



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

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA
DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA DE LAS BAYAS DE LAUREL (*Litsea glaucescens*
HBK) PROVENIENTE DE ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ,
UTILIZANDO TRES SOLVENTES A NIVEL LABORATORIO**

José Carlos Vladimir López Cano

Asesorado por el Ing. Mario José Mérida Meré

Guatemala, abril de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA
DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA DE LAS BAYAS DE LAUREL (*Litsea glaucescens*
HBK) PROVENIENTE DE ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ,
UTILIZANDO TRES SOLVENTES A NIVEL LABORATORIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ CARLOS VLADIMIR LÓPEZ CANO
ASESORADO POR ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, ABRIL DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
EXAMINADOR	Ing. Víctor Herbert de León Morales
EXAMINADORA	Inga. María Alejandra Ma Villatoro
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA
DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA DE LAS BAYAS DE LAUREL (*Litsea glaucescens*
HBK) PROVENIENTE DE ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ,
UTILIZANDO TRES SOLVENTES A NIVEL LABORATORIO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha octubre de 2014.

José Carlos Vladimir López Cano



Guatemala, 19 de enero de 2016

Ingeniero
Carlos Salvador Wong Davi
Director
Escuela de Ingeniería Química

Respetable Ingeniero Wong:

Con un cordial saludo me dirijo a su persona para informarle que hemos aprobado el informe final de Trabajo de Graduación titulado: **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA DE LAS BAYAS DE LAUREL (*Litsea glaucescens* HBK) PROVENIENTE DE ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ UTILIZANDO TRES SOLVENTES A NIVEL LABORATORIO”**. Elaborado por el estudiante de Ingeniería Química José Carlos Vladimir López Cano con número de carné 201020315.

Sin otro particular nos suscribimos de usted.

Atentamente

Ing. Qco. Mario José Mérida Méndez
Coordinador

Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE-
Sección Química Industrial CII/USAC
Asesor



Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
Profesora Investigadora
Sección Química Industrial CII/USAC
Asesora





Guatemala, 09 de marzo de 2016.
Ref. EIQ.TG-IF.012.2016.

Ingeniero
Carlos Salvador Wong Davi
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Wong:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **086-2014** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por el estudiante universitario: **José Carlos Vladimir López Cano**.
Identificado con número de carné: **2010-20315**.
Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA
FRACCIÓN LIPÍDICA DE LAS BAYAS DE LAUREL (*Litsea glaucescens* HBK)
PROVENIENTE DE ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ UTILIZANDO TRES
SOLVENTES A NIVEL LABORATORIO**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por los Ingenieros Químicos: **Telma Maricela Cano Morales y Mario José Mérida Meré**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Gerardo Ordoñez
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo






Ref.EIQ.TG.021.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **JOSÉ CARLOS VLADIMIR LÓPEZ CANO** titulado: **"EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA DE LAS BAYAS DE LAUREL (*LITSEA GLAUCESCENS* HBK) PROVENIENTE DE ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ, UTILIZANDO TRES SOLVENTES A NIVEL LABORATORIO"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Carlos Salvador Wong Davi
Director
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, abril 2016

Cc: Archivo
CSWD/ale

Universidad de San Carlos
De Guatemala

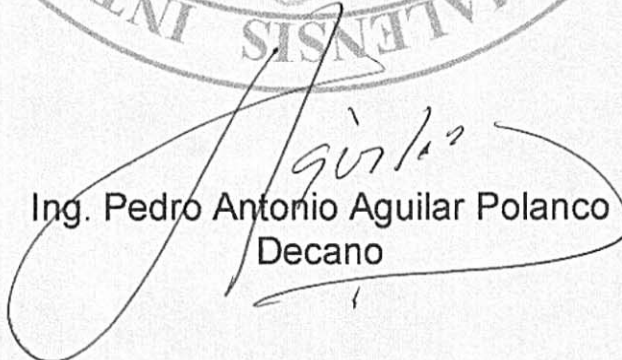


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.178.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA DE LAS BAYAS DE LAUREL (*LITSEA GLAUCESCENS HBK*) PROVENIENTE DE ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ, UTILIZANDO TRES SOLVENTES A NIVEL LABORATORIO**, presentado por el estudiante universitario: **José Carlos Vladimir López Cano**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, abril 2016

/cc



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por las bendiciones que me ha brindado en todos los aspectos de mi vida, por la sabiduría para poder culminar esta meta.
- Mis padres** Israel López Arellano y Miriam Cano Morales, por su amor, buen ejemplo y apoyo en todo momento.
- Mis hermanos** María Fernanda y Juan Pablo López Cano, por brindarme momentos de alegría y felicidad en cada momento.
- Mis abuelos** Aparicio Cano Serrano (q. e. p. d.), Alejandra Morales, Baudilio López y Elena de La Cruz Arellano (q. e. p. d.), por su amor, buen ejemplo y sacrificio por mi familia.
- Mis tíos** Por su cariño, consejos y cuidado que me han demostrado en todo momento.
- Mis primos** Por los gratos momentos que hemos compartido juntos, siempre he sentido el apoyo y confianza de cada uno de ustedes.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por la oportunidad brindada en cada momento de mi carrera profesional, orgulloso de ser egresado de la universidad del pueblo.
Mis padres	Por su esfuerzo, sacrificio, confianza y amor demostrado en cada momento para lograr esta meta; agradecido eternamente con ellos.
Mis hermanos	Por su cariño y momentos de felicidad que hemos compartido, siempre con ustedes.
Mi familia	Abuelos, tíos y primos, por el apoyo que me han brindado en todo momento; este triunfo es también de todos ustedes.
Mis amigos	Por su amistad, cariño y sinceridad que me han demostrado en estos años, gracias por cada momento que hemos disfrutado juntos.
Mis asesores	Inga. Telma Cano Morales e Ing. Mario Mérida Meré, por siempre confiar en mí, apoyarme en cada momento y brindarme la oportunidad de crecer como persona y como profesional.

Andrea Pimentel

Por su cariño, confianza y apoyo brindado en los momentos más complicados para lograr esta meta, suyo de corazón y de alma.

Gregorio Prem

Por la confianza y apoyo brindado para la adquisición de la materia prima.

**Laboratorio de
Investigación de
Extractos Vegetales
(LIEXVE)**

Por ser parte fundamental en mi formación como profesional, por la oportunidad y confianza brindada en cada momento, a cada una de las personas que compartieron conmigo esta bonita experiencia de estar en el mejor laboratorio de la escuela de ingeniería química.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
Hipótesis	XX
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Lípidos.....	3
2.1.1. Ácidos grasos	4
2.1.2. Ácidos grasos saturados	5
2.1.3. Ácidos grasos insaturados.....	5
2.1.4. Propiedades físicas de los lípidos.....	7
2.1.5. Medición de ácidos grasos del aceite fijo	7
2.1.6. Uso de los aceites fijos	8
2.2. Ventajas en el uso de los aceites fijos	8
2.2.1. Cumplimiento de las regulaciones	8
2.2.2. Dilución.....	9
2.2.3. Facilidad	9
2.2.4. Natural	9
2.2.5. Vida de anaquel.....	9
2.3. Economía de los aceites fijos en Guatemala.....	9

2.4.	Métodos de extracción de aceite fijo	10
2.4.1.	Proceso de lixiviación	11
2.4.1.1.	Aplicaciones de la lixiviación	13
2.4.2.	Tratamientos de la materia prima	14
2.4.2.1.	Secado	14
2.4.2.2.	Almacenamiento.....	15
2.4.2.3.	Reducción del material vegetal	16
2.5.	Factores que afectan el rendimiento de los aceites fijos	16
2.5.1.	Tipo de materia prima	16
2.5.2.	Tiempo de secado.....	16
2.5.3.	Tamaño de partícula	17
2.5.4.	Método de extracción	17
2.5.4.1.	Técnica Soxhlet.....	17
2.5.4.2.	Maceración.....	19
2.5.5.	Naturaleza del solvente	20
2.6.	Caracterización fisicoquímica del aceite fijo.....	21
2.6.1.	Densidad	21
2.6.2.	Índice de refracción	21
2.6.3.	Cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas	21
2.7.	Laurel (<i>Litsea glaucescens</i> HBK).....	22
2.7.1.	Descripción botánica	22
2.7.2.	Nombre científico	22
2.7.3.	Agricultura	22
2.7.4.	Características de la planta	23
2.7.5.	Distribución en Guatemala	23
2.7.6.	Aceite fijo de las bayas de laurel	24
2.7.7.	Aplicaciones del aceite fijo de las bayas de laurel...24	

