de los principios activos. Por ejemplo, el contenido de los alcaloides disminuye después de las lluvias y el de los aceites esenciales aumenta. El contenido de los aceites esenciales disminuye después de la época seca. El contenido de los principios activos varía según el período del día.

En general, los glicósidos alcanzan su mayor concentración en la tarde, mientras los aceites esenciales alcanzan su máxima concentración alrededor del mediodía, a excepción de la manzanilla (*Matricaria recutita*), que alcanza durante la noche la máxima concentración y una calidad mejor de su aceite esencial.

1.5.8.3 Procesamiento post cosecha

El procesamiento post cosecha tiene como objetivo la conservación de las características físicas, químicas, organolépticas y farmacológicas de la droga vegetal. Un procesamiento post cosecha inadecuado da como resultado una materia prima de baja calidad, con pérdida de principios activos, así como un aumento de la carga microbiana y una pésima presentación comercial.

Las pérdidas de principios activos involucran: degradación por procesos metabólicos, hidrólisis de los compuestos, descomposición por la luz, descomposición enzimática, degradación de las sustancias termolábiles debido al calor, volatilización de los aceites esenciales, y contaminación por hongos y bacteria

La etapa más importante del procesamiento post cosecha es, sin duda, el secado. La industria utiliza plantas secas, lo cual facilita su conservación por períodos de tiempo prolongados.

El contenido de humedad de las plantas frescas varía de 60% a 80%. El proceso de secado reduce este contenido a 5-12%. Según el órgano de la planta, las pérdidas de peso durante el secado son, hojas 20-75 %, corteza 40-65%, tallo 30-70%, raíces 25-80%, flores: 15-80%.

El secado interrumpe los procesos de degradación causados por enzimas o fermentos, impide el desarrollo de microorganismo y las reacciones de oxidación y de hidrólisis. Sin embargo, como este proceso involucra calor, pueden presentarse pérdidas de aceites esenciales y de sustancias volátiles, así como el riesgo de degradación de las sustancias termolábiles. La mayoría de las plantas medicinales pueden ser secadas a temperaturas que varían entre 30°C y 60°C. Las plantas que contienen aceites esenciales o sustancias volátiles deben ser secadas a temperaturas inferiores a 40°C. Debe garantizarse una buena circulación de aire para facilitar el proceso de secado (Sharapin, 2000).

La manera como va a ser realizado el secado debe determinarse experimentalmente para cada caso. Un secado lento puede causar alteraciones perjudiciales antes que el proceso se haya terminado, por la acción de las enzimas, los hongos y las bacterias. Un proceso de secado muy rápido endurece la capa superficial de las células e impide la evaporación del agua que está dentro del órgano lo que propicia la acción de enzimas en su interior, causa la volatilización de los aceites esenciales originando productos con una pésima presentación comercial.

El proceso de secado puede ser realizado al sol o a la sombra, extendiendo la planta en capas finas, en una superficie limpia. Sin embargo, este proceso no permite un control de la temperatura y debe interrumpirse cuando comienza a anochecer, recogiendo las plantas y guardándolas en un local cubierto, para impedir la absorción de la humedad durante la noche. Los mejores resultados se obtienen utilizando secadores solares o secadores que operan con aire caliente.

1.5.8.4 Almacenamiento

Por grandes que hayan sido los cuidados durante la recolección y el proceso de secado, las plantas pierden principios activos por degradación durante el almacenamiento. La conservación de la materia prima vegetal por períodos prolongados de tiempo depende de las condiciones de almacenamiento; las condiciones apropiadas impiden que el producto tenga contacto con el sol, el polvo, los roedores, los insectos y otros factores de degradación impidiendo la pérdida de principios volátiles.

El material puede ser guardado en sacos de fique o en fardos prensados. El uso de sacos de plástico debe evitarse porque estos no permiten una ventilación apropiada. Los sacos deben etiquetarse y constar en la etiqueta el nombre científico de la planta y la parte usada, la fecha de ingreso, el nombre del proveedor, el origen y la aprobación dada por el control de calidad.

El lugar en donde se va a realizar el almacenamiento debe ser limpio, sin incidencia de la luz solar directa. Los empaques que contienen las materias primas no deben colocarse directamente en el suelo, deben ser colocadas en estantes. El recinto debe tener cortinas o mallas en las ventanas para impedir la entrada de insectos y el lugar debe poseer buena ventilación y baja humedad. Se debe impedir la entrada de aves y se debe eliminar sus nidos y tener precaución para no permitir la presencia de roedores.

1.5.8.5 Molienda

La molienda tiene como objetivo la disminución del tamaño de las partículas de la droga vegetal para adecuarla a la etapa siguiente del proceso de extracción.

La extracción de una droga entera o dividida en fragmentos gruesos sería incompleta, por la pobre penetración del disolvente en el tejido vegetal, y sería igualmente muy lenta, una vez que las membranas celulares actúan como verdaderas barreras que dificultan el proceso de extracción.

En el caso de la droga previamente dividida, tales membranas se encuentran parcialmente destruidas, lo que facilita la disolución de los constituyentes celulares en el líquido externo. Sin embargo, la división excesiva, con formación de polvos muy finos, puede causar problemas en el transcurso de la extracción.

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

El grado de trituración para cada planta se debe aprender por experiencia. Es claro que el material 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 golpes bruscos de martillos.

La mayor parte del aceite esencial crudo fácilmente extraíble proviene de las células que se rompen durante los procesos de trituración, cocción, presión, y laminado, el cual es obtenido por disolución; la fracción más difícil de extraer proviene de las células enteras o parcialmente rotas y es el obtenido por difusión.

1.5.9 Factores que afectan el rendimiento de los aceites

Entre los factores que intervienen directamente en el rendimiento de la producción de aceites esenciales crudos se pueden enumerar los siguientes:

1.5.9.1 Tipo de materia prima

Se refiere a las características genéticas de la planta, ya que existe diferencia aún dentro de las diferentes familias; además la materia prima también está influida por el lugar y la época de producción, por la maduración o edad de la planta, de las hojas y por la limpieza en el corte, enfermedades de la planta, etc.

1.5.9.2 Tiempo de secado

Dependiendo de este tiempo de secado, la planta tendrá más o menos cantidad de agua por lo que el rendimiento se ve influido.

1.5.9.3 Tamaño de partícula

El área de transferencia y la cantidad de compartimientos abiertos depende de ese factor, así como el flujo de vapor en los métodos de arrastre con vapor.

1.5.9.4 Tiempo de extracción

Se refiere al tiempo del proceso de extracción, en el cual el aceite de la planta es extraído gradualmente.

1.5.9.5 Método de extracción

Se refiere al tipo de método utilizado.

1.5.9.6 Características del equipo de extracción

Tamaño del equipo, material de construcción.

1.5.9.7 Características de los flujos

Se refiere a la cantidad de materia prima utilizada, el volumen y la pureza del disolvente utilizado, la cantidad de agua o vapor utilizado, su temperatura y presión.

1.5.10 Tratamiento de los aceites esenciales crudos

Los aceites esenciales crudos contienen impurezas suspendidas y apreciables contenido de mezclas, las cuales degradan su calidad.

La presencia de impurezas afecta el almacenamiento, calidad del aceite y acelera la polimerización. Para la eliminación de humedad se deben adicionar agentes secantes como el sulfato de sodio, permaneciendo el aceite por varias horas, pasando luego por filtración.

Los aceites esenciales crudos son frecuentemente rectificadas para remover los constituyentes indeseables. Para evitar la degradación del aceite esencial crudo se destila al vacío.

Los tres principales peligros a que están sometidos los aceites esenciales crudos son: el aire, la luz y el calor. El oxígeno del aire tiene un efecto oxidante sobre los aceites almacenados, mientras que la luz también afecta el color y la fragancia de los aceites, según la mayoría de los autores, probablemente por polimerización. El calor actúa como catalítico acelerando estos procesos indeseables.

El agua, el aire y la luz deben ser excluidos al máximo al almacenar aceites esenciales. Los recipientes deberán estar completamente llenos y herméticamente cerrados (Sharapin, 2000).

1.5.11 Análisis del aceite esencial

El análisis químico de los extractos de plantas es muy importante en el control de la calidad. Después que la identidad del material inicial ha sido establecida, la investigación cuantitativa y cualitativa puede empezarse.

Este análisis debe envolver preferiblemente alguna clase de método cromatográfico. La calidad del extracto de la planta puede ser dada como una huella digital en el cromatograma (aceites esenciales crudos) en el caso de que los componentes principales no sean conocidos o demasiados complejos (Sharapin, 2000).

Entre las propiedades físicas que se analizan para los aceites esenciales están la gravedad específica, el índice de refracción, solubilidad entre otros.

1.5.11.1 Cromatografía en fase gaseosa

La cromatografía en fase gaseosa es una técnica que permite la separación de sustancias volatilizables. La separación tiene como base la distribución diferencial de las sustancias entre una fase estacionaria, sólida o líquida, y una fase móvil (gaseosa).

La muestra es introducida en una columna que contiene la fase estacionaria, a través del sistema de inyección. Temperaturas apropiadas en el sitio de la inyección y en la columna, posibilitan la volatilización de los componentes de la muestra los cuales, de acuerdo con sus propiedades y las de la fase estacionaria, son retenidos por tiempos variables y llegan al final de la columna en tiempos diferentes. Un detector adecuado, a la salida de la columna, permite la detección y la cuantificación de las sustancias.

La cromatografía en fase gaseosa es una técnica de análisis que ofrece resoluciones excelentes, con sensibilidad del orden de miligramos a picogramos. Los resultados son cuantitativos y se obtienen en un espacio de tiempo relativamente corto. Las desventajas son: los componentes de las muestras deben ser estables a la temperatura de operación, las muestras tienen que ser volátiles; es necesario hacer un tratamiento preliminar de las muestras, lo que convierte el proceso en difícil y complejo, además que su eficacia no es muy alta, como técnica para las identificaciones cualitativas.

La salida de las sustancias de la columna es registrada bajo la forma de picos que deben ser simétricos y sin superposición. La asimetría y la sobreposición indican una separación defectuosa. Los picos asimétricos pueden indicar fallas en la inyección, un exceso de la muestra, o pérdida de la eficiencia de la fase estacionaria.

La eficiencia del proceso se mide en términos de platos teóricos (un plato teórico equivale a una etapa del equilibrio de la sustancia entre las fases). La mayor eficiencia se traduce en la obtención de picos estrechos.

1.5.11.2 Cromatografía gas-líquido

En la cromatografía de gas líquido, se prepara una columna que contiene un soporte inerte (tubo largo) recubierto con una fase líquida estacionaria. La fase en movimiento es un gas inerte, normalmente helio, aunque a veces se usa el argón y el nitrógeno. La mezcla de muestra se introduce en al corriente de gas y, por tanto, dentro de la columna. El inyector, la columna y los detectores normalmente se calientan. El proceso de migración diferencial está gobernado por la partición del soluto entre la fase gaseosa en movimiento y la fase líquida estacionaria. Por tanto la velocidad de transporte para un soluto a través de una columna depende de la velocidad de flujo del gas transportador, de la temperatura y de la fase líquida estacionaria. Hay un gran número de choques entre la fase en movimiento y la fase estacionaria para cada molécula de soluto, con el resultado de que aun los compuestos que son casi idénticos pueden ser separados.

La fase móvil debe tener bajo costo, ser compatible con el detector y tener alta pureza. Para dar mayor reproducibilidad al análisis, la saturación del gas debe ser constante y debe ser controlada a través de válvulas de gas. La inyección se realiza generalmente con microjeringas que contienen la muestra. El volumen inyectado no debe superar la capacidad de la columna, y entre más pequeño sea el volumen usado de la muestra mayor será la eficiencia y la reproducibilidad del análisis. La temperatura aplicada debe ser suficiente para la volatilización de la muestra.

La eficiencia de una columna para separar especies casi idénticas, se expresa en función de su AEPT (altura equivalente a un plato teórico). La AEPT para una columna en particular es la región de la columna, expresada en unidades de longitud, en la cual ocurre un equilibrio entre la fase en movimiento o gaseosa y la fase estacionaria. Mientras más pequeña sea la AEPT, la columna es más eficiente.

Los materiales más usados en una columna son el cobre, el acero, el aluminio, el vidrio y el teflón. Las columnas se clasifican en empacadas y capilares, y generalmente tienen formas espiraladas, de acuerdo con el equipo. Las columnas capilares son de menor diámetro y más larga y deben poseer estabilidad de la fase estacionaria sobre la pared o soporte de la columna, además de la estabilidad fisicoquímica.

Las columnas capilares son las más utilizadas porque presentan mejor eficiencia en la separación ya que proporcionan un número mayor de platos teóricos. Estas columnas permiten la aplicación de una menor presión en el sistema. Una mayor longitud da como resultado mayor rapidez en los análisis y mejor resolución de los picos, con un menor volumen de la muestra inyectada.

En la Figura 2 se describen los componentes básicos de un cromatógrafo de gas. Una gran variedad de detectores diferentes se usan en la cromatografía gas-líquido, aunque el más común es el detector de conductividad térmica. Los dos lados del detector, una referencia y una muestra, forman los dos brazos del puente de Wheatstone. Como sólo gas transportador está pasando a través de los dos lados, el puente se encuentra balanceado.

Con el paso adicional de algún otro gas, además del gas transportador por un lado del detector, la conductividad térmica de ese lado cambia y el puente queda fuera de balance. La señal de desbalanceo se amplifica y se alimenta a un registrador gráfico (Sharapin, 2000).

1.5.11.3 Análisis cualitativo

La identificación de la naturaleza química de los componentes de la muestra es obtenida por la comparación de los tiempos de retención de un patrón y el de la muestra, acompañadas de técnicas auxiliares, como el infrarojo (IR), ultravioleta (UV) y visible, resonancia magnética nuclear (RMN) y espectrometría de masas, acopladas a la salida del detector.

La cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masa (CG-MS) permite la identificación de casi todos los compuestos en el orden de microgramos. Esta técnica asocia la separación cromatográfica en la fase gaseosa a una detección extremadamente sensible y específica de la espectrometría de masas. De esta manera, los compuestos separados por CG son transferidos al espectrómetro de masas por el gas que se disociará en fragmentos iónicos que serán analizados de manera cualitativa. Se obtiene un espectro de masa característico de la sustancia fragmentada que permite su identificación a partir de la comparación con una base de datos espectrales. El cromatógrafo generalmente es de columna capilar para la reducción de la presión en la cámara de ionización (1-5 ml/min), y posee una interfase de tipo conexión directa o de divisor abierto, para la conexión de los dos sistemas, la cual tiene como función concentrar y separar las moléculas de la muestra del gas de arrastre y de la fase móvil.

La cámara de ionización funciona al calor y al vacío y la ionización de la muestra se produce por ionización química o por el impacto de electrones, llegando al sistema de detección de los iones para la interpretación de los resultados.

Algunas interfaces son de tipo de separadores moleculares, utilizados con columnas empacadas en las cuales se trabaja con presiones mayores. En este caso las moléculas de gas se desvían ya que poseen una masa menor y las moléculas de las sustancias separadas entran al sistema de vacío del espectrómetro de masas de ionización (Sharapin, 2000).

1.6 Laurel

1.6.1 Nombre

El nombre completo de las tres especies de laurel que hay en Guatemala son los siguientes: *Litsea glaucescens* HBK., *Litsea guatemalensis* Mez., *Litsea neesiana* (Schauer) Hemsl.

1.6.2 Sinonimias

Litsea acuminatissima Lundell, *Litsea matudau* Lundell; *Tetranthera glaucescens* var. *subsolitaria* Maissn.

1.6.3 Otros nombres populares

Aguarel, laurelillo, dpac-tzé, sufricalla, zit-zuch.