3.	DISEÑO METODOLÓGICO	27
3.1.	Localización	27
3.2.	Variables.....	27
3.2.1.	Variable de respuesta.....	28
3.3.	Delimitación del campo de estudio	28
3.4.	Obtención de las muestras	29
3.5.	Recursos humanos.....	29
3.6.	Recursos materiales	30
3.7.	Técnicas cuantitativas de la investigación	31
3.7.1.	Análisis estadístico de los datos	34
3.8.	Recolección y ordenamiento de la información.	36
3.9.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	44
3.10.	Análisis estadístico	50
4.	RESULTADOS	55
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	63
	CONCLUSIONES	71
	RECOMENDACIONES	73
	BIBLIOGRAFÍA	75
	APÉNDICES	77
	ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Equipo de extracción Soxhlet.....	18
2.	Rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel obtenido por hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y alcohol isopropílico (C_3H_8O) como solventes a diferentes métodos de extracción.....	56
3.	Densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel obtenido por hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y alcohol isopropílico (C_3H_8O) como solventes a diferentes métodos de extracción.....	58
4.	Índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel obtenido por hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y alcohol isopropílico (C_3H_8O) como solventes a diferentes métodos de extracción.....	59

TABLAS

I.	Exportaciones e importaciones de aceites fijos y resinoides en Guatemala.....	10
II.	Experimento de dos factores.....	34
III.	Varianza en un experimento de dos factores.....	35
IV.	Extracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método de maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C_6H_{14}) como solvente.....	36

V.	Extracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método de maceración dinámica con reflujo, utilizando acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) como solvente	37
VI.	Extracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método de maceración dinámica con reflujo, utilizando alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solvente.....	37
VII.	Extracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando hexano (C ₆ H ₁₄) como solvente.....	37
VIII.	Extracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) como solvente ..	38
IX.	Extracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solvente	38
X.	Índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet utilizando hexano (C ₆ H ₁₄), acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) y alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solventes.....	38
XI.	Índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método de maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C ₆ H ₁₄), acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) y alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solventes.....	39
XII.	Densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando hexano (C ₆ H ₁₄), acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) y alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solventes.....	40
XIII.	Densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C ₆ H ₁₄), acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) y alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solventes.....	40
XIV.	Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando hexano (C ₆ H ₁₄)	

	como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID).....	41
XV.	Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID).....	41
XVI.	Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)	42
XVII.	Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo utilizando hexano (C ₆ H ₁₄) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)	42
XVIII.	Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)	43
XIX.	Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)	43
XX.	Rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método de maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C ₆ H ₁₄), acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) y alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solventes	44
XXI.	Rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando hexano (C ₆ H ₁₄), acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) y alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solventes	44

XXII.	Índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y alcohol isopropílico (C_3H_8O) como solventes.....	45
XXIII.	Índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y alcohol isopropílico (C_3H_8O) como solventes.....	45
XXIV.	Densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet utilizando hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y alcohol isopropílico (C_3H_8O) como solventes.....	46
XXV.	Densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y alcohol isopropílico (C_3H_8O) como solventes.....	46
XXVI.	Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando hexano (C_6H_{14}) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)	47
XXVII.	Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)	47
XXVIII.	Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando alcohol isopropílico (C_3H_8O) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)	48
XXIX.	Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo,	

	utilizando hexano (C_6H_{14}) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)	48
XXX.	Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)	49
XXXI.	Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando alcohol isopropílico (C_3H_8O) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)	49
XXXII.	Experimento de dos factores para el rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel, utilizando hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y alcohol isopropílico (C_3H_8O) como solventes	50
XXXIII.	Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para el rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel, utilizando hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y alcohol isopropílico (C_3H_8O) como solventes	51
XXXIV.	Experimento de dos factores para el índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel, utilizando hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y alcohol isopropílico (C_3H_8O) como solventes	51
XXXV.	Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para el índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel utilizando hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y alcohol isopropílico (C_3H_8O) como solventes	52
XXXVI.	Experimento de dos factores para la densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel utilizando hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y alcohol isopropílico (C_3H_8O) como solventes	52

XXXVII.	Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para la densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel utilizando hexano (C ₆ H ₁₄), acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) y alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solventes	53
XXXVIII.	Rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C ₆ H ₁₄), acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) y alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solventes	55
XXXIX.	Rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando hexano (C ₆ H ₁₄), acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) y alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solventes	55
XL.	Densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C ₆ H ₁₄), acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) y alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solventes	57
XLI.	Densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet utilizando hexano (C ₆ H ₁₄), acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) y alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solventes	57
XLII.	Índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo utilizando hexano (C ₆ H ₁₄), acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) y alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solventes	58
XLIII.	Índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet utilizando hexano (C ₆ H ₁₄), acetato de etilo (C ₄ H ₈ O ₂) y alcohol isopropílico (C ₃ H ₈ O) como solventes	59
XLIV.	Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo utilizando hexano (C ₆ H ₁₄) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)	60

- XLV. Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo utilizando acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID) 60
- XLVI. Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo utilizando alcohol isopropílico (C_3H_8O) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID) 61

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
R^2	Coefficiente de correlación
ρ	Densidad
σ	Desviación estándar
$^{\circ}\text{C}$	Grado Celsius
g	Gramos
g/mL	Gramo sobre mililitro
H_i	Hipótesis alternativa
H_o	Hipótesis nula
H	Hora
I.R.	Índice de refracción
\bar{X}	Media aritmética
mL	Mililitro
%	Porcentaje
SSE	Suma de cuadrados para el error
SSA	Suma de cuadrados para tratamientos A
SST	Suma de cuadrados para tratamientos B
T	Totales

GLOSARIO

Aceite fijo	Fracción grasa, densa y no volátil de ciertas plantas.
Cromatografía de gases	Método físico de separación en el cual los componentes a separar se distribuyen entre dos fases, una fase estacionaria, de gran área superficial, y la otra es un fluido (en este caso un gas) que pasa a través o a lo largo de la fase estacionaria.
Destilación	Separación mediante vaporización y condensación en los diferentes componentes líquidos, disueltos en líquidos o gases licuados de una mezcla en función de sus presiones de vapor.
Expresión	Método de extracción que tiene como fin exprimir con máquina o a mano el material vegetal para la obtención de aceites.
Índice de refracción	Cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio; este determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio.

Isopropeno	Molécula de naturaleza hidrocarbonada que responde a la fórmula 2-metil-1,3-butadieno. Es precursor de los lípidos simples denominados isoprenoides.
Lixiviación	Es un proceso en el que un disolvente líquido se pone en contacto con un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno de los componentes de sólido.
Maceración dinámica	Método de extracción vegetal en el que la materia prima se coloca en contacto directo en un solvente, para que sus membranas celulares sean rotas y el solvente absorba los componentes activos por medio de una agitación.
Soxhlet	Es utilizado para la extracción de compuestos, generalmente de naturaleza lipídica, contenidos en un sólido, a través de un disolvente afín.
Toxicología	Es una ciencia que estudia los efectos nocivos de los agentes químicos, biológicos y de los agentes físicos en los sistemas biológicos y que establece, además, los organismos vivos a dichos agentes.
Varianza	Es una medida estadística de dispersión definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto de su media y está medida en unidades distintas de la variable actualizada.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación se realizó con el objetivo de evaluar el rendimiento y caracterización fisicoquímica de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) proveniente de Antigua Guatemala, utilizando tres solventes a nivel laboratorio.

Se utilizó materia prima de bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) proveniente del municipio de Antigua Guatemala del departamento de Sacatepéquez, Guatemala. Las bayas se sometieron a un proceso de secado, el cual se realizó por lotes en un secador eléctrico de bandejas de flujo transversal.

La fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) se obtuvo por el método de lixiviación utilizando la técnica Soxhlet y maceración dinámica con reflujo a temperatura de ebullición del solvente; se utilizaron tres solventes de extracción: hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y alcohol isopropílico de grado analítico (C_3H_8O); posteriormente se llevó a cabo la separación del solvente de la fracción lipídica por medio de un sistema de presión reducida con el equipo de rota evaporación, recuperando el solvente, para luego reutilizarlo en las demás extracciones.

Para la caracterización fisicoquímica de la fracción lipídica se realizó el índice de refracción y la densidad; además se determinó el perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica extraída con los tres solventes, mediante cromatografía gaseosa empleando un detector de ionización de llama (FID).

Se determinó que para la extracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) el mayor rendimiento extractivo por maceración dinámica utilizando el solvente acetato de etilo ($C_4H_8O_2$), fue de 18,40 % con densidad de 0,936 g/mL, con un índice de refracción de 1,461 y el ácido graso presente en mayor proporción es el ácido laurico éster metílico.

OBJETIVOS

General

Evaluar el rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) en función de la capacidad extractora de tres solventes y la caracterización fisicoquímica.

Específicos

1. Evaluar el porcentaje de rendimiento extractivo de la fracción lipídica en función de la capacidad extractora de tres solventes por el método de lixiviación con maceración dinámica con reflujo y extracción Soxhlet.
2. Determinar las propiedades fisicoquímicas de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) en función del extracto obtenido en cada solvente.
3. Determinar el perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) obtenida por maceración dinámica por medio de cromatografía gaseosa según el Reglamento Técnico Centroamericano de Grasas y Aceites (RTCA 67.04.40:07).

Hipótesis

Hipótesis de trabajo

Es factible evaluar el rendimiento extractivo en la lixiviación de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) utilizando la técnica maceración dinámica y Soxhlet, utilizando tres solventes, hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como factor de variación.

Hipótesis estadística

- Hipótesis nulas
 - Ho₁: no existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento extractivo de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) que se obtiene en función de la variación del tipo de solvente, hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O), por maceración dinámica con reflujo.
 - Ho₂: no existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento extractivo de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) que se obtiene en función de la variación del tipo de solvente, hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O), por extracción Soxhlet.

- Ho₃: no existe diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) en función del extracto obtenido en cada solvente.
- Ho₄: no existe diferencia significativa en el perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) obtenida por maceración dinámica por medio de cromatografía gaseosa acoplada a espectrofotometría de masas.
- Hipótesis alternativa
 - Hi₁: existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento extractivo de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) que se obtiene en función de la variación del tipo de solvente, hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O), por maceración dinámica con reflujo.
 - Hi₂: existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento extractivo de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) que se obtiene en función de la variación del tipo de solvente, hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O), por extracción soxhlet.
 - Hi₃: existe diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) en función del extracto obtenido en cada solvente.

- Hi₄: existe diferencia significativa en el perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) obtenida por maceración dinámica por medio de cromatografía gaseosa acoplada a espectrofotometría de masas.

INTRODUCCIÓN

Se conocen como aceites vegetales a los compuestos orgánicos obtenidos a partir de semillas u otras partes de las plantas en cuyos tejidos se acumulan fuentes de energía. No se volatilizan por exposición al aire a temperatura ambiente, la fracción lipídica puede provenir de frutos o semillas como del maíz, arroz, nuez, almendra, entre otros. Estos aceites llamados también ácidos grasos no saturados, son líquidos a temperatura ambiente; los ácidos grasos no saturados se destacan como monoinsaturados, el oléico y como polinsaturados, el lindénico, entre otros.

Los métodos de extracción de las fracciones lipídicas se dividen de acuerdo con su objetivo, en agotamiento de la materia prima: técnica Soxhlet y equilibrio entre la concentración de solvente y materia prima en: maceración dinámica y estática con y sin reflujo. Para el trabajo de investigación de extracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) se utilizó el método Soxhlet y maceración dinámica, utilizando tres solventes de extracción, hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y alcohol isopropílico de grado analítico (C_3H_8O).

Guatemala cuenta con una gran biodiversidad y entre esta se tiene gran cantidad de plantas medicinales y aromáticas en las que se encuentra el laurel; en el país se han descrito tres especies nativas de las cuales se analizó una de ellas (*Litsea glaucescens* HBK).

1. ANTECEDENTES

El Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala ha realizado varios proyectos de investigación de extractos vegetales que incluyen aceites esenciales, aceites fijos, colorantes y oleorresinas; así como en otras universidades latinoamericanas.

En 2005 el estudio elaborado por la ingeniería Margaret Corrales Valencia sobre la extracción del aceite de almendra de la semilla del zapallo (*Cucúrbita máxima ducht*) se indica que la semilla se ha utilizado como diurético, vermífugo, tónico estomacal y antihelmíntico. La investigación se realizó en el laboratorio de control de calidad de la Universidad Católica de Santa María en Perú. El aceite de almendra de la semilla del zapallo cuyo principio activo (cucurbitina), presentó un rendimiento del 43 %; además, el componente activo antiparasitario aplicado, principalmente, para niños de edades que fluctúan entre los 7 a 12 años, aproximadamente. Este trabajo permitió la obtención, extracción, purificación y determinación de algunas propiedades físicoquímicas del aceite.

En 2006, los ingenieros Jorge Iván Novelo Pérez y José Antonio Rocha Uribe, de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán, realizaron un estudio que describe la extracción lipídica de semillas de chía que se someten a extracción con dióxido de carbono supercrítico para la obtención de ácidos grasos ricos en ácido linolénico (omega-3) y ácido linoleico (omega-6). Se determinó factible usar CO₂ como solvente en la extracción supercrítica del aceite de semillas de chía (*Salvia hispánica, L*) con el objetivo de encontrar las condiciones de extracción que favorezcan el mayor

rendimiento; se evaluaron temperaturas entre 40 y 80 °C y presiones de 136 a 408 bar.

En el análisis de los rendimientos se observó que la presión tiene un efecto más significativo que la temperatura y se obtuvo el mayor rendimiento a 80 °C y 408 bar. Además, se determinó que el rendimiento máximo obtenido fue de 20% en un tiempo de extracción de 6 horas.

En abril de 2007, Glenda Rocío Luna, de la Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, realizó su trabajo de graduación denominado: *Análisis fisicoquímico y evaluación del rendimiento de extracción del aceite de semilla de morro (Crescentia alata HBK) proveniente de las regiones de Estanzuela, Zacapa y San Agustín Acasaguastlán, El Progreso*. El trabajo refleja la variación del porcentaje de rendimiento de extracción del aceite de morro y su calidad según la región de cultivo del mismo.

En octubre de 2008, Midzar Daniel García Estrada de la Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, realizó su trabajo de graduación titulado: *Obtención y caracterización fisicoquímica del aceite de macadamia de las especies Tetraphyllia e Intergrifolia*. La investigación consistió en extraer mecánicamente por extrusión el aceite de las dos especies de macadamia, luego se caracterizó el aceite obtenido y se hizo una comparación de la calidad y contenido de ácidos grasos de ambos aceites. El resultado del perfil de ácidos grasos dio diez diferentes ácidos grasos, siendo estos los ácidos mirístico, palmítico, palmitoleico, margárico, esteárico, oleico, linoleico, araquídico, linolénico y behínico.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Lípidos

Los lípidos constituyen un grupo de biomoléculas estructuralmente muy heterogéneo, pero con características comunes de solubilidad; es decir, son poco o nada solubles en agua, pero solubles en disolventes no polares (hexano, acetato de etilo, alcohol isopropílico). La mayoría de los lípidos forman los aceites y grasas. Los lípidos cumplen funciones diversas en los organismos vivos, entre ellas la de reserva energética (triglicéridos), la estructural (fosfolípidos) y la reguladora (esteroides).