1.6.4 Descripción botánica

Litsea glaucescens es un árbol de 3-12 m de alto, ramas glabras. Hojas coriáceas, peciolo 18 mm de largo, lanceoladas, peninervadas. Inflorescencia en racimos axilares, 4-9 flores unisexuales. Fruto en drupa, negro, 7-9 mm de diámetro, rodeado por una cúpula.

Litsea guatemalensis es un árbol pequeño hasta 6 m de alto, ramas delgadas, cafés. Hojas coriáceas, peciolo 1.5 cm de largo, elíptico-lanceoladas, 8 cm de largo, agudas en la base, lustrosas, glabras. Flores axilares, pedúnculo simple, solitarias, 15 mm de largo, 5-11 flores; brácteas de involucreo deciduo; filamentos glabros (Cáceres, 1996).

1.6.5 Hábitat

Litsea glaucescens es nativo de México a Centro América; en Guatemala se ha descrito en Alta Verapaz, Baja Verapaz, Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos y Zacapa. *Litsea guatemalensis* es endémico de Guatemala, crece en bosques abiertos de pino y matorrales de 1500-3150 msnm; se ha descrito en Chimaltenango, Guatemala, Jalapa, Sacatepéquez y Sololá (Cáceres, 1996).

1.6.6 Historia

Género de más de 100 especies, unas 12 de América, en Guatemala se han descrito tres especies nativas que se usan indistintamente como laurel (*Litsea glaucescens*, *Litsea neesiana* y *Litsea guatemalensis*). Hernández en 1790 la menciona con el nombre nahuatl *Ecapátlli* o medicina del viento y describe alguna de sus propiedades medicinales.

Las hojas de las tres especies tienen olor muy parecido al del laurel europeo (*Laurus nobilis*), “porque tienen componentes químicos en común entre ellos se encuentra el terpinen-4-ol” (Tucker, 1992), atribuyéndole propiedades similares. El laurel europeo se cultiva y usa medicinalmente desde los griegos y romanos; sus hojas eran las guiraldas que se daban a los ganadores de las olimpiadas (Cáceres, 1996).

1.6.7 Agricultura

Se obtiene principalmente por recolección en los campos de crecimiento silvestre en las regiones frías y montañosas del altiplano del país. Si bien es una planta relativamente frecuente en el país, raramente se encuentra en forma abundante en una localidad determinada. Se recomienda su conservación o cuando menos su manejo en las regiones de crecimiento silvestre. Se propaga por semilla, no existen cultivos establecidos en el país. Florea de febrero a junio, las hojas y flores se colectan hacia finales de la floración y se secan a la sombra.

En cuanto a *Laurus nobilis*, se propaga con dificultad por semillas o estacas que enraizan a las 6-9 meses. Las hojas se colectan en la mañana en cualquier época del año, se secan a la sombra durante 12-15 días con algún peso encima para que no se arruguen.

1.6.8 Usos medicinales atribuidos

Para su uso por la población se usan indistintamente las tres especies.

El cocimiento de hojas por vía oral se usa para el tratamiento de afecciones respiratorias (amigdalitis, males de la garganta, tos, tos ferina) y gastrointestinales (diarrea, cólico, úlcera), carencia de leche en la madre e hinchazón; por vía tópica se usa en lavado y baños para cansancio y epilepsia.

El cocimiento de la corteza se usa para tratar mordeduras de culebras y de perros. Tópicamente se usa en lavados y baños para cansancio, úlceras, piernas hinchadas y epilepsia; en sahumeros se usa para parálisis.

Se le atribuye propiedad aromática, antiséptica, astringente, balsámica, carminativa, emenagoga, emoliente, estimulante, espamolítica, febrífuga y pectoral (Cáceres, 1996).

1.6.9 Otros usos populares

Las hojas aromáticas son muy empleadas como condimento en la preparación de platillos como sopas, guisos y repostería, se usa en forma similar a *Laurus nobilis*. De las hojas se extrae un aceite etéreo con aplicación en la industria de cerveza y salchichas.

1.6.10 Farmacología

Estudios antifúngicos demuestran que la tintura de hojas de *Litsea guatemalensis* tiene moderada actividad contra *C. albicans* que no se confirmó; el extracto presenta actividad insecticida contra hormigas.

Estudios farmacológicos demuestran que la infusión de hojas de *Litsea glaucescens* no tienen actividad espasmolítica en dosis de 15 g/kg en duodeno aislado de rata (Cáceres, 1996).

1.6.11 Composición química

Se encuentra muy poca información sobre la composición química de las tres especies endémicas del país. Por su olor característico similar a *Laurus nobilis*, se asume que tiene un aceite esencial rico en derivados terpénicos y glicéridos de los ácidos láurico, oleico, palmítico y linoléico. El tamizaje fitoquímico de *Litsea guatemalensis* indica: alcaloides cuaternarios y no cuaternarios, saponinas, esteroides insaturados, cardenólidos, bufadienólicos, quercitina, estibina y taraxon; el aceite esencial contiene limoneno y citral. El aceite esencial de *Litsea glaucescens* contiene 1,8-cineol (22%), sabineno (13%), terpinen-4-ol (10%), γ -terpineno (9%), acetato de α -terpinilo (7%), acetato de nerilo (7%), α -pineno (5%) y β -pineno (4%).

El análisis proximal de 100 g de hojas de *Laurus nobilis* contiene: 188 calorías, agua (45.2 g), proteínas (4.2 g), grasa (1.2 g), carbohidratos totales (47.1 g), fibra (4.6 g), ceniza (2.3 g), calcio (187 mg), fósforo (70 mg), hierro (5.3 mg), carotenos (1050 μ g), tiamina (0.01 mg), riboflavina (0.21 mg), niacina (1.3 mg) y ácido ascórbico (46 mg). (Cáceres, 1996)

1.6.12 Farmacognosia

La materia médica son las hojas secas, las que deben tener las características botánicas, fisicoquímicas y organolépticas que caracterizan a la especie oficial. El aceite esencial de *Litsea glaucescens* tiene el olor característico pero difiere en su composición química, contiene 10 compuestos más que *Laurus nobilis* y hay 17 compuestos comunes a ambos.

La presencia de limoneno en el aceite esencial reduce la dismenorrea por inhibición de la biosíntesis de prostaglandina (Cáceres, 1996).

1.6.13 Toxicología

No se encuentran referencias sobre la toxicidad de las tres especies nativas (Cáceres, 1996).

1.6.14 Indicaciones terapéuticas

Por su similitud organoléptica con *Laurus nobilis* y su uso popular en alimentación y medicina, está indicado en el tratamiento de anorexia, digestión lenta, espasmo gastrointestinal, meteorismo y bronquitis crónica. Se recomienda administrar tres veces al día en dosis de 1-2 g /taza en infusión o 1-2 ml de tintura 1:8 con etanol 35%.

Para uso tópico se recomienda la decocción de 5 hojas / taza en el tratamiento de estomatitis, faringitis y sinusitis, usada como colutorio, gargarismo o compresa; en alcoholato o pomada se usa como antirreumático, pediculicida y parasiticida (Cáceres, 1996).

2. METODOLOGÍA

2.1 Ubicación

2.1.1 Lugares de obtención de la materia prima

Se consultaron los Herbarios BIGU en la Escuela de Biología, USAC y Aguat en la Facultad de Agronomía, USAC.

	Especie 1	Especie 2
Región	<i>Litsea guatemalensis</i>	<i>Litsea glaucescens</i>
n		
1	Parramos, Aldea San Bernabé Tictac, Chimaltenango.	Finca El Hato, San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez.
2	FUNCEDESCRI Km.26 ½, San Lucas, Sacatepéquez.	FUNCEDESCRI Km.26 ½, San Lucas, Sacatepéquez.
3	La Joya del Aguacate, San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez.	Finca Los Cimientos, Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz.

2.1.2 Secado de la planta

Se llevó a cabo en el secador solar de la Facultad de Agronomía, USAC.

2.1.3 Extracción del aceite esencial

Se realizó en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales (LIPRONAT), de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

2.1.4 Análisis del aceite esencial

2.1.4.1 Físicoquímicos

El índice de refracción, la densidad y solubilidad, se realizaron en el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), Sección Química Industrial, Facultad de Ingeniería, USAC.

2.1.4.2 Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM)

Se realizó en el Departamento de Toxicología de la Facultad de Farmacia, USAC.

2.2 Recursos humanos

- Desarrollo del proyecto: Cinthya Patricia Ortiz Quiroa
- Asesora: Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
- Coasesor: Dr. Armando Cáceres

2.3 Recursos materiales

Cada una de las corridas requirió:

- 70 g de laurel.
- 500 ml de agua.
- Pentano para recoger el aceite.
- Etanol para limpiar el equipo.
- Agua para la circulación en el refrigerante del equipo neoclevenger.

2.4 Equipo y cristalería

- Secador solar
- Molino
- Equipo neoclevenger (Figura 3)
- Rotaevaporador
- Balanza analítica
- Manto de calentamiento
- Bombas hidráulica y de vacío
- Soportes y pinzas para asegurar el neoclevenger
- Refractómetro
- Picnómetro
- Tamices No.5, 10,12.
- Balón de 1000 ml
- Piseta
- Micropipetas con bulbo de caucho
- Viales
- Cronómetro

2.5 Procedimiento

2.5.1 Preparación de la materia prima

- Secar la materia prima de los diferentes lugares de recolección hasta tener peso constante.
- Moler la materia prima.
- Tamizar la planta molida.

2.5.2 Obtención del aceite esencial

- Lavar las secciones del neoclevenger con etanol y agua.
- Para cada corrida colocar laurel en el balón de 1000 ml.
- Agregar agua al balón hasta la mitad de su volumen, tratando de humedecer todo el material vegetal.
- Acoplar el balón que contiene el material vegetal con el neoclevenger.
- Colocar agua en la región de la descarga del neoclevenger, hasta el nivel que conecta con el balón que contiene al vegetal.
- Agregar 4 ml de pentano sobre el agua en la sección de descarga, como trampa para retener el aceite.
- Poner en funcionamiento la bomba hidráulica para recircular el agua del condensador del neoclevenger; es recomendable mantener el agua a una temperatura en el rango de 10-15°C.
- Transferir calor al balón de 1000 ml con el manto de calentamiento conectada a su máxima temperatura, hasta que se inicie la ebullición.

- Iniciada la ebullición, cronometrar el tiempo de destilación, para evitar que el material vegetal se proyecte hacia el interior del neoclevenger, es recomendable disminuir la transferencia de calor colocando el nivel de calentamiento en la marca 6 del manto de calentamiento.
- Permitir que destile por el tiempo establecido (2 horas).
- Completado el tiempo de destilación, suspender el calentamiento y permitir que termine de producirse el condensado.
- Recoger la fase pentano-aceite por la región de descarga del neoclevenger, en un balón de 100 ml completamente seco y que pueda adaptarse al rotaevaporador.
- Agregar pentano al neoclevenger por la región de descarga para recuperar el aceite que podría haber quedado adherido a las paredes del equipo, recuperándolo con el balón que contiene la fase pentano-aceite.
- Acoplar el balón que contiene la fase pentano-aceite al rotaevaporador y eliminar el pentano con vacío y una temperatura en el baño maría de 40° C, hasta que no se observe destilación de pentano.
- Establecer la masa de un vial.
- Con ayuda de una micropipeta transferir el aceite del balón al vial.
- Establecer nuevamente la masa del vial, pero ahora conteniendo el aceite recuperado, y finalmente por diferencia determinar la masa del aceite obtenido en la destilación.

2.5.3 Gravedad específica

Para este análisis se utiliza el picnómetro. Teniendo el picnómetro perfectamente limpio y seco se pesa. Se toma nota del peso. Llenar el picnómetro hasta el borde con agua destilada, y colocar el termómetro-tapadera. Colocar la tapadera del canal lateral. Secar perfectamente y pesar. Vaciar el picnómetro y secar, llenar con la muestra y pesar. Se calcula la densidad dividiendo el peso en gramos dentro del volumen del picnómetro. La gravedad específica se calcula dividiendo la densidad de la muestra entre la densidad calculada del agua a la misma temperatura.

2.5.4 Índice de refracción

Las muestras de aceite se filtran a través de papel filtro para eliminar cualquier impureza y las trazas de humedad, el aparato a utilizar es el refractómetro.

2.5.5 Porcentaje de humedad de las hojas frescas

Este se determina por medio del secado de la planta fresca en un horno a una temperatura máxima de 40°C.

2.5.6 Miscibilidad en etanol

Se estudia en alcohol en una determinada graduación. Este se añade a razón de 0.5 ml sobre una muestra de 1 ml de esencia, observando el comportamiento de esta última.

Según la Farmacopea Europea (Real Farmacopea Española, 1997), para un alcohol de una graduación dada, el aceite esencial puede ser soluble, soluble con enturbiamiento al diluir, soluble con enturbiamiento entre n_1 y n_2 volúmenes, o bien soluble con opalescencia. Es además una técnica muy sencilla para detectar adulteraciones provocadas por el agregado de aceites vegetales o minerales, que son insolubles en alcohol (Bandoni, 2003).

2.6 Diseño experimental

El experimento realizado fue unifactorial, con tres niveles del factor de tres repeticiones cada uno. Se tienen dos especies de laurel de tres diferentes lugares cada una (3 lugares X 3 repeticiones), haciendo 9 tratamientos por especie siendo un total de 18 tratamientos para las dos especies.

En cada experimento la masa de vegetal fue de 70 g. y el tiempo de destilación de 2 horas. El diseño experimental consideró un arreglo con distribución aleatorizada.

2.7 Análisis estadístico

Se seleccionaron muestras aleatorias de tamaño n de cada una de las k poblaciones. Las k diferentes poblaciones se clasificaron sobre la base de un criterio único tal como el de tratamientos o grupos diferentes. El término tratamiento se utiliza generalmente para referirse a las diferentes clasificaciones, en este caso se refiere a regiones diferentes de un país.

El análisis de variancia permitió probar la hipótesis con respecto a los tratamientos y hacer una estimación de ellos.

Sea y_{ij} la j -ésima observación del tratamiento i -ésimo y se ordenan los datos como aparece en la tabla I. Aquí, T_i es el total de todas las observaciones en la muestra correspondiente al i -ésimo tratamiento, $\bar{y}_{i\cdot}$ es la media de todas las observaciones en la muestra en el i -ésimo tratamiento, $T_{..}$ es el total de las nk observaciones y \bar{y}_{\cdot} la media de todas las nk observaciones (Walpole, 1992).

Tabla I. k muestras aleatorias (Walpole, 1992)

	Tratamiento						
	1	2	...	i	...	k	
	y_{11}	y_{21}	...	y_{i1}	...	y_{k1}	
	y_{12}	y_{22}	...	y_{i2}	...	y_{k2}	
	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots	
	y_{1n}	y_{2n}	...	y_{in}	...	y_{kn}	
Total	$T_{1\cdot}$	$T_{2\cdot}$	...	$T_{i\cdot}$	...	$T_{k\cdot}$	$T_{..}$
Media	$\bar{y}_{1\cdot}$	$\bar{y}_{2\cdot}$	...	$\bar{y}_{i\cdot}$	...	$\bar{y}_{k\cdot}$	\bar{y}_{\cdot}

Tabla II. Análisis de variancia para la clasificación en una dirección. (Walpole, 1992)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Tratamientos	SSA	$k - 1$	$s_1^2 = \frac{SSA}{k - 1}$	$\frac{s_1^2}{s^2}$
Error	SSE	$k(n - 1)$	$s^2 = \frac{SSE}{k(n - 1)}$	
Total	SST	$nk - 1$		

Las fórmulas para el cálculo de la suma de cuadrados para muestras de iguales tamaños son las siguientes:

$$SST = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{T_{..}^2}{nk} \quad [\text{Ec. 1}]$$

$$SSA = \frac{\sum_{i=1}^k T_i^2}{n} - \frac{T_{..}^2}{nk} \quad [\text{Ec.2}]$$

$$SSE = SST - SSA \quad [\text{Ec.3}]$$

2.8 Análisis de la hipótesis

El análisis de la hipótesis se presenta en forma resumida en las siguientes tablas:

Tabla III. Análisis de decisión al comparar las tres regiones de las dos especies de laurel.