La baja solubilidad de los lípidos en agua se debe a que su estructura química es fundamentalmente hidrocarbonada, es decir, deriva en gran parte de las propiedades de los enlaces carbono-hidrógeno y carbono-carbono presentes en estos compuestos, cuya naturaleza es 100 % covalente y su momento dipolar es mínimo. Por ello el agua que es una molécula muy popular y con gran facilidad para formar puentes de hidrógeno, no es capaz de interactuar con estas moléculas.

En presencia de moléculas lipídicas, las moléculas de agua adoptan en torno a ellas una estructura muy ordenada que maximiza las interacciones entre las propias moléculas de agua, forzando a la molécula hidrofóbica al interior de una estructura en forma de jaula, que también reduce la movilidad del lípido.

2.1.1. Ácidos grasos

Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos de cadena larga, que se hallan normalmente formando parte de otros lípidos por medio de enlaces éster, y rara vez amida. Tienen en un extremo de la cadena un grupo carboxilo (-COOH). Según la naturaleza de la cadena carbonada de los ácidos grasos, estos pueden ser saturados, insaturados, lineales, ramificados o alicíclicos y pueden tener como sustituyentes grupos hidroxilo u oxo. Los más abundantes son los ácidos grasos lineales con número par de átomos de carbono, generalmente más de 12 átomos de carbono y menos de 24.

Los ácidos carboxílicos presentan solubilidad decreciente en agua, al aumentar la longitud de la cadena carbonada, de manera que a partir de C12:0 son prácticamente insolubles. Las sales de los ácidos grasos se llaman jabones, y debido a la polaridad del anión carboxilato son muy miscibles con el agua. Los diferentes ácidos grasos que intervienen en la composición de los glicéridos son los que confieren las características particulares de cada aceite y determinan su comportamiento como nutriente.

Los ácidos grasos como tales (ácidos grasos libres) son poco frecuentes en los alimentos, y además, son generalmente producto de la alteración lipolítica. Sin embargo, son constituyentes fundamentales de la gran mayoría de lípidos, hasta el punto de que su presencia es casi definitiva en esta clase de sustancias.

La mencionada heterogeneidad estructural de los lípidos dificulta cualquier clasificación sistemática. Aunque rara vez se hallan en estado libre, los llamados ácidos grasos-ácidos carboxílicos de cadena larga- forman parte de la mayoría de los lípidos.

2.1.2. Ácidos grasos saturados

La longitud de la cadena va desde los cuatro carbonos del ácido butírico a los 35 del ácido ceroplástico. Dada su estructura, los ácidos grasos saturados son sustancias extremadamente estables, desde el punto de vista químico.

Se incluyen los lípidos que por hidrólisis liberan ácidos grasos o productos emparentados metabólicamente con ácidos grasos. Alcoholes superiores y ceras. Son ésteres de ácidos grasos de cadena larga, con alcoholes también de cadena larga. En general son sólidas y totalmente insolubles en agua.

Según el sistema IUPAC, se nombra el hidrocarburo original del ácido graso basándose en el número de carbonos y se cambia el sufijo *o* del nombre del hidrocarburo por *oico*. Existen nombres comunes para la mayoría de los ácidos grasos de cadena par de carbonos y varios de cadena impar.

Otra forma de nombrar los ácidos grasos es por medio del sistema numérico para nombres abreviados. El primer número en este sistema indica el número de carbonos del ácido graso y el segundo señala el número de dobles enlaces. Para los ácidos grasos saturados, este segundo número siempre va a ser cero.

2.1.3. Ácidos grasos insaturados

Los ácidos grasos insaturados tienen en la cadena dobles enlaces, en número que van de 1 a 6, los que tienen una sola saturación se llaman monoinsaturados, quedando para el resto el término de polinsaturados, aunque evidentemente, también puede hablarse de dinsaturados, trinsaturados, entre otros.

En los ácidos grasos habituales, es decir, en la inmensa mayoría de los procedentes del metabolismo eucariota que no han sufrido un procesado o alteración química; los dobles enlaces están siempre en la configuración Cis.

Los ácidos grasos que contienen dobles enlaces en su cadena alifática son denominados como ácidos grasos insaturados. En el sistema IUPAC el sufijo *anoico* se cambia a *enoico* para señalar la presencia de un doble enlace. Con base en el número de dobles enlaces se agregan los prefijos *di-*, *tri-*, *tetra-* y así sucesivamente.

Para ácidos grasos insaturados también existen nombres comunes y el sistema de abreviatura numérica es muy similar al utilizado para los ácidos grasos saturados con la diferencia que el segundo número se indica la cantidad de dobles enlaces y la posición de estos se muestra mediante el sistema delta (Δ) que señala el lugar a partir del grupo carboxilo terminal.

Un método alternativo de numeración que indica la posición del doble enlace contado a partir del metilo terminal de ácido graso se conoce como sistema omega (ω). Este sistema es útil para agrupar los ácidos grasos sobre su actividad biológica, ya que muchas enzimas reconocen a los ácidos grasos a partir del metilo terminal libre de la molécula cuando está esterificada al glicerol¹.

La configuración natural de los dobles enlaces en los ácidos grasos insaturados es *cis*. Los dobles enlaces de los ácidos grasos poliinsaturados se presentan frecuentemente como sistema pentadiénico en donde los dobles enlaces están separados por tres carbonos. Esto hace posible predecir la

¹ DAMODARAN, Parkin; FENNEMA. *Química de los alimentos*. p. 85.

posición de todos los dobles enlaces en la mayor parte de ácidos grasos naturales, conociendo únicamente la posición del primero de ellos.

2.1.4. Propiedades físicas de los lípidos

La presencia de dobles enlaces influye en el punto de fusión de los ácidos grasos. Asimismo, los dobles enlaces en configuración *cis* provocan que estos se ordenen en una configuración más torcida. Por ello, los ácidos grasos insaturados no son lineales, siendo difícil que se orienten por sí mismos en empaquetamiento compacto. A causa de este impedimento estérico, las fuerzas de Van der Waals en ácidos grasos insaturados en configuración *cis* son más débiles e incluso inexistentes, lo que hace que existan en estado líquido bajo condiciones normales.

2.1.5. Medición de ácidos grasos del aceite fijo

Se utiliza la cromatografía de gases con espectrómetro de masas acoplado para la identificación y cuantificación de ácidos grasos presentes en el aceite fijo. Debido a la baja volatilidad del aceite fijo se debe realizar un procedimiento previo para volatilizar el analito y no utilizar temperaturas que lleguen a descomponerlo o evitar precipitaciones en la columna. Otra razón por la que se hace derivar la muestra es para agregar un grupo funcional que aumente la resolución de detección del compuesto.

La derivatización es el proceso mediante el cual se transforma el analito por una reacción química a un derivado que sea posible analizar con facilidad en el cromatógrafo de gases. En el caso de los ácidos grasos, los triglicéridos deben ser hidrolizados a ácidos grasos libres, y posteriormente metilados para formar el metiléster correspondiente del ácido graso.

2.1.6. Uso de los aceites fijos

Los aceites fijos tienen un amplio uso en la industria de alimentos y de medicamentos sustituyendo las plantas secas o las tinturas. Se emplean en la coloración de productos lácteos, principalmente en mantequillas, margarinas, quesos, en productos de panadería y mezclado con el colorante bixina para la coloración de confituras, helados y pudines. También se utiliza industrialmente como saporífero de salsas curry, en curtidos, salsas y condimentos, en sopas y purés instantáneos, en la coloración de la mostaza, en helados de vainilla, en yogurts y en productos de harina.

Los aceites fijos en general son ampliamente comercializados y existen muchos países interesados en importar y exportar estos productos, siendo los mayores exportadores de especias a nivel mundial, la India, Estados Unidos, Madagascar y Australia.

2.2. Ventajas en el uso de los aceites fijos

A continuación se describen las ventajas y otros aspectos importantes al utilizar los aceites fijos.

2.2.1. Cumplimiento de las regulaciones

Sus bases legales están reguladas por la FDA (Food and Drug Administration) y están en la clasificación de GRAS (generally recognized as safe), y según la Directiva 95/45/CE referente a criterios específicos de pureza, en relación con los colorantes utilizados en los productos alimenticios, esto permite la libre adición de los aceites fijos dentro de las formulaciones de los productos alimenticios.

2.2.2. Dilución

Los aceites fijos pueden ser diluidos hasta obtener la concentración deseada con el fin de adecuarse a las necesidades del producto final.

2.2.3. Facilidad

El uso de los aceites fijos permite mayor control de calidad y procesos más limpios con el uso de la materia prima vegetal, ya que no se debe tratar con grandes cantidades de especie vegetal.

2.2.4. Natural

Es un producto totalmente natural libre de residuos de solventes y pesticidas.

2.2.5. Vida de anaquel

Su alta concentración y ausencia de agua le permiten tener mayor vida debido a su baja probabilidad de degradación por oxidación o pérdida de sabor, y se elimina el deterioro debido a plagas y microbios.

2.3. Economía de los aceites fijos en Guatemala

Los aceites fijos representan una importancia significativa para muchos países. Incluso en zonas del planeta pobres se intenta introducir el cultivo de plantas aromáticas y la obtención de aceites fijos como una forma de aumentar las perspectivas de la población y la riqueza general del país. El paso de vender

plantas aromáticas secas a vender el aceite fijo obtenido de esas plantas puede suponer alrededor de 4 veces más de ingresos económicos.

La producción mundial de aceites fijos es de miles de toneladas anuales. Se está ante un mercado de indudable importancia económica, si bien puede pasar inadvertido para el público general. Los niveles de producción no son comparables para todos los aceites fijos, ya que la producción de cada uno de ellos varía dependiendo de la planta de donde son extraídos.

Guatemala tiene participación a nivel mundial en las exportaciones e importaciones de aceites fijos y resinoides. Esto significa que estos productos tienen un beneficio significativo en la economía guatemalteca y que su utilización ha ido incrementado a nivel nacional.

Tabla I. **Exportaciones e importaciones de aceites fijos y resinoides en Guatemala**

Periodo	Exportaciones	Importaciones
2006	\$ 80 420 686	\$ 191 952 032
2007	\$ 124 367 329	\$ 224 445 955
2008	\$ 132 358 556	\$ 247 867 831
2009	\$ 131 011 469	\$ 260 054 644
2010	\$ 153 520 747	\$ 293 200 838

Fuente: elaboración propia, con datos de la United Nations Statistics Division (UNCOMTRADE).

2.4. Métodos de extracción de aceite fijo

Existen varios métodos de extracción de aceites fijos, entre los cuales se pueden mencionar:

- Maceración dinámica con reflujo
- Maceración estática con reflujo

- Soxhlet
- Destilación mixta
- Expresión en frío
- Maceración
- Extracción por medio de solventes
- Enfleurage

De los métodos de extracción de aceites fijos citados con anterioridad, solo se hará énfasis en la extracción Soxhlet y maceración dinámica con reflujo.

2.4.1. Proceso de lixiviación

Lixiviación es la eliminación de la fracción soluble, en forma de solución, a partir de una fase sólida permeable e insoluble a la cual está asociada. La separación implica, normalmente, la disolución selectiva, con difusión o sin ella, pero en el caso extremo del lavado simple, consiste solo en el desplazamiento (con alguna mezcla) de un líquido intersticial por otro, con el que es miscible. El constituyente soluble puede ser sólido o líquido y estar incorporado, combinado químicamente o adsorbido, o bien mantenido mecánicamente, en la estructura porosa del material insoluble.

El sólido insoluble puede ser másico y poroso; con mayor frecuencia de partículas, y estas últimas pueden ser poros abiertos, de celdas, con paredes celulares selectivamente permeables o con superficies activadas. La corriente de sólidos lixiviados y el líquido que la acompaña se denominan lodos. Al contenido en sólidos de las corrientes se le conoce con el nombre de marc (en particular en los procesos de separación de aceites). La corriente de líquido contenido en la solución lixiviada es el clarificado. El proceso de lixiviación, tiene otros nombre opcionales: extracto, solución, lixiviado o miscelado.

Ya que las corrientes de lodo y clarificado no son fases inmiscibles, sino corrientes basadas en el mismo disolvente, el concepto de equilibrio en lixiviación no es el mismo que el que se aplica en otras separaciones de transferencia de materia. Si el soluto no se adsorbe en el sólido inerte solo se logra el equilibrio verdadero cuando todo el soluto se disuelve y se distribuye de manera uniforme en todo el disolvente, tanto en la corriente de lodos como en la clarificación (o cuando el disolvente se satura uniformemente con el soluto, situación que nunca se presenta en un equipo de extracción diseñado de forma adecuada). La interpretación práctica del equilibrio de lixiviación es el estado en que las corrientes de lodos y clarificado tienen la misma composición.

Los equipos de lixiviación se distinguen por el ciclo de operación (intermitente, continuo o intermitente de cargas múltiples), por la dirección de las diferentes corrientes (concurrente, a contracorriente o flujo híbrido), por el número de etapas (una única etapa, etapas múltiples o etapa diferencial) y por el método de contacto (percolación por pulverización, percolación por inmersión o dispersión de sólidos). En general, los anteriores descriptores catalogan cuatro categorías y deben consignarse para el establecimiento completo de un sistema de lixiviación (por ejemplo, el extractor tipo Bollman es un percolador continuo, con etapas múltiples con pulverización y flujo híbrido).

Es a través de la clasificación, mediante el tipo de contacto, que se proporcionan las dos categorías principales en las que se divide el equipo de lixiviación: los que realizan la lixiviación por percolación, y aquellos en que las partículas sólidas se dispersan en un líquido y, posteriormente, se separan de él. En cada una de esas clases existen unidades continuas y por cargas. Cualquiera que sea el mecanismo y el método de operación, resulta evidente que el proceso de lixiviación estará favorecido por el aumento de la superficie por unidad de volumen de sólidos que se deben lixiviar y por la disminución de

las distancias, en sentido radial, que se deben atravesar al interior de los sólidos; y la disminución del tamaño de las partículas contribuye a ambas cosas.

Por otra parte, los sólidos finos provocan una velocidad lenta de percolación, dificultan la separación de sólidos y producen un sólido de mala calidad. Estas características establecen las bases para un tamaño óptimo de partículas.

2.4.1.1. Aplicaciones de la lixiviación

En la industria de procesos alimenticios y biológicos, muchos productos se separan de su estructura natural original por medio de una lixiviación sólido-líquido, como por ejemplo la lixiviación de azúcar de las remolachas con agua caliente. En la producción de aceites vegetales se emplean disolventes orgánicos como hexano, acetona, alcohol y éter. En la industria farmacéutica se obtiene una gran diversidad de productos por lixiviación de raíces, hojas y tallos de plantas. En la producción de café “instantáneo” soluble, el café tostado y molido se somete a una lixiviación con agua pura. El té soluble se fabrica por lixiviación de hojas de té con agua. El tanino se extrae de las cortezas de árboles por lixiviación con agua.

En la industria metalúrgica, los metales útiles suelen encontrarse en mezclas con grandes cantidades de constituyentes indeseables, y la lixiviación permite extraerlos en forma de sales solubles. Las sales de cobre se disuelven o se lixivian de los minerales molidos que contienen otras sustancias, por medio de soluciones de ácido sulfúrico o amoniacales. Las sales de cobalto y níquel se lixivian de sus minerales con mezclas de ácido sulfúrico-amoniaco-oxígeno.

La lixiviación de oro a partir de sus minerales, se basa en el uso de una solución acuosa de cianuro de sodio.

El hidróxido de sodio se lixivia de una suspensión de carbonato de calcio e hidróxido de sodio, que se prepara haciendo reaccionar carbonato de sodio con hidróxido de calcio

2.4.2. Tratamientos de la materia prima

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

2.4.2.1. Secado

La etapa más importante del tratamiento de la materia prima es, sin duda, el secado. La industria utiliza plantas secas, lo cual facilita su conservación por periodos 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 aceite fijo 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.