Especie	<i>Litsea guatemalensis</i>	<i>Litsea glaucescens</i>
Parámetro	$f_c > f_t$	$f_c > f_t$
% Rendimiento	Verdadero. Se rechaza H_0 , se acepta H_1 .	Verdadero. Se rechaza H_0 , se acepta H_1 .
Densidad	Verdadero. Se rechaza H_0 , se acepta H_1 .	Verdadero. Se rechaza H_0 , se acepta H_1 .
Índice de refracción	Falso. Se acepta H_0 .	Falso. Se acepta H_0 .

Fuente: Tabla XCVII, Resultados

Tabla IV. Análisis de decisión al comparar entre regiones el porcentaje de rendimiento del aceite esencial de laurel de las dos especies.

Especie	<i>Litsea guatemalensis</i>	<i>Litsea glaucescens</i>
Regiones	$f_c > f_t$	$f_c > f_t$
R1 y R2	Falso. Se acepta H_0 .	Verdadero. Se rechaza H_0 , se acepta H_1 .
R1 y R3	Falso. Se acepta H_0 .	Verdadero. Se rechaza H_0 , se acepta H_1 .
R2 y R3	Verdadero. Se rechaza H_0 , se acepta H_1 .	Verdadero. Se rechaza H_0 , se acepta H_1 .

Litsea guatemalensis, R1: Parramos, Chimaltenango. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez. *Litsea glaucescens*, R1: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz. Fuente: Tabla XCIV, Resultados.

Tabla V. Análisis de decisión al comparar entre regiones la densidad del aceite esencial de laurel de las dos especies.

Especie	<i>Litsea guatemalensis</i>	<i>Litsea glaucescens</i>
Regiones	$f_c > f_t$	$f_c > f_t$
R1 y R2	Falso. Se acepta Ho.	Verdadero. Se rechaza Ho, se acepta H ₁ .
R1 y R3	Verdadero. Se rechaza Ho, se acepta H ₁ .	Verdadero. Se rechaza Ho, se acepta H ₁ .
R2 y R3	Falso. Se acepta Ho.	Falso. Se acepta Ho.

Litsea guatemalensis, R1: Parramos, Chimaltenango. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez. *Litsea glaucescens*, R1: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz. Fuente: XCV, Resultados.

Tabla VI. Análisis de decisión al comparar entre regiones el índice de refracción del aceite esencial de laurel de las dos especies.

Especie	<i>Litsea guatemalensis</i>	<i>Litsea glaucescens</i>
Regiones	$f_c > f_t$	$f_c > f_t$
R1 y R2	Falso. Se acepta Ho.	Falso. Se acepta Ho.
R1 y R3	Falso. Se acepta Ho.	Falso. Se acepta Ho.
R2 y R3	Falso. Se acepta Ho.	Falso. Se acepta Ho.

Litsea guatemalensis, R1: Parramos, Chimaltenango. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez. *Litsea glaucescens*, R1: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz. Fuente: XCVI, Resultados.

3. RESULTADOS

Al comparar el porcentaje de humedad de las hojas frescas de laurel entre las dos especies se observa que la especie *Litsea guatemalensis* presentó el mayor valor promedio 53.56% (Tabla VII).

Al comparar el porcentaje de rendimiento del aceite esencial entre las dos especies se observa que la especie *Litsea glaucescens*, tiene el porcentaje de rendimiento más alto con valor de 1.3078% (Tabla X). También se determinó que el aceite esencial de laurel de las dos especies es miscible en etanol.

Por medio del análisis de variancia se determinó que tanto el porcentaje de rendimiento como la densidad del aceite esencial de las dos especies se ven afectados significativamente por el lugar de colecta, y el índice de refracción del aceite esencial de las dos especies no se ve afectado por el lugar de colecta.

Por medio de la cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM) se analizó la composición del aceite esencial, el cual identificó como componentes mayoritarios el 1,8 cineol y linalol para las dos especies; al comparar éstos datos con estudios realizados anteriormente se identificaron componentes no descritos previamente en el aceite esencial de laurel; para la especie *Litsea guatemalensis* se identificaron 14 componentes y para la especie *Litsea glaucescens* se identificaron 5 componentes. Los componentes del aceite esencial de laurel de las dos especies están compuestos en su mayoría por monoterpenos.

Tabla VII. Porcentaje de humedad de las hojas frescas de *Litsea guatemalensis*.

Muestra	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)
1	55.84	44.64	57.45
2	57.92	42.31	57.13
3	60.67	46.97	59.16
Media	58.14	44.64	57.91
Media total	53.56		

R1: Parramos, Chimaltenango. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez.
Fuente: Datos calculados.

Tabla VIII. Porcentaje de humedad de las hojas frescas de *Litsea glaucescens*.

Muestra	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)
1	51.35	50.03	42.02
2	51.13	50.91	40.54
3	49.45	49.75	41.84
Media	50.64	50.23	41.47
Media total	47.45		

R1: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz. Fuente: Datos calculados.

Tabla IX. Porcentaje de rendimiento del aceite esencial de *Litsea guatemalensis*.

Muestra	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)
1	0.8713	0.6459	1.120
2	0.8833	0.5586	1.059
3	0.8123	0.8084	0.901
Media	0.8556	0.6710	1.027
Media total	0.8511		

R1: Parramos, Chimaltenango. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez.
Fuente: Datos calculados.

Tabla X. Porcentaje de rendimiento del aceite esencial de *Litsea glaucescens*.

Muestra	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)
1	1.168	0.8387	1.996
2	1.369	0.7669	1.718
3	1.429	0.6629	1.822
Media	1.322	0.7561	1.845
Media total	1.3078		

R1: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz. Fuente: Datos calculados.

Tabla XI. Densidad del aceite esencial de *Litsea guatemalensis*.

Muestra	R1 (g/ml)	R2 (g/ml)	R3 (g/ml)
1	0.9000	0.8143	0.7571
2	0.8357	0.8000	0.7938
3	0.8563	0.8571	0.7889
Media	0.8640	0.8238	0.7799
Media total	0.8226		

R1: Parramos, Chimaltenango. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez. Fuente: Datos calculados.

Tabla XII. Densidad del aceite esencial de *Litsea glaucescens*.

Muestra	R1 (g/ml)	R2 (g/ml)	R3 (g/ml)
1	0.8688	0.7875	0.8188
2	0.8929	0.8357	0.8214
3	0.8625	0.8000	0.8333
Media	0.8747	0.8077	0.8245
Media total	0.8357		

R1: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz. Fuente: Datos calculados.

Tabla XIII. Índice de refracción del aceite esencial de *Litsea guatemalensis*.

Muestra	R1	R2	R3
1	1.5740	1.5740	1.5740
2	1.5740	1.5740	1.5740
3	1.5745	1.5740	1.5750
Media	1.5742	1.5740	1.5743
Media total	1.5742		

R1: Parramos, Chimaltenango. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez.
Fuente: Datos calculados.

Tabla XIV. Índice de refracción del aceite esencial de *Litsea glaucescens*.

Muestra	R1	R2	R3
1	1.5740	1.5735	1.5740
2	1.5740	1.5735	1.5740
3	1.5740	1.5745	1.5740
Media	1.5740	1.5738	1.5740
Media total	1.5739		

R1: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz. Fuente: Datos calculados.

Tabla XV. Miscibilidad en etanol del aceite esencial de laurel.

Especie	R1	R2	R3
<i>Litsea guatemalensis</i>	+	+	+
<i>Litsea glaucescens</i>	+	+	+

Litsea guatemalensis, R1: Parramos, Chimaltenango. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez. *Litsea glaucescens*, R1: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz. Fuente: Datos originales.

Tabla XVI. Componentes del aceite esencial de *Litsea guatemalensis* de la región 1.

No.	Componentes	R1		
		% Área	No. CAS	N. C (%)
1	1,8 cineol	53.24	470-82-6	99
2	linalol	14.97	78-70-6	96
3	nerolidol	7.70	7212-44-4	91
4	terpinen-4-ol	5.29	562-74-3	97
5	limoneno	3.71	138-86-3	98
6	α -pineno	2.87	80-56-8	97
7	trans-dihidrocarvona	2.73	5948-04-9	98
8	β -eudesmol	2.21	473-15-4	95
9	γ -terpineno	2.16	99-85-4	96
10	β -pineno	1.38	127-91-3	94
11	Borneol	1.30	507-70-0	91
12	p-cimeno	1.18	99-87-6	95
13	otros (sin identificar)	1.26	-	-

R1: Parramos, Chimaltenango. No. CAS: Número de registro. N.C: Nivel de confianza. Fuente: Datos originales.

Tabla XVII. Componentes del aceite esencial de *Litsea guatemalensis* de la región 2.

No.	Componentes	R2		
		% Área	No. CAS	N. C (%)
1	nerolidol	21.61	7212-44-4	91
2	limoneno	19.16	138-86-3	97
3	linalol	18.16	78-70-6	96
4	cis-dihidrocarvona	17.82	7764-50-3	98
5	β -eudesmol	3.42	473-15-4	94
6	α -pineno	2.67	80-56-8	95
7	canfeno	2.11	79-92-5	98
8	borneol	2.08	507-70-0	90
9	β -cariofileno	1.67	87-44-5	99
10	α -eudesmol	1.62	473-16-5	91
11	acetato de bornilo	1.13	76-49-3	98
12	carvona	1.06	99-49-0	97
13	1,8 cineol	1.06	470-82-6	98
14	trans-dihidrocarvona	0.89	5948-04-9	98
15	cis- α -bisaboleno	0.58	17627-44-0	93
16	β -pineno	0.20	127-91-3	93
17	otros (sin identificar)	4.76	-	-

R2: San Lucas, Sacatepéquez. No. CAS: Número de registro. N.C: Nivel de confianza. Fuente: Datos originales.

Tabla XVIII. Componentes del aceite esencial de *Litsea guatemalensis* de la región 3.

No.	Componentes	R3		
		% Área	No. CAS	N. C (%)
1	carvona	17.73	99-49-0	97
2	linalol	16.72	78-70-6	96
3	limoneno	14.74	138-86-3	98
4	cis-dihidrocarvona	8.02	7764-50-3	98
5	terpinen-4-ol	2.87	562-74-3	96
6	l-carvona	2.23	6485-40-1	97
7	borneol	2.15	507-70-0	90

8	β -cariofileno	1.89	87-44-5	99
9	α -pineno	1.57	80-56-8	93
10	γ -terpineno	1.48	99-85-4	96
11	cis- α -bisaboleno	1.17	17627-44-0	91
12	canfeno	0.94	79-92-5	98
13	1,8 cineol	0.88	470-82-6	98
14	óxido de linalol (2)	0.76	5989-33-3	90
15	β -eudesmol	0.66	473-15-4	90
16	otros (sin identificar)	5.45	-	-

R3: San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez. No. CAS: Número de registro. N.C: Nivel de confianza. Fuente: Datos originales.

Tabla XIX. Componentes del aceite esencial de *Litsea glaucescens* de la región 1.

No.	Componentes	R1		
		% Área	No. CAS	N. C (%)
1	1,8 cineol	62.60	470-82-6	99
2	linalol	8.23	78-70-6	96
3	nerolidol	5.92	7212-44-4	91
4	terpinen-4-ol	5.30	562-74-3	96
5	limoneno	4.62	138-86-3	97
6	α -pineno	3.07	80-56-8	95
7	γ -terpineno	3.00	99-85-4	97
8	l-carvona	2.50	6485-40-1	97
9	β -pineno	1.75	127-91-3	97
10	borneol	1.59	507-70-0	91
11	β -cariofileno	1.42	87-44-5	99

R1: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez. No. CAS: Número de registro. N.C: Nivel de confianza. Fuente: Datos originales.

Tabla XX. Componentes del aceite esencial de *Litsea glaucescens* de la región 2.

No.	Componentes	R2		
		% Área	No. CAS	N. C (%)
1	limoneno	39.88	138-86-3	98
2	nerolidol	19.52	7212-44-4	91
3	linalol	17.95	78-70-6	96
4	α -pineno	4.27	80-56-8	95
5	canfeno	3.24	79-92-5	98
6	borneol	2.35	507-70-0	94
7	acetato de bornilo	2.22	76-49-3	98
8	β -cariofileno	1.69	87-44-5	99
9	óxido de trans-linalol	1.49	34995-77-2	90
10	β -eudesmol	1.39	473-15-4	97
11	1,8 cineol	1.13	470-82-6	98
12	β -pineno	0.71	127-91-3	94
13	otros (sin identificar)	4.16	-	-

R2: San Lucas, Sacatepéquez. No. CAS: Número de registro. N.C: Nivel de confianza. Fuente: Datos originales.

Tabla XXI. Componentes del aceite esencial de *Litsea glaucescens* de la región 3.

No.	Componentes	R3		
		% Área	No. CAS	N. C (%)
1	1,8 cineol	44.76	470-82-6	99
2	linalol	29.77	78-70-6	96
3	acetato de α -terpinilo	11.44	80-26-2	91
4	terpinen-4-ol	4.23	562-74-3	97
5	γ -terpineno	2.20	99-85-4	97
6	α -pineno	2.19	80-56-8	96
7	acetato de bornilo	2.10	76-49-3	97
8	nerolidol	2.09	7212-44-4	91
9	otros (sin identificar)	1.22	-	-

R3: Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz. No. CAS: Número de registro. N.C: Nivel de confianza. Fuente: Datos originales.

Tabla XXII. Comparación y clasificación de los componentes del aceite esencial de *Litsea guatemalensis*.

	R1	R2	R3
Componentes	%Área	%Área	%Área
Monoterpenos oxigenados			
1,8-cineol	53.24	1.06	0.88
linalol	14.97	18.16	16.72
terpinen-4-ol	5.29	-	2.87
trans-dihidrocarvona	2.73	0.89	-
cis-dihidrocarvona	-	17.82	8.02
carvona	-	1.06	17.73
l-carvona	-	-	2.23
borneol	1.30	2.08	2.15
Total	77.53	41.07	50.60
Hidrocarburos monoterpénicos			
limoneno	3.71	19.16	14.74
α-pineno	2.87	2.67	1.57
γ-terpineno	2.16	-	1.48
β-pineno	1.38	0.20	-
canfeno	-	2.11	0.94
p-cimeno	1.18	-	-
Total	11.30	24.14	18.73
TOTAL DE MONOTERPENOS	88.83	65.21	69.33
Fracción sesquiterpénica			
nerolidol	7.70	21.61	20.21
β-cariofileno	-	1.67	1.89
cis-α-bisaboleno	-	0.58	1.17
Total	7.70	23.86	23.80
TOTAL	96.53	89.07	93.13
Otros			
β-eudesmol	2.21	3.42	0.66
α-eudesmol	-	1.62	-
acetato de bornilo	-	1.13	-
óxido de linalol (2)	-	-	0.76
Total	2.21	6.17	1.42
TOTAL IDENTIFICADOS	98.74	95.24	94.55
Sin identificar	1.26	4.76	5.45

R1: Parramos, Chimaltenango. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez.
Fuente: Datos originales.

Tabla XXIII. Comparación y clasificación de los componentes del aceite esencial de *Litsea glaucescens*.

	R1	R2	R3
Componentes	%Área	%Área	%Área
Monoterpenos oxigenados			
1,8-cineol	62.60	1.13	44.76
linalol	8.23	17.95	29.77
terpinen-4-ol	5.30	-	4.23
l-carvona	2.50	-	-
borneol	1.59	2.35	-
Total	80.22	21.43	78.76
Hidrocarburos monoterpénicos			
limoneno	4.62	39.88	-
α -pineno	3.07	4.27	2.19
γ -terpineno	3.00	-	2.20
β -pineno	1.75	0.71	-
canfeno	-	3.24	-
Total	12.44	48.10	4.39
TOTAL DE MONOTERPENOS	92.66	69.53	83.15
Fracción sesquiterpénica			
nerolidol	5.92	19.52	2.09
β -cariofileno	1.42	1.69	-
Total	7.34	21.21	2.09
TOTAL	100	90.74	85.24
Otros			
β -eudesmol	-	1.39	-
acetato de α -terpinilo	-	-	11.44
acetato de bornilo	-	2.22	2.10
óxido de trans-linalol	-	1.49	-
Total	-	5.10	13.54
TOTAL IDENTIFICADOS	100	95.84	98.78
Sin identificar	-	4.16	1.22

R1: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz. Fuente: Datos originales.

Tabla XXIV. Comparación de los componentes del aceite esencial de laurel de las dos especies.

Especie		<i>Litsea guatemalensis</i>			<i>Litsea glaucescens</i>		
Región		R1	R2	R3	R1	R2	R3
No.	Componentes	% Área	% Área	% Área	% Área	% Área	% Área
1	1,8 cineol	53.24	1.06	0.88	62.60	1.13	44.76
2	linalol	14.97	18.16	16.72	8.23	17.95	29.77
3	nerolidol	7.70	21.61	-	5.92	19.52	2.09
4	terpinen-4-ol	5.29	-	2.87	5.30	-	4.23
5	limoneno	3.71	19.16	14.74	4.62	39.88	-
6	α -pineno	2.87	2.67	1.57	3.07	4.27	2.19
7	β -pineno	1.38	0.20	-	1.75	0.71	-
8	acetato de α -terpinilo	-	-	-	-	-	11.44
9	trans-dihidrocarvona	2.73	0.89	-	-	-	-
10	cis-dihidrocarvona	-	17.82	8.02	-	-	-
11	α -eudesmol	-	1.62	-	-	-	-
12	β -eudesmol	2.21	3.42	0.66	-	1.39	-
13	γ -terpineno	2.16	-	1.48	3.00	-	2.20
14	borneol	1.30	2.08	2.15	1.59	2.35	-
15	p-cimeno	1.18	-	-	-	-	-
16	canfeno	-	2.11	0.94	-	3.24	-
17	β -cariofileno	-	1.67	1.89	1.42	1.69	-
18	acetato de bornilo	-	1.13	-	-	2.22	2.10
19	carvona	-	1.06	17.73	-	-	-
20	l-carvona	-	-	2.23	2.50	-	-
21	cis- α -bisaboleno	-	0.58	1.17	-	-	-
22	óxido de linalol (2)	-	-	0.76	-	-	-
23	óxido de trans-linalol	-	-	-	-	1.49	-
24	otros (sin identificar)	1.26	4.76	5.45	-	4.16	1.22

Litsea guatemalensis, R1: Parramos, Chimaltenango. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez. *Litsea glaucescens*, R1: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz. Fuente: Datos originales.

Tabla XXV. f_c para el porcentaje de rendimiento de las dos especies.

<i>Litsea guatemalensis</i>				<i>Litsea glaucescens</i>			
f_c	R1	R2	R3	f_c	R1	R2	R3
R1	0	5.84	6.17	R1	0	36.25	21.39
R2	5.84	0	13.16	R2	36.25	0	129.21
R3	6.17	13.16	0	R3	21.39	129.21	0
f_t	7.71						

Litsea guatemalensis, R1: Parramos, Chimaltenango. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez. *Litsea glaucescens*, R1: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz. Fuente: Datos calculados.

Tabla XXVI. f_c para la densidad de las dos especies.

<i>Litsea guatemalensis</i>				<i>Litsea glaucescens</i>			
f_c	R1	R2	R3	f_c	R1	R2	R3
R1	0	2.47	14.37	R1	0	15.25	23.86
R2	2.47	0	4.51	R2	15.25	0	1.23
R3	14.37	4.51	0	R3	23.86	1.23	0
f_t	7.71						

Litsea guatemalensis, R1: Parramos, Chimaltenango. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez. *Litsea glaucescens*, R1: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz. Fuente: Datos calculados.

Tabla XXVII. f_c para el índice de refracción de las dos especies.

<i>Litsea guatemalensis</i>				<i>Litsea glaucescens</i>			
f_c	R1	R2	R3	f_c	R1	R2	R3
R1	0	1.00	0.20	R1	0	0.25	0
R2	1.00	0	1	R2	0.25	0	0.25
R3	0.20	1	0	R3	0	0.25	0
f_t	7.71						

Litsea guatemalensis, R1: Parramos, Chimaltenango. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez. *Litsea glaucescens*, R1: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez. R2: San Lucas, Sacatepéquez. R3: Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz. Fuente: Datos calculados.

Tabla XXVIII. f_c para la comparación de las tres regiones.

<i>Litsea guatemalensis</i>		<i>Litsea glaucescens</i>	
Parámetro	f_c	Parámetro	f_c
Porcentaje de rendimiento	9.40	Porcentaje de rendimiento	57.77
Densidad	6.75	Densidad	11.60
Índice de refracción	0.60	Índice de refracción	0.25
$f_t = 5.14$			

Fuente: Datos calculados.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La etapa más importante del procesamiento post cosecha de la materia prima es el secado (Sharapin, 2000). Se determina el porcentaje de humedad de las hojas de laurel por medio del secado de ésta a temperatura entre 30°C y 40°C. El porcentaje de humedad de las hojas frescas de laurel de la especie *Litsea guatemalensis* tienen un promedio general de 53.56%, para *Litsea glaucescens* el promedio general es de 47.45%; siendo la especie de *Litsea guatemalensis* que presenta mayor porcentaje de humedad. Las pérdidas de peso durante el secado para las hojas es del 20-75 % (Sharapin, 2000), por lo tanto para las dos especies se tienen porcentajes de humedad esperados. En los resultados se observa que en la especie de *Litsea guatemalensis* el mayor porcentaje de humedad está dado por la región 1 (Parramos, Chimaltenango) con un valor de 58.14%; para la especie de *Litsea glaucescens* la región que presenta mayor porcentaje de humedad es la región 1 (San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez) con un valor de 50.64%.

Al obtener el aceite esencial de laurel se determinan sus propiedades fisicoquímicas como, el porcentaje de rendimiento, densidad, índice de refracción, miscibilidad en etanol y los componentes del aceite esencial. En el análisis estadístico se analizan las siguientes propiedades el porcentaje de rendimiento, densidad e índice de refracción. Para la miscibilidad en etanol y la identificación de los componentes del aceite esencial sólo se comparan datos.

El porcentaje de rendimiento del aceite esencial de laurel para las tres regiones de la especie *Litsea guatemalensis* tiene una media para todas las observaciones de 0.8511%, la media más alta se observa para la región 3 (San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez) con un valor de 1.027% (Tabla XXVIII, Datos calculados). El análisis de variancia acepta la hipótesis nula H_0 donde el porcentaje de rendimiento no se ve afectado por el lugar de colecta al comparar la región 1 (Parramos, Chimaltenango) y región 2 (San Lucas, Sacatepéquez) y al comparar la región 1 (Parramos, Chimaltenango) y región 3 (San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez); pero al comparar la región 2 (San Lucas, Sacatepéquez) y región 3 (San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez) hay una diferencia grande en el porcentaje de rendimiento y se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 donde el porcentaje de rendimiento se ve afectado significativamente por el lugar de colecta. Al comparar las tres regiones por medio del análisis de variancia la hipótesis nula H_0 se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa H_1 donde el porcentaje de rendimiento se ve afectado significativamente por el lugar de colecta y se puede observar que la comparación de los resultados de la región 2 (San Lucas, Sacatepéquez) y región 3 (San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez) determinan la aceptación de la hipótesis alternativa H_1 .

El porcentaje de rendimiento del aceite esencial de laurel para las tres regiones de la especie de *Litsea glaucescens* tiene una media para todas las observaciones de 1.3078%, la media más alta se observa en la región 3 (Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz) con un valor de 1.8453% (Tabla LVII, Datos calculados). El análisis de variancia rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa H_1 donde el porcentaje de rendimiento se ve afectado significativamente por el lugar de colecta tanto al comparar las tres regiones de colecta como al comparar entre regiones.

La densidad del aceite esencial de laurel para las tres regiones de la especie de *Litsea guatemalensis* tiene una media para todas las observaciones de 0.8226 g/ml, la media más alta se observa en la región 1 (Parramos, Chimaltenango) con un valor de 0.8640 g/ml (Tabla XXXIV, Datos calculados). El análisis de variancia acepta la hipótesis nula H_0 donde la densidad no se ve afectado por el lugar de colecta al comparar la región 1 (Parramos, Chimaltenango) y región 2 (San Lucas, Sacatepéquez) y al comparar la región 2 (San Lucas, Sacatepéquez) y región 3 (San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez); pero al comparar la región 1 (Parramos, Chimaltenango) y región 3 (San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez) se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 donde la densidad se ve afectada significativamente por el lugar de colecta. Al comparar las tres regiones por medio del análisis de variancia se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 donde la densidad se ve afectada significativamente por el lugar de colecta, se puede observar que la comparación de los resultados de la región 1 (Parramos, Chimaltenango) y región 3 (San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez) determinan la aceptación de la hipótesis alternativa H_1 .

La densidad del aceite esencial de laurel para las tres regiones de la especie de *Litsea glaucescens* tiene una media para todas las observaciones de 0.8357 g/ml, la media más alta se observa en la región 1 (San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez) con un valor de 0.8747 g/ml (Tabla LVIII, Datos calculados).

El análisis de variancia entre la región 1 (San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez) y región 2 (San Lucas, Sacatepéquez) y entre la región 1 (San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez) y región 3 (Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz) rechazan la hipótesis nula H_0 y acepta la hipótesis alternativa H_1 donde la densidad se ve afectada significativamente por el lugar de colecta; se observa que al comparar la región 2 (San Lucas, Sacatepéquez) y región 3 (Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz) se acepta la hipótesis nula H_0 donde la densidad no se ve afectado por el lugar de colecta, donde esta comparación no determina la aceptación de la hipótesis alternativa H_1 al comparar la densidad de las tres regiones. Al comparar las tres regiones por medio del análisis de variancia se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 donde la densidad se ve afectada significativamente por el lugar de colecta.

El índice de refracción del aceite esencial de laurel (n_D^{23}) para las tres regiones de la especie de *Litsea guatemalensis* tiene una media para todas las observaciones de 1.5742, la media más alta se observa en la región 3 (San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez) con un valor de 1.5743 (Tabla XXXV, Datos calculados). El análisis de variancia acepta la hipótesis nula H_0 donde el índice de refracción no se ve afectado significativamente por el lugar de colecta tanto al comparar las tres regiones de colecta como entre regiones.

El índice de refracción del aceite esencial de laurel (n_D^{23}) para las tres regiones de la especie de *Litsea glaucescens* tiene una media para todas las observaciones de 1.5739, la media en la región 1 (San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez) y en la región 3 (Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz) con un valor de 1.5740 (Tabla LIX, Datos calculados).

El análisis de variancia acepta la hipótesis nula H_0 donde el índice de refracción no se ve afectado significativamente por el lugar de colecta tanto al comparar las tres regiones de colecta como entre regiones.

El aceite esencial de laurel de las dos especies y de las tres regiones es completamente miscible en etanol. Al analizar las propiedades de los componentes del aceite esencial de laurel se observa que éstos son miscibles en alcohol por lo tanto el aceite es miscible en un alcohol que en este caso es etanol.

Al analizar el aceite esencial de laurel con cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM) para la especie de *Litsea guatemalensis* de la región 1 (Parramos, Chimaltenango) se identificaron 13 componentes que representan el 98.74% de la esencia; donde el 88.83% son monoterpenos, principalmente oxigenados (77.53%) siendo los más importantes 1,8 cineol (53.24%), linalol (14.97%) y terpinen-4-ol (5.29%). Entre los hidrocarburos monoterpénicos destacan limoneno (3.71%), α -pineno (2.87%) y γ -terpineno (2.16%). La fracción sesquiterpénica representa un 7.70% siendo su único componente el nerolidol.

Al comparar estos resultados con estudios realizados anteriormente (Tabla XXXI) se observan componentes nuevos de los cuales se encuentran trans-dihidrocarvona (2.73%), borneol (1.30%), γ -terpineno (2.16), β -pineno (1.38%), p-cimeno (1.18%) y β -eudesmol (2.21%) pero la presencia de éstos es minoritaria. Entre los componentes mayoritarios de este aceite se encuentran 1,8-cineol y linalol que son monoterpenos.

En el análisis de la especie de *Litsea guatemalensis* de la región 2 (San Lucas, Sacatepéquez) se identificaron 16 componentes que representan el 95.24% de la esencia; donde el 65.21% son monoterpenos, principalmente oxigenados (41.07%) siendo los más importantes linalol (18.16%) y cis-dihidrocarvona (17.82%). Entre los hidrocarburos monoterpénicos destaca el limoneno (19.16%). La fracción sesquiterpénica representa un 23.86% siendo su principal componente el nerolidol (21.61%). Entre los componentes nuevos se observan los siguientes β -pineno (0.20%), trans-dihidrocarvona (0.89%), cis-dihidrocarvona (17.82%), α -eudesmol (1.62%), canfeno (2.11%), acetato de bornilo (1.13%), carvona (1.06%), borneol (2.08%), cis- α -bisaboleno (0.58%) y β -eudesmol (3.42%) siendo el de mayor relevancia cis-dihidrocarvona. Entre los componentes mayoritarios de este aceite se encuentran nerolidol, limoneno, linalol y cis-dihidrocarvona; donde el primero es un sesquiterpeno y los demás son monoterpenos.

En el análisis de la especie de *Litsea guatemalensis* de la región 3 (San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez) se identificaron 15 componentes que representan el 94.55% de la esencia; donde el 69.33% son monoterpenos, principalmente oxigenados (50.60%) siendo los más importantes carvona (17.73%), linalol (16.72%) y cis-dihidrocarvona (8.02%). Entre los hidrocarburos monoterpénicos destaca el limoneno (14.74%). La fracción sesquiterpénica representa un 23.80% siendo su principal componente el nerolidol (20.21%). Entre los componentes nuevos se observan los siguientes cis-dihidrocarvona (8.02%), carvona (17.73%), l-carvona (2.23%), borneol (2.15%), γ -terpineno (1.48%), canfeno (0.94%), cis- α -bisaboleno (1.17%), β -eudesmol (0.66%) y óxido de linalol (0.76%) siendo el de mayor relevancia la carvona. Entre los componentes mayoritarios de este aceite se encuentran la carvona, el linalol y el limoneno siendo estos monoterpenos.

Al analizar los componentes del aceite esencial de la especie de *Litsea guatemalensis* entre regiones se observa que el componente mayoritario que se presenta con más del 50% es 1,8-cineol en la región 1 (Parramos, Chimaltenango) y se encuentra en las otras dos regiones entre 0.5-1% que son porcentajes muy pequeños. Otro de los componentes mayoritarios es el linalol el cual se presenta en las tres regiones con porcentajes similares entre 14-18%. Entre los componentes identificados como nuevos tanto el borneol como el β -eudesmol se encuentran en las tres regiones con porcentajes entre 1-2% y 0.5-3% respectivamente.