2.4.2.2. 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, sino en estantes. El recinto debe tener cortinas o mallas en las ventanas para impedir la entrada de insectos; el lugar debe poseer buena ventilación y baja humedad. Se debe impedir la entrada de aves y eliminar sus nidos, así también tener precaución para no permitir la presencia de roedores.

2.4.2.3. Reducción del material vegetal

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

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

2.5. Factores que afectan el rendimiento de los aceites fijos

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

2.5.1. 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, entre otros.

2.5.2. Tiempo de secado

Dependiendo de este tiempo de secado, la planta tendrá un porcentaje de humedad, por lo que el rendimiento se ve influido.

2.5.3. 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 o con solventes.

2.5.4. Método de extracción

Los procesos de extracción varían en función de la naturaleza y calidad de la materia prima, de la naturaleza del solvente y de la escala de producción. Los procesos de extracción pueden ser divididos en dos grupos:

- Procesos que dan como resultado un equilibrio de la concentración entre el soluto y el residuo.
- Procesos que agotan completamente la materia prima.

Los procesos que dan como resultado un equilibrio de la concentración son la maceración y la maceración dinámica con o sin reflujo. Los procesos que agotan completamente la materia prima son: la percolación, la repercolación y la extracción en contracorriente, conocido como la técnica Soxhlet.

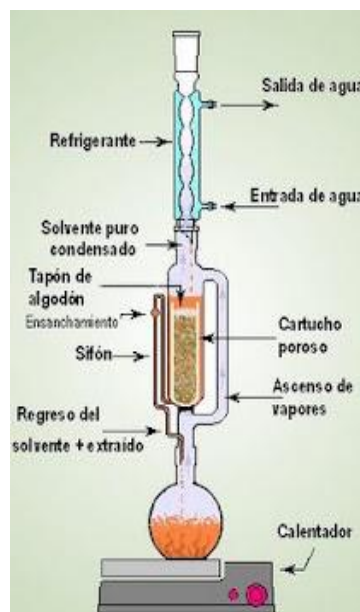
2.5.4.1. Técnica Soxhlet

Este es un método de extracción sólido-líquido que hace uso del extractor Soxhlet; es conocido como el método de referencia, ya que agota la materia prima; este extractor consta de cuatro partes o unidades principales: condensador, unidad de extracción, matraz y dedal; adicionalmente se necesitan mangueras y plancha de calentamiento.

Para realizar una extracción Soxhlet se coloca una cantidad de materia prima seca en el dedal de celulosa; seguidamente se deposita en la unidad de extracción y se adapta al matraz que contiene el solvente que separará las fracciones solubles; cuando este solvente llegue a su punto de ebullición, formará vapor que ascenderá por la pared interna del extractor.

En la parte superior de la unidad de extracción, se conecta el condensador, con su respectiva entrada y salida de agua, cuyo flujo será en contracorriente. Esta parte del extractor Soxhlet permitirá que el vapor que sube por la pared de la unidad de extracción cambie de fase, logrando con esto que caiga a la muestra de materia prima en forma de gota. El dedal deberá llenarse con el solvente que ha sido condensado hasta que alcance la altura del sifón en el extractor, luego será devuelto al matraz para empezar nuevamente el ciclo de extracción.

Figura 1. **Equipo de extracción Soxhlet**



Fuente: *Procesos Bio*. <http://procesosbio.wikispaces.com/file/>. Consulta: septiembre de 2013.

2.5.4.2. Maceración

Consiste en poner en contacto la materia prima, previamente tratada en contacto directo con el solvente durante cierto tiempo. A partir de este método se derivan los siguientes métodos:

- Maceración estática
- Maceración dinámica
- Maceración estática con reflujo
- Maceración dinámica con reflujo

Cuando se refiere a maceración estática quiere decir que la solución se encuentra en reposo, y maceración dinámica quiere decir que la solución se mantiene en agitación constante. Los métodos de maceración, ya sea estática o dinámica con reflujo, corresponden a que se llevará la solución a su punto de ebullición y luego este vapor será condensado, es decir las dos fases se encuentran en movimiento.

Como ya se ha mencionado anteriormente, en la maceración dinámica con reflujo se coloca la materia prima en contacto directo con el solvente en un balón de fondo plano, el cual es acoplado a un condensador; esta solución puede tratarse a temperatura ambiente o elevarla hasta su punto de ebullición. El equipo utilizado a escala laboratorio es: un matraz, un condensador, una plancha de calentamiento y agitación, un soporte, mangueras y el sistema de recirculación.

La ventaja del método maceración dinámica con reflujo es que se trata de un proceso más rápido en comparación con la maceración estática y provoca mayor extracción por el aumento de la temperatura, ya que disminuye

la viscosidad del solvente y aumenta la solubilidad de los componentes de la oleorresina en el solvente, en comparación con la maceración dinámica sin reflujo.

2.5.5. Naturaleza del solvente

Dependiendo de la finalidad deseada, el solvente utilizado extrae, selectivamente o no, cierta clase de compuestos. Entre los solventes generales, los más utilizados son los alcoholes alifáticos de hasta tres carbonos o mezclas de estos con el agua. Estos solventes logran extraer la gran mayoría de las sustancias naturales de interés como alcaloides, flavonoides, glicósidos cardiotónicos y los terpenos. Debido a su poder extractivo, estos solventes son los indicados para los casos en que los constituyentes activos de las plantas no son bien conocidos, siendo necesario agotar completamente la materia prima.

La penetración del solvente en la célula induce un momento dipolar en las moléculas de los compuestos que van a ser extraídos. De esta manera, las sustancias extraíbles se adhieren a las moléculas del solvente. La capacidad de asociación puede expresarse en términos de la constante dieléctrica.

Cuanto más polar sea un solvente mayor será su respectiva constante dieléctrica. Compuestos ionizables o altamente polares se disuelven en solventes de elevada constante dieléctrica; al igual que compuestos apolares, se disolverán en solventes de baja constante dieléctrica.

En el proceso de selección de un solvente determinado es necesario considerar aspectos relacionados con la selectividad, la facilidad de manipulación, el precio, la seguridad y los riesgos en cuanto a una posible contaminación ambiental, siendo el aspecto más importante el grado de toxicidad del solvente.

2.6. Caracterización fisicoquímica del aceite fijo

El análisis fisicoquímico de los extractos de plantas es muy importante en el control de la calidad.

2.6.1. Densidad

La densidad de un aceite fijo, medida a temperatura estándar (25 °C), permite distinguir un aceite fijo auténtico de esencias sintéticas comunes. La densidad se expresa en unidades de masa/volumen, usualmente gramo por centímetro cúbico, la mayoría de los aceites esenciales están compuestos fundamentalmente por terpenos y derivados, compuestos orgánicos con átomos ligeros (carbono, hidrogeno, oxígeno) formando cadenas y anillos.

2.6.2. Índice de refracción

Cuando un haz de luz que se propaga por un medio ingresa a otro distinto, una parte del haz se refleja mientras que la otra sufre una refracción, que consiste en el cambio de dirección del haz. Para esto el índice de refracción del material, que sirve para determinar la diferencia entre el ángulo de incidencia y el de refracción del haz (antes y después de ingresar al nuevo material). El índice de refracción es una magnitud exclusiva de cada aceite esencial y que cambia si se diluye o mezcla con otras soluciones.

2.6.3. Cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas

La cromatografía de gases (GC) se emplea cuando los componentes de la mezcla son volátiles o semivolátiles y térmicamente estables a temperaturas de hasta 350-400 °C. A menudo la cromatografía de gases se emplea para

confirmar la presencia o ausencia de un compuesto en una muestra determinada. Por otra parte, la espectrometría de masas (MS) puede identificar de manera casi inequívoca cualquier sustancia pura, pero normalmente no es capaz de identificar los componentes individuales de una mezcla sin separar previamente sus componentes, debido a la extrema complejidad del espectro, obtenido por superposición de los espectros particulares de cada componente.

La asociación de las dos técnicas da lugar a una técnica combinada GC-MS que permite la separación e identificación de mezclas complejas.