Entre los componentes que predominan en el aceite esencial de la especie de *Litsea guatemalensis* son los monoterpenos que se encuentran entre 65-88%, donde la región 1 (Parramos, Chimaltenango) presenta el porcentaje más alto. También se observa que la fracción sesquiterpénica se encuentra entre 7-23% donde los mayores porcentajes son similares para la región 2 (San Lucas, Sacatepéquez) y región 3 (San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez). Al comparar los componentes del aceite esencial de *Litsea guatemalensis* con la Tabla XXXI se observa que no se identificó α -terpineol en ninguna región.

Al analizar el aceite esencial de laurel con cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM) para la especie de *Litsea glaucescens* de la región 1 (San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez) se identificaron 11 componentes; donde el 92.66% son monoterpenos, principalmente oxigenados (80.22%) siendo los más importantes 1,8 cineol (62.60%) y linalol (8.23%). Entre los hidrocarburos monoterpénicos destacan limoneno (4.62%), α -pineno (3.07%) y γ -terpineno (3.00%). La fracción sesquiterpénica representa un 7.34% siendo sus componentes el nerolidol (5.92%) y β -cariofileno (1.42%).

Al comparar estos resultados con estudios realizados anteriormente (Tabla XXXII) se observan componentes nuevos de los cuales se encuentran nerolidol (5.92%) y β -cariofileno (1.42%) pero la presencia de éstos es minoritaria. Entre los componentes mayoritarios de este aceite se encuentran 1,8-cineol y linalol que son monoterpenos.

En el análisis de la especie de *Litsea glaucescens* de la región 2 (San Lucas, Sacatepéquez) se identificaron 12 componentes que representan el 95.84% de la esencia; donde el 69.53% son monoterpenos, principalmente hidrocarburos (48.10%) siendo el más importante el limoneno (39.88%). Entre los monoterpenos oxigenados destaca el linalol (17.95%). La fracción sesquiterpénica representa un 21.21% siendo su principal componente el nerolidol (19.52%). Entre los componentes nuevos se observan los siguientes nerolidol (19.52%), β -cariofileno (1.69%), β -eudesmol (1.39%), acetato de bornilo (2.22%) y óxido de trans-linalol (1.49%) siendo el de mayor relevancia el nerolidol. Entre los componentes mayoritarios de este aceite se encuentran limoneno, nerolidol y linalol; donde el nerolidol es un sesquiterpeno y los otros dos son monoterpenos.

En el análisis de la especie de *Litsea glaucescens* de la región 3 (Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz) se identificaron 8 componentes que representan el 98.78% de la esencia; donde el 83.15% son monoterpenos, principalmente oxigenados (78.76%) siendo los más importantes 1,8-cineol (44.76%) y linalol (29.77%). Entre los hidrocarburos monoterpénicos se encuentran α -pineno (2.19%) y γ -terpineno (2.20%). La fracción sesquiterpénica representa un 2.09% siendo su único componente el nerolidol.

Entre los componentes nuevos se observan los siguientes nerolidol (2.09%) y acetato de bornilo (2.10%) pero la presencia de éstos es minoritaria.

Entre los componentes mayoritarios de este aceite se encuentran 1,8-cineol, linalol y acetato de α -terpinilo, siendo los primeros dos monoterpenos.

Al analizar los componentes del aceite esencial de la especie de *Litsea glaucescens* entre regiones se observa que el componente mayoritario es 1,8-cineol que se presenta entre 44-63% en la región 1 (San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez) y en la región 3 (Matanzas San Jerónimo, Baja Verapaz) pero en la región 2 (San Lucas, Sacatepéquez) se encuentra con un porcentaje menor del 2%. Otro de los componentes mayoritarios es el linalol el cual se presenta en las tres regiones con porcentajes entre 8-30%. Entre los componentes identificados como nuevos sólo el nerolidol se encuentra en las tres regiones con porcentajes entre 2-20% donde la región 2 (San Lucas, Sacatepéquez) presenta el mayor porcentaje.

Entre los componentes que predominan en el aceite esencial de la especie de *Litsea glaucescens* son los monoterpenos que se encuentran entre 69-93%, donde la región 1 (San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez) presenta el porcentaje más alto. También se observa que la fracción sesquiterpénica se encuentra entre 2-22% donde el mayor porcentaje lo presenta la región 2 (San Lucas, Sacatepéquez). Al comparar los componentes del aceite esencial de *Litsea glaucescens* con la Tabla XXXII se observa que no se identificaron los siguientes componentes sabineno, acetato de nerilo, α -terpineno, α -terpineol.

CONCLUSIONES

1. Las hojas de laurel de *Litsea guatemalensis* presentaron mayor porcentaje de humedad de las hojas frescas con un valor de 53.56%.
2. Las hojas de laurel de *Litsea guatemalensis* de Parramos, Chimaltenango, tuvieron el porcentaje de humedad de las hojas frescas más alto con un valor de 58.14%.
3. Las hojas de laurel de *Litsea glaucescens* de San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez, tuvieron el porcentaje de humedad de las hojas frescas más alto con un valor de 50.64%.
4. El aceite esencial de *Litsea glaucescens* tiene el porcentaje de rendimiento más alto con un valor de 1.3078%.
5. El porcentaje de rendimiento del aceite esencial de las dos especies, *Litsea guatemalensis* y *Litsea glaucescens*, se ve afectado significativamente por el lugar de colecta.
6. La densidad del aceite esencial de las dos especies, *Litsea guatemalensis* y *Litsea glaucescens*, se ve afectada significativamente por el lugar de colecta.
7. El índice de refracción de las dos especies, *Litsea guatemalensis* y *Litsea glaucescens*, no se ve afectado significativamente por el lugar de colecta.

8. El aceite esencial de las dos especies, *Litsea guatemalensis* y *Litsea glaucescens*, es miscible en etanol.
9. La mayoría de los componentes del aceite esencial de las dos especies de laurel (*Litsea guatemalensis* y *Litsea glaucescens*) son monoterpenos.
10. Los componentes mayoritarios del aceite esencial de las dos especies de laurel (*Litsea guatemalensis* y *Litsea glaucescens*) son 1,8-cineol y linalol.
11. Por medio de la cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM) se identificaron 14 componentes no descritos previamente en el aceite esencial de *Litsea guatemalensis*.
12. Por medio de la cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM) se identificaron 5 componentes no descritos previamente en el aceite esencial de *Litsea glaucescens*.

RECOMENDACIONES

1. Impulsar proyectos de investigación sobre el aceite esencial de la otra especie nativa de Guatemala (*Litsea neesiana*), para comparar rendimiento y composición química.
2. Promover estudios económicos que analicen la factibilidad a escala piloto del procesamiento industrial de las hojas de laurel de *Litsea guatemalensis* y *Litsea glaucescens*.
3. Desarrollar proyectos de investigación donde se analice la actividad de los componentes del aceite esencial de laurel de las dos especies (*Litsea guatemalensis* y *Litsea glaucescens*).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bandoni, Arnoldo. Los Recursos Vegetales Aromáticos en Latinoamérica: su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores. CYTED Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Segunda edición. Buenos Aires, 2003. pp. 19-21, 27-31, 136-138, 141-144, 181-191, 209.

Cáceres, Armando. Plantas de uso medicinal en Guatemala. Editorial Universitaria. Primera edición. Guatemala, 1996. pp.226-227.

Finnemore, Horace. The Essential Oils. Editorial D. Van Nostrand Co. Estados Unidos, 1926. pp.xii.

Hamilton, Leicester F. Cálculos de Química Analítica. Editorial McGraw-Hill. Séptima edición. México, 1981. pp.385.

Martínez M., Alejandro. Aceites esenciales. Universidad de Antioquia. Facultad Química Farmacéutica. Colombia, mayo de 2001. amart@muisecas.udea.edu.co

Parry, Ernest J. The Chemistry of Essential Oils and Artificial Perfumes. Volumen II. Editorial Scout, Greenwood and Son. Cuarta edición. Inglaterra, 1922. pp.38-298.

Sharapin, Nikolai. Fundamentos de Tecnología de Productos Fitoterapéuticos. Editorial CYTED, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Primera edición. Colombia, 2000. pp.151, 181.

The Merck Index. Estados Unidos. Merck & Co., Inc., 2000.

Tucker, Arthur & Maciarello, Michael J. Litsea glaucescens Humb., Bonpl. & Kunth var. glaucescens (Lauraceae): a Mexican bay. Economic Botany 46 (1): 21-24. 1992.

Vallverdú, C: Vila, R: Cruz, S: Cáceres, A: Cañigüeral, S. Composición del aceite esencial de las hojas de Litsea guatemalensis. Facultad de Farmacia, Universidad de Barcelona, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. XII Congreso Italo-Latinoamericano de Etnomedicina "Nuno Alvarez Pereira". Brasil, septiembre de 2003. pp.11

Walpole, Ronald E. Myers, Raymond H. Probabilidad y estadística. Editorial McGraw-Hill. Cuarta edición. México, 1992. pp. 488-489, 493-494.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arteche García, Alejandro. Fitoterapia. Editorial Masson, S.A. Tercera edición. España, 1998. pp.23-40.
2. Bandoni, Arnoldo. Los Recursos Vegetales Aromáticos en Latinoamérica: su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores. CYTED Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Segunda edición. Argentina, 2003. pp. 19-21, 27-31, 136-138, 141-144, 181-191, 209.
3. Boloix, Igor. 100 Plantas Medicinales. Aromáticas y Culinarias. Editorial Servilibro. España. pp. 9-19, 183-184.
4. Cáceres, Armando. Plantas de uso medicinal en Guatemala. Editorial Universitaria. Primera edición. Guatemala, 1996. pp.226-227.
5. Centro de Comercio Internacional CCI. Aceites esenciales y oleorresinas. "Estudio de distintos productores y mercados importantes". Suiza, 1986. pp. 34, 220.
6. De Silva, Tuley. A Manual on the essential oil industry. United Nations. Industrial Development Organization Vienna. pp. 155-163.
7. Finnemore, Horace. The Essential Oils. Editorial D. Van Nostrand Co. Estados Unidos, 1926. pp. 17-19, 28-30, 279-281.

8. Furia, Thomas E. y Bellanca Nicolás. Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients. Volumen I. Segunda edición. Boca Ratón, 1975. CRC Press. pp. 384.
9. Guenther, Ernest. The Essentials Oils. Editorial Van Nostrand. Estados Unidos, 1996. Vol. IV Pp. 207. Vol V. pp. 54.
10. Hamilton, Leicester F. Cálculos de Química Analítica. Editorial McGraw-Hill. Séptima edición. México, 1981. pp.384-388.
11. Kirk, Raymond E. Enciclopedia de Tecnología Química. Tomo I. Editorial Hispano-Americana. Primera edición. México, 1961. pp.61-81.
12. Kukinski, Claudia. Farmacognosia. Editorial OMEGA. Primera edición. España, 2000. pp.311.
13. Kurth Baver, Dorothea: Garbe, Horst Surburg. Common Fragrance and Flavors materials. Preparation, Properties and uses. Segunda edición. Alemania, 1990. pp. 42-43, 59, 112, 141, 154, 170, 173.
14. Lawless, Julia. The Encyclopedia of Essential Oils. Editorial Element. Inglaterra, 1992. pp.123.
15. López, Jo: Barillas, W: Gómez-Laurito: Lin, Fu. Flavonoids of Litsea glaucescens. Plantas Medicinales 61 (1995). Universidad de Costa Rica. pp.198.
16. Martínez M., Alejandro. Aceites esenciales. Universidad de Antioquia. Facultad Química Farmacéutica. Colombia, mayo de 2001. amart@muisecas.udea.edu.co
17. Parry, Ernest J. The Chemistry of Essential Oils and Artificial Perfumes. Volumen II. Editorial Scout, Greenwood and Son. Fourth edition. Inglaterra, 1922. pp.38-298.

18. Secondini, Olindo. Handbook of Perfumes and Flavors. Chemical Publishing Co. Estados Unidos, 1990. Pp. 117, 124.
19. Sharapin, Nikolai. Fundamentos de Tecnología de Productos Fitoterapéuticos. Editorial CYTED, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Colombia, 2000. pp.17-25, 28-29, 101-104, 150-151, 179-183. 184-186, 247.
20. Standley, Paul C. & Steyermark, Julian. Flora of Guatemala. Fieldiana: Botany. 24 (4): 314-317.
21. Swahn, J.O. The Lore of Spices. Crescent Book. Estados Unidos, 1991. pp. 40-45.
22. Tucker, Arthur & Maciarello, Michael J. *Litsea glaucescens* Humb., Bonpl. & Kunth var. *glaucescens* (Lauraceae): a Mexican bay. Economic Botany 46 (1): 21-24. 1992.
23. Universidad de San Carlos de Guatemala. Manual de laboratorio de Farmacognosia. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia Escuela de Química Farmacéutica. Licda. Beatriz Eugenia Medinilla Aldana. 1996. pp.5-7, 18-19.
24. Vallverdú, C: Vila, R: Cruz, S: Cáceres, A: Cañigüeral, S. Composición del aceite esencial de las hojas de Litsea guatemalensis. Facultad de Farmacia, Universidad de Barcelona, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. XII Congreso Italo-Latinoamericano de Etnomedicina "Nuno Alvarez Pereira". Brasil, septiembre de 2003. pp.11.
25. Wijesekera, R.O.B. Practical Manual on The Essential Oils Industry. United Nations Industrial Development Organization. Vienna. 173 pp.

ANEXOS

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

1, 8-cineol



Número de CAS: [470-82-6]

Nombre: 1,3,3-trimetil-2-oxabicyclo [2.2.2]-octano; 1,8-epoxi- p-mentano.

Nombres adicionales: eucaliptol.

Fórmula molecular: C₁₀H₁₈O

Líquido incoloro; olor alcanforado; picante, sabor refrescante; densidad a 25°C 0.921-0.923, punto de ebullición 176-177°C, punto de fusión 1.5°C, índice de refracción a 20°C 1.455-1.460, punto de flama cercano a 48°C. Prácticamente insoluble en agua; miscible en alcohol, cloroformo, éter, ácido acético, aceites. Tiene un olor fresco y es utilizado en grandes cantidades en fragancias y como saborizante de productos farmacéuticos.

Una de las pocas fragancias obtenidas exclusivamente por aislamiento de los aceites esenciales, especialmente aceites de eucalipto. El grado técnico del 1-8, cineol tiene una pureza del 99.6-99.8%, y es producido en España en grandes cantidades por destilación fraccionada del Eucalipto globulus Labillardière. El producto esencial libre de otros productos puede ser obtenido por cristalización de fracciones del aceite de cineol rico en eucalipto.

Sabineno



Número de CAS: [3387-41-5]

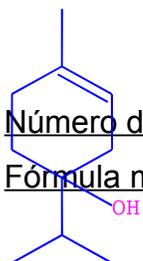
Fórmula molecular: C₁₀H₁₆

Clasificación: Terpeno hidrocarbonado.

Líquido incoloro, olor a pino. Monoterpeno dicíclico; su isómero dextrógiro se encuentra en la esencia de la sabia y en el aceite de enebro (miera). El levógiro y racémico son muy raros en la naturaleza. No se han preparado sintéticamente y no se conocen derivados cristalinos suyos. Sus constantes físicas varían según el origen, pero pueden consignarse las cifras medias siguiente: punto de ebullición 163-165°C, densidad a 20°C 0.842, índice de refracción a 20°C 1.465; índice de rotación óptica +80.2°. Es soluble en alcohol, éter y cloroformo. Es usado para preparar geraniol, terpineol y en perfumería.