2.7. Laurel (*Litsea glaucescens* HBK)

Es una especie botánica de árbolito angiospérmico de clase dicotiledónea, de la familia de las Lauraceae.

2.7.1. 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.

2.7.2. Nombre científico

El nombre científico del laurel nativo de Guatemala es: *Litsea glaucescens*.

2.7.3. 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 bayas y las hojas se colectan hacia finales de la floración

2.7.4. Características de la planta

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

2.7.5. Distribución en Guatemala

Estos se distinguen por ser árboles dioicos o monoicos. Las hojas parecen más bien escamas opuestas unas a otras o dispuestas en verticilos. Los estróbilos de microesporangios (parte masculina) son muy pequeños, casi invisibles y ordenados en posición axilar o terminal. El polen no tiene alas para dispersarse. Los estróbilos con megaesporas (parte femenina) son también pequeños y están en un cono leñoso, redondeado y estructurado en escamas.

En Guatemala la *Litsea glaucescens* es abundante en el altiplano y sus ejemplares crecen asociados a los bosques de pino y encino. Su distribución natural llega solamente al norte de Honduras, pero se puede observar en otros países centroamericanos.

El laurel en Guatemala ocupa una extensión relativamente escasa a comparación a otras especies vegetales, estos se encuentran en áreas fragmentadas distribuidas en cultivos de esta especie y bosques naturales.

Es importante mencionar que las grandes extensiones de los cultivos del laurel se encuentran en el altiplano occidental de Guatemala, donde áreas boscosas de laurel han sido difíciles de cultivar por la alta presión que ejercen las comunidades para cultivar las tierras, dejando pequeños parches de bosque o en algunos casos árboles dispersos.

Los departamentos y municipios en los que generalmente se desarrolla esta especie son: Chimaltenango, El Progreso, Huehuetenango, Petén, Quetzaltenango, Quiché, San Marcos y Guatemala.

2.7.6. Aceite fijo de las bayas de laurel

El aceite fijo de las bayas de laurel es un líquido claro de olor fresco que se extrae de las hojas, ramillas tiernas del árbol y bayas por los métodos de extracción antes mencionados.

Entre los componentes activos del aceite fijo de laurel se encuentran el 1,8-cineol, sabineno, terpinen-4-ol, y-terpineno, acetato. Estos son los que le dan las propiedades antisépticas, calmantes, reconstituyentes, entre otras, al aceite esencial.

2.7.7. Aplicaciones del aceite fijo de las bayas de laurel

Es un aceite práctico para el cuidado de la piel y el cabello ya que estimula la circulación. Se añade a menudo a los remedios contra la celulitis y resulta

excelente para mejorar el tono de toda la piel. Es astringente y se adapta a las pieles normales, mixtas y grasas. Si es agregado a baños templados o aceites de masajes, estimula y reanima los músculos doloridos después de alguna actividad física.

Si es aplicado mediante compresas frías, es útil en casos de venas varicosas y poros dilatados. Para problemas de menopausia es empleado en un baño caliente.

Si se encuentra presente en el ambiente ayuda a la curación de problemas respiratorios y el asma. Es antiespasmódico y antiséptico, refrescante y balsámico. Combate la tristeza y la indecisión. Terapéuticamente se utiliza en gargarismos para la ronquera y dolor de garganta. Se inhala en casos de tos seca o convulsiva.

En la industria cosmética es utilizado abundantemente por sus numerosas propiedades, ya que es un buen antiséptico y un estupendo vulnerario para la piel, por lo que aparece en la composición de colonias, perfumes o lociones. Tiene la propiedad de ser antiséptico, por lo que es utilizado para la elaboración jabones junto con aromas cítricos o leñosos como el pino y el sándalo. También combina bien con la lavanda, orégano y enebro. En adición, es utilizado como tónico capilar, ya que frena la caída del cabello y estimula el crecimiento del mismo.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Localización

La parte experimental de la investigación se realizó en la Universidad de San Carlos de Guatemala y en la Universidad del Valle de Guatemala; específicamente en los siguientes laboratorios:

- Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIECVE), Sección de Química Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala.

3.2. Variables

Propiedad, característica o atributo, que es susceptible a asumir diferentes valores, es decir, puede variar. Dentro de ellas se encuentran las variables independientes, consideradas como las causas, y las variables dependientes; consideradas como el factor que es observado y medido para determinar el efecto de la variable independiente.

- Variables independientes
 - Solventes utilizados en la extracción del aceite fijo (hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y el alcohol isopropílico (C_3H_8O)).

- Métodos de extracción del aceite fijo (Soxhlet y maceración dinámica).
- Temperatura de extracción del aceite fijo (temperatura de ebullición de cada solvente).
- Variables dependientes
 - Rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK).
 - Índice de refracción del aceite fijo.
 - Composición química del aceite fijo.

3.2.1. Variable de respuesta

La variable de respuesta para cada tratamiento fue la obtención del rendimiento extractivo, rendimiento volumétrico y composición química de la fracción lipídica de las bayas de laurel, en función de los solventes utilizados en la extracción y en el método de extracción.

3.3. Delimitación del campo de estudio

La investigación es de carácter cuantitativo-experimental-comparativo. En donde se evaluó a nivel laboratorio la extracción y caracterización fisicoquímica de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) proveniente de la finca Los Laureles, ubicada en el municipio de Antigua Guatemala, departamento de Sacatepéquez a nivel laboratorio; en el que se evaluó el porcentaje de rendimiento extractivo por maceración dinámica con reflujo y Soxhlet de las bayas de laurel, utilizando tres solventes con distinta constante eléctrica, hexano (C_6H_{14}); acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y el alcohol

isopropílico (C_3H_8O) además se determinó el perfil de ácidos grasos para la fracción lipídica obtenida con cada solvente.

3.4. Obtención de las muestras

La materia vegetal se obtuvo de las plantaciones de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) proveniente de la finca El Hato, ubicada en el municipio de Antigua Guatemala, departamento de Sacatepéquez. Posteriormente se deshidrataron las bayas de laurel para extraer la fracción lipídica variando solventes, hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y el alcohol isopropílico (C_3H_8O), utilizando el método Soxhlet y maceración dinámica con reflujo.

3.5. Recursos humanos

Los recursos humanos son todas aquellas personas involucradas en el desarrollo adecuado de la investigación, en donde aportan su trabajo, esfuerzo y conocimientos. El recurso humano en la presente investigación es:

- Asesora: Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales. Profesora Investigadora Titular IX, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Asesor: Ing. Qco. Mario José Mérida Meré. Coordinador Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales – LIEXVE-, Sección Química Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Investigador: Br. José Carlos Vladimir López Cano.

3.6. Recursos materiales

Es la materia prima, materiales auxiliares, cristalería, reactivos y equipos utilizados en el desarrollo adecuado de la parte experimental del proyecto de investigación.

- Materia prima
 - Bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK), humedad inferior al 10 %.

- Materiales auxiliares
 - Papel parafilm
 - Mangueras de plástico
 - Pipeta plástica de 5 mL

- Cristalería
 - Beakers BOECO de 25 ml, 50 ml y 100 ml
 - Probeta EXAX de 250 ml
 - Viales transparentes de 10 ml
 - Balones de fondo plano BOECO de 500 ml

- Reactivos
 - Agua desmineralizada
 - Hexano (C₆H₁₄)
 - Acetato de etilo (C₄H₈O₂)
 - Alcohol isopropílico (C₃H₈O)

- Equipo
 - Balanza analítica digital BOECO de 120 V
 - Balanza de humedad BOECO de 120 V
 - Bomba de vacío marca Gast, modelo: O523-VAFG588DX
 - Equipo de recirculación VWR de 120V
 - Equipo Soxhlet
 - Mantas de calentamiento ThermoScientific de 200 W
 - Molino de cuchillas, menta, modelo multi 200 de 240 V
 - Plancha de calentamiento marca CORNING, modelo: PC-62
 - Rotaevaporador marca Buchi, modelo R-200
 - Secador eléctrico de bandejas de flujo transversal marca PREMLAB

3.7. Técnicas cuantitativas de la investigación

Para la evaluación del rendimiento extractivo y caracterización fisicoquímica de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) se utilizaron las siguientes técnicas cuantitativas de la investigación:

- Porcentaje de humedad del material en fresco: este se determinó a través de la balanza de humedad, en el cual se colocó 1 gramo de muestra en la balanza, a una temperatura de 105 grados centígrados.
- Extracción de aceite fijo a escala laboratorio por el método de maceración dinámica con reflujo.
 - Se lavaron los balones de 500 ml de fondo plano y condensadores con etanol y agua.