Agitado con ácido sulfúrico diluido se convierte fácilmente el sabineno en terpinen-4-ol y en 1,4-terpina.

Terpinen-4-ol

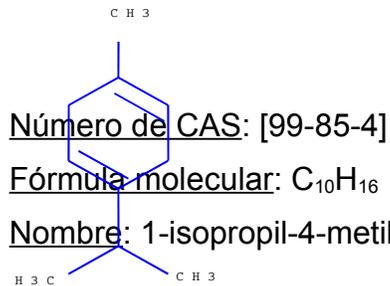


Número de CAS: [562-74-3]

Fórmula molecular: C₁₀H₁₈O

Al 95% con densidad de 0.933, punto de ebullición a 6 mmHg de 88-90°C, punto de inflamación (flash point) 79°C, índice de refracción a 20°C de 1.4775. Su peso molecular es de 154.25 g.

y-terpineno



Líquido incoloro. Olor a hierba cítrica. Preparado por isomerización del limoneno. Punto de ebullición 183°C (760 mmHg), densidad a 20°C es de 0.8493. Índice de refracción a 20°C 1.4740. Punto de inflamación (flash point) 51°C. Peso molecular de 136.24 g.

Se encuentra en los aceites de coriandro, de limón, de comino y de ajowán.

Peligros: inflamable, moderado riesgo de incendio. Irritante. Moderadamente tóxico.

Acetato de α -terpinilo



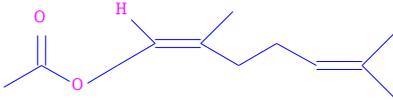
Fórmula molecular: $C_{12}H_{20}O_2$

Nombre: 1-p-menten-8-il-acetato, 2-acetato de terpinilo.

Líquido incoloro con olor fresco a bergamota-lavanda. Comercialmente disponible consiste principalmente de acetato de α -terpinilo pero contiene numeroso componentes de otros isómeros. Densidad a 20°C 0.9659. Índice de refracción a 21°C 1.4689. Punto de ebullición (a 5.3 kPa) 140°C. Con peso molecular de 196 g.

Por las propiedades de su olor, estabilidad y bajo precio, grandes cantidades de acetato de terpinilo se utilizan en fragancias y como saborizante; también se utiliza en la reconstrucción de aceites esenciales.

Acetato de nerilo



Nombre: cis-3,7-dimetil-2,6-octadieno-1-il-acetato

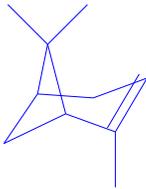
Fórmula molecular: C₁₂H₂₀O₂

Clasificación: acetato

Líquido de color amarillo claro. Olor a cítrico, naranja, flores, dulce. Peso molecular: 196.29 g. Densidad 0.907-0.913. Índice de refracción a 20°C 1.4590. Punto de ebullición (a 25 mmHg) 134°C. Punto de inflamación (flash point) 98° C. Es soluble en alcohol (5 partes/70%). Se encuentra en la esencia de flor de naranjo y de limón. Se utiliza en el aceite de rosas, magnolia, de naranjo y jazmín.

Peligro: es irritante. Contiene de 1-2% de acetato de geranio.

α -pineno



Número de CAS: [80-56-8]

Fórmula molecular: C₁₀H₁₆

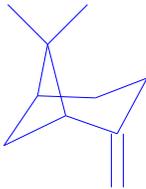
Nombres: 2,6,6-trimetilbicyclo [3.1.1] hepten-2-eno; 2- pineno.

Hydrocarbono terpénico obtenido de la trementina de pasta de madera al sulfato, de la que es el principal constituyente. También es obtenido por destilación de aceites terpénicos. Como fragancia es utilizada para mejorar el olor de productos industriales. Es más importante como material en la industria de síntesis como terpineoles, borneol y alcanfor.

Es un líquido incoloro, transparente; olor característico a terpeno; índice de refracción 1.4655-1.4670. Intervalo de ebullición al 95% entre 156 y 160°C. Dextrógiro; responde a la hidrogenación, eterificación, hidratación, esterificación, polimerización y oxidación; reacciona con formaldehído, ácido sulfhídrico, anhídrido maleico, fenoles y azufre.

Se usa como disolvente de recubrimientos protectores; pulimento y ceras; síntesis de canfeno, alcanfor, hidrato de terpina, terpineol, aceite de pino sintético, ésteres y éteres terpénicos; aditivos para aceites lubricantes, resinas sintéticas y sus derivados.

β-pineno



Número de CAS: [127-91-3]

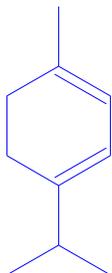
Fórmula molecular: C₁₀H₁₆

Hidrocarburo terpénico obtenido de la trementina de pasta de madera al sulfato, de la que es el componente secundario. También es producido en grandes cantidades por destilación de aceites terpénicos.

Líquido incoloro, transparente, de olor terpénico característico. Intervalo de ebullición al 95% entre 164-169°C. Índice de refracción a 20°C 1.4775-1.4790. Levógiro. Empleado principalmente en resinas polímeras; puede sustituirse por α-pineno.

Es utilizado como fragancia material en perfumería doméstica. También es utilizado en la producción de mircenona.

α -terpineno



Número de CAS: [99-86-5]

Fórmula molecular: C₁₀H₁₆

Nombre: 1-isopropil-4-metil-1,3-ciclohexadieno.

Aceite con olor a limón. 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. Índice de refracción a 20°C 1.4784. Punto de inflamación (flash point) 46°C. Prácticamente insoluble en agua. Miscible en alcohol y éter. Irritante.

Se encuentra en los aceites de cardamomo, de mejorana y coriandro.

Carvona



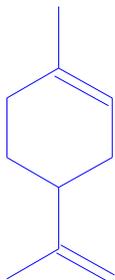
Número de CAS: [99-49-0]

Fórmula molecular: C₁₀H₁₄O

Derivado, forma *dl*. Es un líquido con punto de ebullición de 230-231°C; densidad a 15°C 0.9645; índice de refracción a 20°C de 1.5003. Insoluble en agua; miscible en alcohol.

Es utilizado como aceite de alcaravea, también como saborizante, en fragancias y jabones.

Limoneno



Número de CAS: [138-86-3]

Fórmula molecular: C₁₀H₁₆

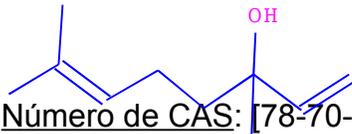
Nombre: 1-metil-4-(1-metiletenil)ciclohexano; p-menta-1,8-dieno; cineno; cajeputeno; kautschin.

Se encuentra en varios aceites etéreos, particularmente en el aceite de limón, naranja, alcaravea, eneldo y bergamota.

Forma *d*-limoneno, limoneno inactivo, dipentano. Líquido con olor placentero parecido al del limón. Punto de ebullición a 763 mmHg 175.5-176.5° C. Densidad a 20.85°C 0.8402. Índice de refracción 1.4744. Prácticamente insoluble en agua; miscible en alcohol.

Es utilizado como disolvente en la manufactura de resinas; como agente humedecedor y dispersante. Irrita y sensibiliza la piel.

Linalol



Número de CAS: [78-70-6]

Fórmula molecular: C₁₀H₁₈O

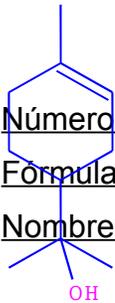
Nombre: 3,7-dimetil-1,6-octadien-3-ol; 2,6-dimetil-2,7-octadien-6-ol; linalol.

Principal constituyente del aceite de linaloé; también se presenta en los aceite de canela de Ceylan, sasafrás, flor de naranja, bergamota, ylang ylang, etc.

Forma *dl*-linalol, punto de ebullición a 720 mmHg 194-197°C; punto de ebullición a 14 mmHg 89-81°C. Densidad a 15°C 0.865.

Utilizado en perfumería en lugar del aceite de bergamota o lavanda francesa debido a su olor parecido a esos aceites.

α -terpineol



Número de CAS: [98-55-5]

Fórmula molecular: C₁₀H₁₈O

Nombre: $\alpha,\alpha,4$ -trimetil-3-ciclohexano-1-metanol; p-ment-1-en-8-ol.

Forma *dl*-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. Índice de refracción a 20°C 1.4381.

Es usado en perfumería, como grasa desnaturalizada en fabricación de jabones y como antiséptico.

Citral



Número de CAS: [5392-40-5]

Fórmula molecular: C₁₀H₁₆O

Nombre: 3,7-dimetil-2,6-octadienal.

Otros nombres: geranial, geranialdehído, neral (isómero)

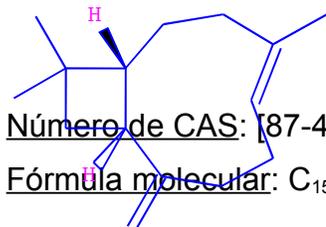
Se halla en el comercio en forma de mezcla de los isómeros α y β , conocidos como geranial (citral α) y neral (citral β).

Es un líquido móvil de color amarillo claro, con fuerte olor a limón. Densidad a 15°C 0.897; índice de refracción a 20°C 1.4900, es óptimamente inactivo. Soluble en cualquier proporción de benzoato de bencilo, ftalato dietílico, glicerina, propilenglicol, aceite mineral, aceites fijos y alcohol al 95%; insoluble en agua. Es combustible, no tóxico.

Es el principal constituyente del aceite graso de limón; puede ser aislado por destilación fraccionada, se obtiene sintéticamente por oxidación de geraniol, nerol o linalol con ácido crómico.

Son agentes para condimentos y perfumes, son productos intermedios para otros aromáticos.

β -cariofileno



Número de CAS: [87-44-5]

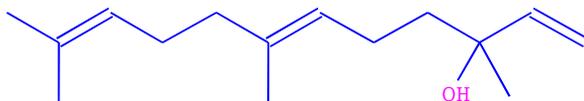
Fórmula molecular: C₁₅H₂₄

Nombre: [1R-(1R*,4E,9S*)]-4,11,11-trimetil-8-metilenobicyclo[7.2.0]undec-4-eno.

Mezcla de sesquiterpenos que se presenta en muchos aceites esenciales. Forma de componente hidrocarbonato principal del aceite de clavo.

Es líquido con olor a terpeno entre el olor a clavo y trementina. Punto de ebullición a 14°C 129-130°C y a 9.7°C 118°C-119°C. Densidad a 17°C 0.9052. Índice de refracción a 17°C 1.5009 y a 15°C 1.5030.

Nerolidol (E-nerolidol)



Número de CAS: [7212-44-4]

Nombre: 3, 7, 11-trimetil-1,6,10-dodecatrien-3-ol.

Nombres adicionales: peruviol.

Fórmula molecular: C₁₅H₂₆O

Es un alcohol sesquiterpénico. Líquido color paja, de olor que recuerda a rosas y a manzanas. Óptimamente inactivo, estable al aire y en la mayoría de aceites fijos. Insoluble en glicerina.

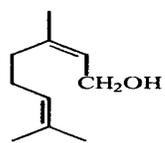
Se presenta en el bálsamo de Perú y en las esencias de azahar, nerolí, naranja, dulce e ylang-ylang. Combustible, no tóxico. Se utiliza en perfumería y como agente aromatizante.

Cis/trans-nerolidol, líquido. Punto de ebullición a 3 mmHg 122°C. Índice de refracción a 25°C 1.4769. Densidad a 25°C 0.8720. Soluble en alcohol absoluto.

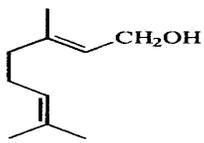
E-nerolidol (trans- nerolidol) líquido. Punto de ebullición a 0.15 mmHg 78°C. Índice de refracción a 25°C 1.4792. Número de CAS: [40716-66-3].

Cis- nerolidol, líquido. Punto de ebullición a .10 mmHg 70°C. Índice de refracción a 25°C 1.4775. Número de CAS: [3790-78-1].

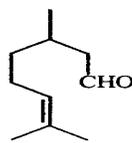
Figura 1. Monoterpenos y sesquiterpenos. (Martínez, 2001)



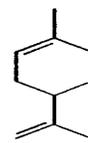
Nerol



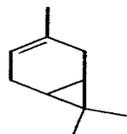
Geraniol



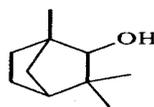
Citronelal



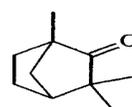
Limoneno



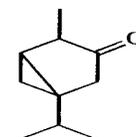
Car-3-eno



Alcohol Fenilico



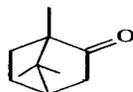
Fenchona



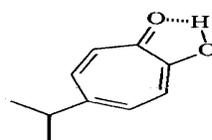
Thuyona



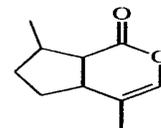
alfa-Pineno



Alcanfor

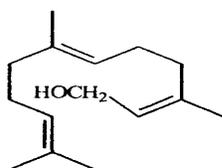


gama-Thuyaplicina

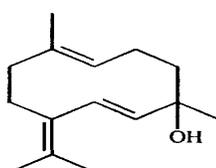


Nepetalactona

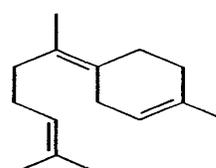
Ejemplos de monoterpenos



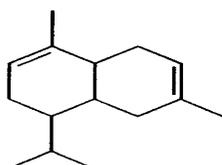
Farnesol



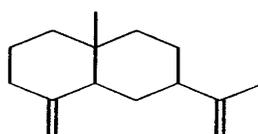
Nerolidol



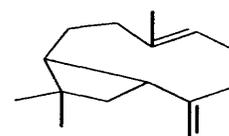
gama-Bisaboleno



alfa-Cadineno



beta-Selineno



Cariofileno

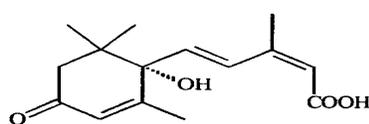
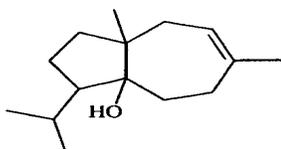


Figura 2. Componentes básicos de un cromatógrafo de gas. (Hamilton, 1981)

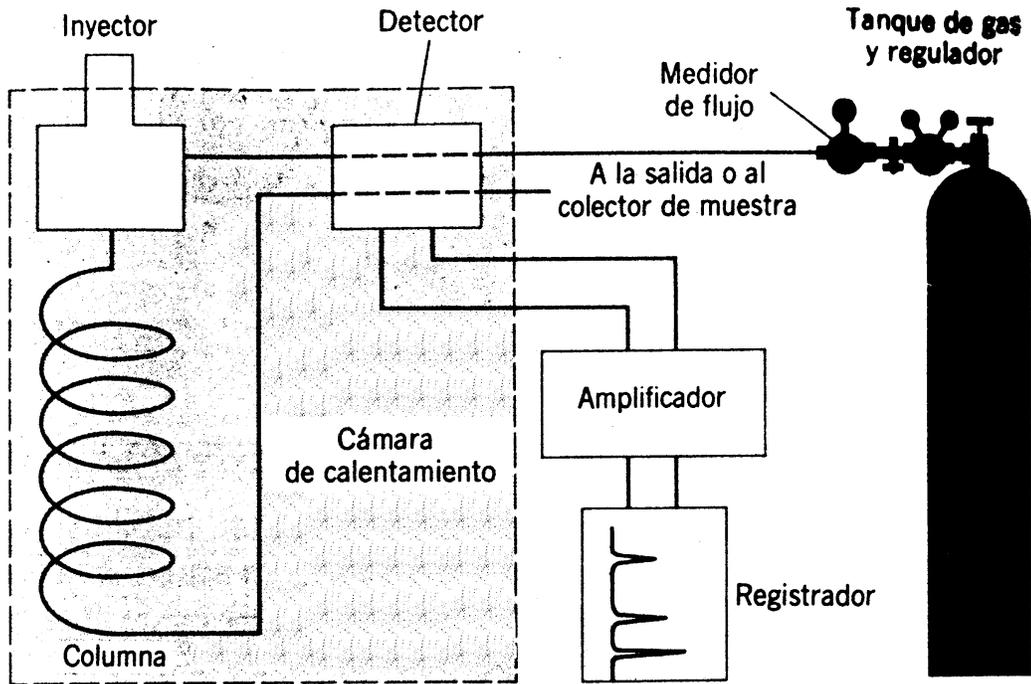


Figura 3. Equipo para la determinación de aceites esenciales según la Farmacopea Brasileña. (Sharapin, 2000)

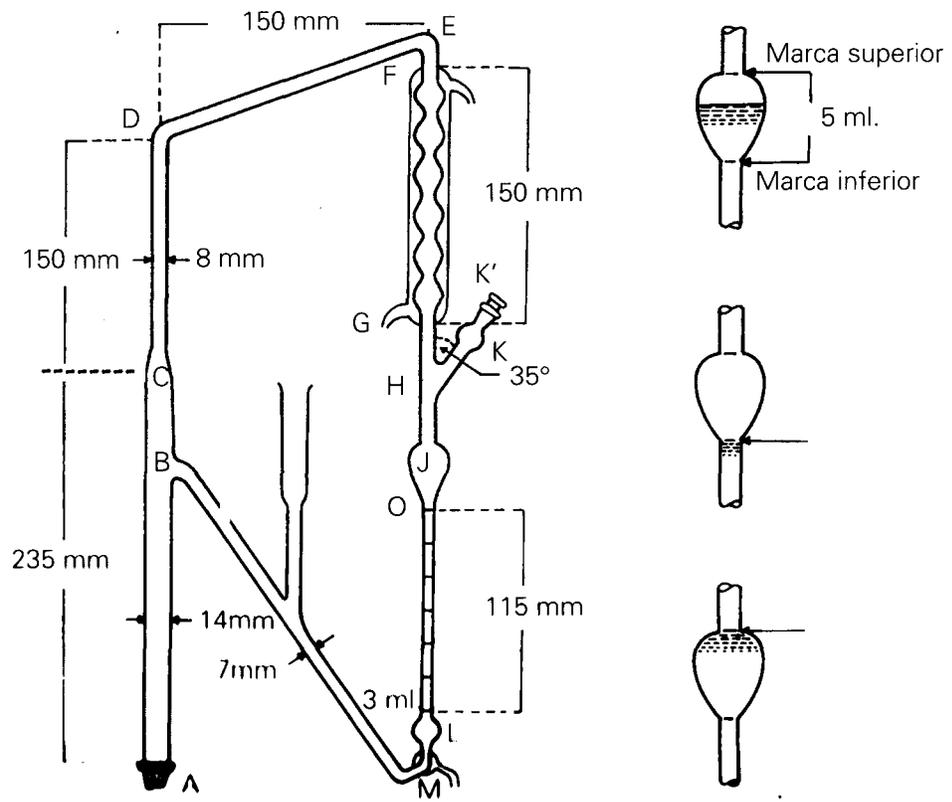


Tabla XXIX. Fases estacionarias líquidas y temperaturas máximas de utilización en cromatografía gas-líquido (Sharapin, 2000).

Fases estacionarias líquidas	Temperatura máxima (°C)
Polietilenoglicol (PEG)	175
Metilsilicona	300
Esqualeno	150
Aceite mineral (Nujol)	100
Fenil-metilsilicona 50%	225

Tabla XXX. Constituyentes de los aceites esenciales (Finnemore, 1926).

No .	Grupo	Fuente botánica	Fuente geográfica	Constituyentes químicos	Producto industrial			
1.	Terpenos	Coníferas	Estados Unidos Francia	α - y β - pineno	Trementina Borneol Alcanfor Terpineol			
2.	Alcoholes	Frutas de coriandro Frutas de bergamota Flores de lavanda Madera Shiu Madera de linaloé	Europa Sicilia Francia Formosa México	Linalol y esteres	Linalol y esteres			
	a. Linalol y ésteres							
	b. Geraniol					Ceylon Java Burma	Geraniol	Geraniol
	c. Mentol					Japón América Europa	Mentol	Mentol
3.	Aldehídos	Hierbas y hojas rutáceas	India Europa	Citral	Citral e iononas			
	a. Citral							
	b. Citronelal					Ceylon Java	Citronelal	Citronelol
	c. Benzaldehído					Frutas rosáceas	China Europa América	Benzaldehído	Benzaldehído
d. Aldehído cinámico	Corteza laurácea	Ceylon China	Aldehído cinámico	Aldehído cinámico				
4.	Cetonas	Madera y hojas lauráceas	Formosa Japón China	Alcanfor	Alcanfor			
	a. Alcanfor							
	b. Carvona					Frutas de alcaravea y eneldo	Holanda Europa India	Carvona
c. Piperitona	Hierbabuena Eucalipto	América Australia	Piperitona	Timol mentol				
5.	Fenoles	Fruta de Ajowán Tomillo	India España	Timol	Timol mentol Eugenol			
	a. Timol							
b. Eugenol	Clavo (hojas-retoños) Canela-hojas Pimienta (frutas- hojas)	Zanzíbar Ceylon Jamaica	Eugenol	Iso-eugenol Vainilla				
6.	Éteres fenólicos	Fruta de anís Fruta de anís estrella Fruta de hinojo	Europa China Europa	Acetol	acetol Aldehído anísico			
	a. Acetol							
b. Azafrol	Árbol de alcanfor Árbol de sasafrás	Formosa América	Azafrol	Azafrol Heliotropina				
7.	Alcoholes sesquiterpénicos	Madera de sándalo	Mysore Australia-Oeste	Santalol	El aceite			
8.	Cineol	Eucaliptos	Australia	Cineol	Cineol			
9.	Ésteres	Hierba de Gaulteria Corteza de abedul	América América	Salicilato metílico	Salicilato metílico			

Tabla XXXI. Composición del aceite esencial de las hojas de *Litsea guatemalensis* (Vallverdú, 2003).

Componente	Porcentaje (%)
Monoterpenos oxigenados	
1,8-cineol	26.8
α -terpineol	14.5
linalol	10.8
terpinen-4-ol	6.8
Hidrocarburos monoterpénicos	
α -pineno	3.7
limoneno	3.6
Fracción sesquiterpénica	
E-nerolidol	2.5
β -cariofileno	1.1

Tabla XXXII. Principales componentes del aceite esencial de las hojas de *Litsea glaucescens* (Tucker, 1992).

Componente	Porcentaje (%)
1,8 cineol	22.36 ± 2.19
sabineno	13.03 ± 1.84
terpinen-4-ol	10.09 ± 0.72
γ-terpineno	9.05 ± 0.82
α-pineno	5.20 ± 0.81
acetato de α-terpinilo	7.07 ± 0.90
acetato de nerilo	7.03 ± 0.17
β-pineno	4.33 ± 0.47
α-terpineno	3.09 ± 0.19
carvona	1.59 ± 0.59
limoneno	1.24 ± 0.07
linalol	0.62 ± 0.32
α-terpineol	0.37 ± 0.33
canfeno	0.15 ± 0.04

APÉNDICE

1. MUESTRA DE CÁLCULO

Materia prima

Porcentaje de humedad de las hojas

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \left(\left(\frac{W_f - W_o}{W_m} \right) * 100 \right) \quad \text{[Ec.4]}$$

Donde:

Wf = peso final de las hojas secas (g).

Wo = peso inicial, de la tara (g).

Wm = peso tarado de las hojas frescas, (g).

Para la especie 1, la región 1 y la muestra 1 se tiene:

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \left(\left(\frac{2.573 - 0.783}{4.053} \right) * 100 \right) = 55.84\%$$

Wf = 2.573 g

Wo = 0.783 g

Wm = 4.053 g

Porcentaje de humedad = 55.84%

Aceite esencial

Porcentaje de rendimiento

$$\% \text{Rendimiento} = \left(\frac{W_f - W_o}{W_h} \right) * 100 \quad \text{[Ec.5]}$$

Donde:

W_f = peso final del vial con aceite esencial (g).

W_o = peso inicial del vial (g).

W_h = peso de las hojas secas molidas, es constante para todas las corridas 70 g.

Para la especie 1, la región 1 y la muestra 1 se tiene:

$$\% \text{Rendimiento} = \left(\frac{3.3037 - 2.6938}{70} \right) * 100 = 0.8713\%$$

W_f = 3.3037 g

W_o = 2.6938 g

W_m = 70 g

Porcentaje de rendimiento = 0.8713%

Densidad

$$\rho = \frac{W_f - W_o}{V_a} \quad \text{[Ec.6]}$$

Donde:

Wf = peso final de la bureta con aceite esencial (g).

Wo = peso inicial de la bureta (g).

Va = volumen del aceite esencial (ml).

ρ = densidad del aceite esencial (g/ml).

Para la especie 1, la región 1 y la muestra 1 se tiene:

$$\rho = \frac{11.451 - 11.307}{0.16} = 0.9000 \text{ g/ml}$$

Wf = 11.451 g

Wo = 11.307 g

Va = 0.16 ml

ρ = **0.9000 g/ml**

Análisis estadístico

Análisis de variancia

f calculada

Para comparar las tres regiones ($k = 3$) y tres repeticiones ($n = 3$) para el porcentaje de rendimiento de la especie 1.

$$SST = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{T_{..}^2}{nk} \quad [\text{Ec. 1}]$$

$$\begin{aligned} SST &= (0.8713^2 + 0.8833^2 + 0.8123^2 + 0.6459^2 + 0.5586^2 + 0.8084^2 + 1.120^2 + \\ &1.059^2 + 0.901^2) - \frac{7.6598^2}{9} \\ &= 6.76963 - 6.51917 \\ &= 0.25046 \end{aligned}$$

$$SSA = \frac{\sum_{i=1}^k T_i^2}{n} - \frac{T_{..}^2}{nk} \quad [\text{Ec.2}]$$

$$SSA = \frac{2.5669^2 + 2.0129^2 + 3.08^2}{3} - 6.51917 = 0.18988$$

$$SSE = SST - SSA \quad [\text{Ec.3}]$$

$$SSE = 0.25046 - 0.18988 = 0.06058$$

$f_c = 9.40$

Estos resultados y los cálculos restantes se incluyen en la tabla XXXI de Datos calculados basados en la tabla II de Análisis estadístico.

Donde:

n = repeticiones u observaciones

k = tratamientos o regiones

f tabulada

f_i se busca con los siguientes datos:

N.C = 95%

$\alpha = 100-95 = 5\%$

$\alpha = 0.05$

Para 3 regiones y 3 repeticiones: Los grados de libertad se calculan según lo indica la tabla II en la sección de análisis estadísticos.

Grados de libertad tratamientos = $k - 1$
= $3 - 1 = 2$

Grados libertad error = $k(n-1)$
= $3(3-1) = 6$

Se obtiene f tabulada de la tabla "Valores críticos de la distribución F" (Walpole, 1992).

$f_i = 5.14$

Para 2 regiones y 3 repeticiones:

Grados de libertad tratamientos = $2 - 1$
= 1

Grados libertad error = $2(3-1)$
= 4

Se obtiene f tabulada según las tablas indicadas:

$$f_t = 7.71$$

2. DATOS CALCULADOS

Tabla XXXIII. Porcentaje de rendimiento del aceite *Litsea guatemalensis*.

	Región			
	1	2	3	
	0.8713	0.6459	1.120	
	0.8833	0.5586	1.059	
	0.8123	0.8084	0.901	
Total	2.5669	2.0129	3.08	7.6598
Media	0.8556	0.6710	1.027	0.8511

Tabla XXXIV. Densidad del aceite de *Litsea guatemalensis*.

	Región			
	1	2	3	
	0.9000	0.8143	0.7571	
	0.8357	0.8000	0.7938	
	0.8563	0.8571	0.7889	
Total	2.592	2.4714	2.3398	7.4032
Media	0.8640	0.8238	0.7799	0.8226

Tabla XXXV. Índice de refracción del aceite de *Litsea guatemalensis*.

	Región			
	1	2	3	
	1.5740	1.5740	1.5740	
	1.5740	1.5740	1.5740	
	1.5745	1.5740	1.5750	
Total	4.7225	4.7220	4.7230	14.1675
Media	1.5742	1.5740	1.5743	1.5742

Tabla XXXVI. Análisis de variancia para los datos de la tabla XXXIII.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	0.18988	2	0.09494	9.40
Error	0.06058	6	0.01010	
Total	0.25046	8		

Tabla XXXVII. Análisis de variancia para los datos de la tabla XXXIV.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	0.01061	2	0.00530	6.75
Error	0.00472	6	0.00079	
Total	0.01532	8		

Tabla XXXVIII. Análisis de variancia para los datos de la tabla XXXV.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	1.67E-7	2	8.33E-8	0.60
Error	8.33E-7	6	1.39E-7	
Total	1.00E-6	8		

Tabla XXXIX. Porcentaje de rendimiento del aceite *Litsea guatemalensis*.

	Región		
	1	2	
	0.8713	0.6459	
	0.8833	0.5586	
	0.8123	0.8084	
Total	2.5669	2.0129	4.5798
Media	0.8556	0.6710	0.7633

Tabla XL. Porcentaje de rendimiento del aceite *Litsea guatemalensis*.

	Región		
	1	3	
	0.8713	1.120	
	0.8833	1.059	
	0.8123	0.901	
Total	2.5669	3.08	5.6469
Media	0.8556	1.0267	0.9412

Tabla XLI. Porcentaje de rendimiento del aceite *Litsea guatemalensis*.

	Región		
	2	3	
	0.6459	1.120	
	0.5586	1.059	
	0.8084	0.901	
Total	2.0129	3.08	5.0929
Media	0.6710	1.0267	0.8488

Tabla XLII. Análisis de variancia para los datos de la tabla XXXIX.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	0.05115	1	0.05115	5.84
Error	0.03503	4	0.00876	
Total	0.08618	5		

Tabla XLIII. Análisis de variancia para los datos de la tabla XL.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	0.04388	1	0.04388	6.17
Error	0.02844	4	0.00711	
Total	0.07232	5		

Tabla XLIV. Análisis de variancia para los datos de la tabla XLI.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	0.18978	1	0.18978	13.16
Error	0.05769	4	0.01442	
Total	0.24747	5		

Tabla XLV. Densidad del aceite de *Litsea guatemalensis*.

	Región		
	1	2	
	0.9000	0.8143	
	0.8357	0.8000	
	0.8563	0.8571	
Total	2.592	2.4714	5.0634
Media	0.8640	0.8238	0.8439

Tabla XLVI. Densidad del aceite de *Litsea guatemalensis*.

	Región		
	1	3	
	0.9000	0.7571	
	0.8357	0.7938	
	0.8563	0.7889	
Total	2.5920	2.3398	4.9318
Media	0.8640	0.7799	0.8220

Tabla XLVII. Densidad del aceite de *Litsea guatemalensis*.

	Región		
	2	3	
	0.8143	0.7571	
	0.8000	0.7938	
	0.8571	0.7889	
Total	2.4714	2.3398	4.8112
Media	0.8238	0.7799	0.8019

Tabla XLVIII. Análisis de variancia para los datos de la tabla XLV.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	0.00242	1	0.00242	2.47
Error	0.00392	4	0.00098	
Total	0.00635	5		

Tabla XLIX. Análisis de variancia para los datos de la tabla XLVI.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	0.01060	1	0.01060	14.37
Error	0.00295	4	0.00074	
Total	0.01355	5		

Tabla L. Análisis de variancia para los datos de la tabla XLVII.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	0.00289	1	0.00289	4.51
Error	0.00256	4	0.00064	
Total	0.00545	5		

Tabla LI. Índice de refracción del aceite de *Litsea guatemalensis*.

	Región		
	1	2	
	1.5740	1.5740	
	1.5740	1.5740	
	1.5745	1.5740	
Total	4.7225	4.7220	9.4445
Media	1.5742	1.5740	1.5741

Tabla LII. Índice de refracción del aceite de *Litsea guatemalensis*.

	Región		
	1	3	
	1.5740	1.5740	
	1.5740	1.5740	
	1.5745	1.5750	
Total	4.7225	4.7230	9.4455
Media	1.5742	1.5743	1.5743

Tabla LIII. Índice de refracción del aceite de *Litsea guatemalensis*.

	Región		
	2	3	
	1.5740	1.5740	
	1.5740	1.5740	
	1.5740	1.5750	
Total	4.7220	4.7230	9.4450
Media	1.5740	1.5743	1.5742

Tabla LIV. Análisis de variancia para los datos de la tabla LI.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	4.17E-8	1	4.17E-8	1.00
Error	1.67E-7	4	4.17E-8	
Total	2.08E-7	5		

Tabla LV. Análisis de variancia para los datos de la tabla LII.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	4.17E-8	1	4.17E-8	0.20
Error	8.33E-7	4	2.08E-7	
Total	8.75E-7	5		

Tabla LVI. Análisis de variancia para los datos de la tabla LIII.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	1.67E-7	1	1.67E-7	1.00
Error	6.67E-7	4	1.67E-7	
Total	8.33E-7	5		

Tabla LVII. Porcentaje de rendimiento del aceite de *Litsea glaucescens*.

	Región			
	1	2	3	
	1.1680	0.8387	1.9960	
	1.3690	0.7669	1.7180	
	1.4290	0.6629	1.8220	
Total	3.9660	2.2685	5.5360	11.7705
Media	1.3220	0.7562	1.8453	1.3078

Tabla LVIII. Densidad del aceite de *Litsea glaucescens*.

	Región			
	1	2	3	
	0.8688	0.7875	0.8188	
	0.8929	0.8357	0.8214	
	0.8625	0.8000	0.8333	
Total	2.6242	2.4232	2.4735	7.5209
Media	0.8747	0.8077	0.8245	0.8357

Tabla LIX. Índice de refracción del aceite de *Litsea glaucescens*.

	Región			
	1	2	3	
	1.5740	1.5735	1.5740	
	1.5740	1.5735	1.5740	
	1.5740	1.5745	1.5740	
Total	4.7220	4.7215	4.7220	14.1655
Media	1.5740	1.5738	1.5740	1.5739

Tabla LX. Análisis de variancia para los datos de la tabla LVII.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	1.78033	2	0.89016	57.77
Error	0.09246	6	0.01541	
Total	1.87279	8		

Tabla LXI. Análisis de variancia para los datos de la tabla LVIII.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	0.00729	2	0.00365	11.60
Error	0.00189	6	0.00031	
Total	0.00918	8		

Tabla LXII. Análisis de variancia para los datos de la tabla LIX.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	5.56E-8	2	2.78E-8	0.25
Error	6.67E-7	6	1.11E-7	
Total	7.22E-7	8		

Tabla LXIII. Porcentaje de rendimiento del aceite de *Litsea glaucescens*.

	Región		
	1	2	
	1.1680	0.8387	
	1.3690	0.7669	
	1.4290	0.6629	
Total	3.9660	2.2685	6.2345
Media	1.3220	0.7562	1.0391

Tabla LXIV. Porcentaje de rendimiento del aceite de *Litsea glaucescens*.

	Región		
	1	3	
	1.1680	1.9960	
	1.3690	1.7180	
	1.4290	1.8220	
Total	3.9660	5.5360	9.5020
Media	1.3220	1.8453	1.5837

Tabla LXV. Porcentaje de rendimiento del aceite de *Litsea glaucescens*.

	Región		
	2	3	
	0.8387	1.9960	
	0.7669	1.7180	
	0.6629	1.8220	
Total	2.2685	5.5360	7.8045
Media	0.7562	1.8453	1.3008

Tabla LXVI. Análisis de variancia para los datos de la tabla LXIII.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	0.48025	1	0.48025	36.25
Error	0.05300	4	0.01325	
Total	0.53325	5		

Tabla LXVII. Análisis de variancia para los datos de la tabla LXIV.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	0.41082	1	0.41082	21.39
Error	0.07683	4	0.01921	
Total	0.48765	5		

Tabla LXVIII. Análisis de variancia para los datos de la tabla LXV.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	1.77943	1	1.77943	129.21
Error	0.05508	4	0.01377	
Total	1.83451	5		

Tabla LXIX. Densidad para del aceite de *Litsea glaucescens*.

	Región		
	1	2	
	0.8688	0.7875	
	0.8929	0.8357	
	0.8625	0.8000	
Total	2.6242	2.4232	5.0474
Media	0.8747	0.8077	0.8412

Tabla LXX. Densidad del aceite de *Litsea glaucescens*.

	Región		
	1	3	
	0.8688	0.8188	
	0.8929	0.8214	
	0.8625	0.8333	
Total	2.6242	2.4735	5.0977
Media	0.8747	0.8245	0.8496

Tabla LXXI. Densidad del aceite de *Litsea glaucescens*.

	Región		
	2	3	
	0.7875	0.8188	
	0.8357	0.8214	
	0.8000	0.8333	
Total	2.4232	2.4735	4.8967
Media	0.8077	0.8245	0.8161

Tabla LXXII. Análisis de variancia para los datos de la tabla LXIX.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	0.00673	1	0.00673	15.25
Error	0.00177	4	0.00044	
Total	0.00850	5		

Tabla LXXIII. Análisis de variancia para los datos de la tabla LXX.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	0.00379	1	0.00379	23.86
Error	0.00063	4	0.00016	
Total	0.00442	5		

Tabla LXXIV. Análisis de variancia para los datos de la tabla LXXI.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	0.00042	1	0.00042	1.23
Error	0.00137	4	0.00034	
Total	0.00179	5		

Tabla LXXV. Índice de refracción del aceite de *Litsea glaucescens*.

	Región		
	1	2	
	1.5740	1.5735	
	1.5740	1.5735	
	1.5740	1.5745	
Total	4.7220	4.7215	9.4435
Media	1.5740	1.5738	1.5739

Tabla LXXVI. Índice de refracción del aceite de *Litsea glaucescens*.

	Región		
	1	3	
	1.5740	1.5740	
	1.5740	1.5740	
	1.5740	1.5740	
Total	4.7220	4.7220	9.4440
Media	1.5740	1.5740	1.5740

Tabla LXXVII. Índice de refracción del aceite de *Litsea glaucescens*.

	Región		
	2	3	
	1.5735	1.5740	
	1.5735	1.5740	
	1.5745	1.5740	
Total	4.7215	4.7220	9.4435
Media	1.5738	1.5740	1.5739

Tabla LXXVIII. Análisis de variancia para los datos de la tabla LXXV.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	4.17E-8	1	4.17E-8	0.25
Error	6.67E-7	4	1.67E-7	
Total	7.08E-7	5		

Tabla LXXIX. Análisis de variancia para los datos de la tabla LXXVI.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	0.00	1	0	0
Error	0.00	4	0	
Total	0.00	5		

Tabla LXXX. Análisis de variancia para los datos de la tabla LXXVII.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Calculada f
Regiones	4.17E-8	1	4.17E-8	0.25
Error	6.67E-7	4	1.67E-7	
Total	7.08E-7	5		

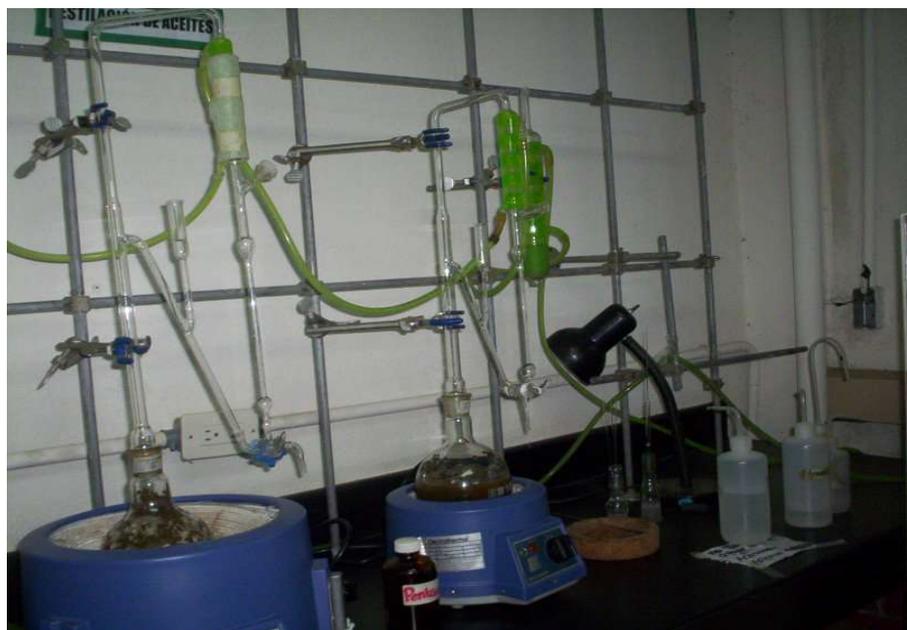
3. FOTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Figura 4. Árbol de *Litsea glaucescens*.



Lugar: Finca El Hato San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez.

Figura 5. Equipo Neoclevenger del laboratorio LIPRONAT.



4. DATOS ORIGINALES

Tabla LXXXI. Pesos para obtener la humedad de las hojas de *Litsea guatemalensis*.

	Región 1		
Muestra	Wo (g)	Wm (g)	Wf (g)
1	0.783	4.053	2.573
2	0.880	4.209	2.651
3	0.666	4.071	2.267

Tabla LXXXII. Pesos para obtener la humedad de las hojas de *Litsea guatemalensis*.

	Región 2		
Muestra	Wo (g)	Wm (g)	Wf (g)
1	1.620	5.600	4.720
2	1.630	7.800	6.130
3	1.651	6.600	5.151

Tabla LXXXIII. Pesos para obtener la humedad de las hojas de *Litsea guatemalensis*.

	Región 3		
Muestra	Wo (g)	Wm (g)	Wf (g)
1	0.686	4.150	2.452
2	0.642	4.168	2.429
3	0.556	4.429	2.365

Tabla LXXXIV. Pesos para obtener la humedad de las hojas de *Litsea glaucescens*.

	Región 1		
Muestra	Wo (g)	Wm (g)	Wf (g)
1	2.190	5.180	4.710
2	2.180	5.300	4.770
3	2.150	5.100	4.728

Tabla LXXXV. Pesos para obtener la humedad de las hojas de *Litsea glaucescens*.

	Región 2		
Muestra	Wo (g)	Wm (g)	Wf (g)
1	2.695	5.607	5.497
2	2.700	5.500	5.400
3	2.595	5.795	5.507

Tabla LXXXVI. Pesos para obtener la humedad de las hojas de *Litsea glaucescens*.

	Región 3		
Muestra	Wo (g)	Wm (g)	Wf (g)
1	1.619	3.760	3.799
2	1.625	3.678	3.812
3	1.575	3.525	3.625

Tabla LXXXVII. Pesos iniciales y finales de viales al obtener el aceite esencial de *Litsea guatemalensis*.

	Región 1	
Muestra	Wo (g)	Wf (g)
1	2.6938	3.3037
2	2.6811	3.2994
3	2.6944	3.2630

Tabla LXXXVIII. Pesos iniciales y finales de viales al obtener el aceite esencial de *Litsea guatemalensis*.

	Región 2	
Muestra	Wo (g)	Wf (g)
1	2.6762	3.1283
2	2.6486	3.0396
3	2.6760	3.2419

Tabla LXXXIX. Pesos iniciales y finales de viales al obtener el aceite esencial de *Litsea guatemalensis*.

	Región 3	
Muestra	Wo (g)	Wf (g)
1	2.7102	3.4945
2	2.6780	3.4193
3	2.6706	3.3015

Tabla XC. Pesos iniciales y finales de viales al obtener el aceite esencial de *Litsea glaucescens*.

	Región 1	
Muestra	Wo (g)	Wf (g)
1	2.6990	3.5163
2	2.7037	3.6617
3	2.6889	3.6891

Tabla XCI. Pesos iniciales y finales de viales al obtener el aceite esencial de *Litsea glaucescens*.

	Región 2	
Muestra	Wo (g)	Wf (g)
1	2.7105	3.2976
2	2.7114	3.2482
3	2.7012	3.1652

Tabla XCII. Pesos iniciales y finales de viales al obtener el aceite esencial de *Litsea glaucescens*.

	Región 3	
Muestra	Wo (g)	Wf (g)
1	2.6901	4.0872
2	2.7440	3.9464
3	2.6881	3.9634

Tabla XCIII. Pesos para obtener la densidad del aceite esencial de *Litsea guatemalensis*.

	Región 1		
Muestra	Wo (g)	V (ml)	Wf (g)
1	11.307	0.16	11.451
2	11.303	0.14	11.420
3	11.298	0.16	11.435

Tabla XCIV. Pesos para obtener la densidad del aceite esencial *Litsea guatemalensis*.

	Región 2		
Muestra	Wo (g)	V (ml)	Wf (g)
1	11.351	0.14	11.465
2	11.307	0.14	11.419
3	11.303	0.14	11.423

Tabla XCV. Pesos para obtener la densidad del aceite esencial de *Litsea guatemalensis*.

	Región 3		
Muestra	Wo (g)	V (ml)	Wf (g)
1	11.306	0.14	11.412
2	11.301	0.16	11.428
3	11.289	0.18	11.431

Tabla XCVI. Pesos para obtener la densidad del aceite esencial de *Litsea glaucescens*.

	Región 1		
Muestra	Wo (g)	V (ml)	Wf (g)
1	11.302	0.16	11.441
2	11.296	0.14	11.421
3	11.306	0.16	11.444

Tabla XCVII. Pesos para obtener la densidad del aceite esencial de *Litsea glaucescens*.

	Región 2		
Muestra	Wo (g)	V (ml)	Wf (g)
1	11.307	0.16	11.433
2	11.298	0.14	11.415
3	11.305	0.16	11.433

Tabla XCVIII. Pesos para obtener la densidad del aceite esencial de *Litsea glaucescens*.

	Región 3		
Muestra	Wo (g)	V (ml)	Wf (g)
1	11.308	0.16	11.439
2	11.286	0.14	11.401
3	11.287	0.18	11.437

Tabla XCIX. Índice de refracción del aceite esencial de *Litsea guatemalensis*.

Muestra*	Región 1	Región 2	Región 3
1	1.5740	1.5740	1.5740
2	1.5740	1.5740	1.5740
3	1.5745	1.5740	1.5750
Promedio	1.5742	1.5740	1.5743

*Temperatura: 23°C

Tabla C. Índice de refracción del aceite esencial de *Litsea glaucescens*.

Muestra*	Región 1	Región 2	Región 3
1	1.5740	1.5735	1.5740
2	1.5740	1.5735	1.5740
3	1.5740	1.5745	1.5740
Promedio	1.5740	1.5738	1.5740

*Temperatura: 23°C

Tabla CI. Miscibilidad en etanol del aceite esencial de laurel.

Especie	Región 1	Región 2	Región 3
<i>Litsea guatemalensis</i>	+	+	+
<i>Litsea glaucescens</i>	+	+	+