- Se colocaron 50 gramos de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) a extraer en un balón de fondo redondo de 500 mililitros.
 - En cada extracción, se agregaron 250 mililitros de solvente, hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) o alcohol isopropílico (C₃H₈O), humedeciendo todo el material; la relación materia prima/solvente es 1:5.
 - Se acopló el balón que contiene el material vegetal con el condensador.
 - Se recirculó el agua del condensador, manteniéndola a una temperatura de 10 grados centígrados.
 - Se transfirió calor al balón de 500 mililitros con una plancha de calentamiento, hasta que inició la ebullición del solvente.
 - Ya iniciada la ebullición, se tomó el tiempo de destilación para 180 minutos de extracción.
 - Completado el tiempo de destilación, se suspendió el calentamiento.
 - Se filtró el material vegetal para obtener el extracto.
 - Se evaporó el extracto para separar el solvente y obtener el aceite fijo de las bayas de laurel.
 - Se midió el rendimiento volumétrico extraído.
 - Se estableció la masa de un vial transparente.
 - Se transfirió el aceite al vial.
 - Nuevamente se estableció la masa del vial, pero ahora conteniendo el aceite recuperado, y finalmente por diferencia se determinó la masa del aceite obtenido de la destilación.
- Índice de refracción

- Primero se limpió el prisma con etanol y agua desmineralizada.
 - Se agregaron 2 gotas del aceite fijo al prisma con una micropipeta.
 - Se encendió la lámpara usando el interruptor en el lado izquierdo y se ajustó para asegurar el brillo adecuado en el prisma de medición.
 - Se observó por el ocular, se giró la perilla de compensación de color hasta que apareció una línea clara y definida en el campo de visión.
 - Se giró la perilla de medición alineando la línea delimitadora, con las líneas de intersección (ajustando claro y oscuro al centro).
 - Se movió el interruptor de la parte inferior izquierda y se leyó en la escala superior el índice de refracción, y se repitió la operación del aceite fijo obtenido por diferentes solventes.
 - Se registró el índice de refracción.
- Perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases, método oficial AOCS 969.33, Ed. 18,2005: la detección del perfil de ácidos grasos consistió en primero derivatizar las muestras para su posterior inyección en una columna HP-88 de 100 metros por 0,25 milímetros de diámetro interno por 0,20 micrometros de fase estacionaria, empleando un detector de ionización de llama (FID). La identificación se realizó contra un patrón de 35 ésteres. Se reporta la composición porcentual basada en el total de ácidos grasos presentes en la muestra.
- Derivatización de las muestras
 - Se calentó la muestra para fundirla y hacerla fluida, para luego filtrar por medio de papel Whatman núm. 44 con el objetivo de eliminar impurezas.

- Se colocaron 0,10 gramos de muestra del aceite en un balón de 25 mililitros.
- Se agregó 2,5 mililitros de solución de NaOH, posteriormente se calentó se agitó constantemente.
- Se agregaron 1,75 mililitros de trifloruro de boro.
- Se mezclaron con 2 mililitros de heptano.
- Se aforó con una solución saturada de NaCl.
- Se agregaron de 0,5 a 1 gramo de sulfato de sodio anhidro, como absorbente de humedad, dentro del vial listo para inyectar.
- Se prepararon de 1 a 3 microlitros de la muestra para realizar la inyección.

3.7.1. Análisis estadístico de los datos

En la presente investigación se analizó que se tienen dos factores respecto de una variable respuesta; es por ello que el experimento fue bifactorial. Se determinó con un análisis de varianza si existe una interacción significativa entre los solventes y rendimiento de extracción. A continuación se presenta un análisis factorial

Tabla II. Experimento de dos factores

A	B			Total	Media
	1	2	3		
Hexano	Y_{111}	Y_{121}	Y_{131}	$T_{1...}$	$X_{1...}$
	Y_{112}	Y_{122}	Y_{132}		
	Y_{113}	Y_{123}	Y_{133}		
Acetato de etilo	Y_{211}	Y_{221}	Y_{231}	$T_{2...}$	$X_{2...}$
	Y_{212}	Y_{222}	Y_{232}		
	Y_{213}	Y_{223}	Y_{233}		
Alcohol isopropilico	Y_{311}	Y_{321}	Y_{331}	$T_{3...}$	$X_{3...}$
	Y_{312}	Y_{322}	Y_{332}		
	Y_{313}	Y_{323}	Y_{333}		

Fuente: RAYMOND, Walpole. *Probabilidad y estadística*. p. 16.

Donde

T_i = suma de las observaciones para el i-ésimo nivel del factor A

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

T = suma de todas las abn observaciones.

$X_i.$ = media de las observaciones para el i-ésimo nivel del factor A

$X_{.j}$ = media de las observaciones para j-ésimo nivel del factor B

X = media de todas las abn observaciones.

A = solventes utilizados

B = método de extracción

Análisis de varianza (Anova):

Tabla III. **Varianza en un experimento de dos factores**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	f calculada
Efecto Principal				
A	SSA	$a - 1$	$S^2_1 = SSA / a - 1$	$f_1 = S^2_1 / S^2$
B	SSB	$b - 1$	$S^2_2 = SSB / b - 1$	$f_2 = S^2_2 / S^2$
Interacción de dos factores AB	SS(AB)	$(a-1)(b-1)$	$S^2_3 = \frac{SS(AB)}{(a-1)(b-1)}$	$f_3 = S^2_3 / S^2$
Error	SSE	$ab(n-1)$	$S^2 = SSE / ab(n-1)$	
Total	SST	$abn - 1$		

Fuente: RAYMOND, Walpole. *Probabilidad y estadística*. p. 488.

Determinación de la suma de cuadrados

$$SST = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n X^2_{ijk} - T^2 \dots / abn$$

$$SSA = \frac{\sum_{i=1}^a T^2_{i\dots}}{bn} - \frac{T^2 \dots}{abn}$$

$$SSB = \frac{\sum_{j=1}^b T^2 \cdot j}{an} - \frac{T^2 \dots}{abn}$$

$$SSE = SST - SSA - SSB - SS(AB)$$

$$SS(AB) = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b T^2_{ij}}{n} - \frac{\sum_{i=1}^a T^2_{i\dots}}{bn} - \frac{\sum_{j=1}^b T^2 \cdot j}{an} + \frac{T^2 \dots}{abn}$$

3.8. Recolección y ordenamiento de la información

En el presente estudio de investigación se recolectaron y ordenaron los datos obtenidos en la medición del porcentaje de rendimiento de extracción del aceite fijo, el índice de refracción, densidad, solubilidad y cromatografía.

Tabla IV. **Extracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método de maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C₆H₁₄) como solvente**

Tiempo de extracción (h)	Corrida	Masa frasco (g)	Masa frasco y aceite (g)	Rendimiento (%)
3	1	22,60	28,23	11,26
	2	22,51	27,95	10,88
	3	22,38	29,01	13,26

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Tabla V. **Extracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método de maceración dinámica con reflujo, utilizando acetato de etilo (C₄H₈O₂) como solvente**

Tiempo de extracción (h)	Corrida	Masa frasco (g)	Masa frasco y aceite (g)	Rendimiento (%)
3	1	22,73	32,91	20,36
	2	22,37	31,29	17,84
	3	22,36	30,93	17,14

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Tabla VI. **Extracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método de maceración dinámica con reflujo, utilizando alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solvente**

Tiempo de extracción (h)	Corrida	Masa frasco (g)	Masa frasco y aceite (g)	Rendimiento (%)
3	1	22,27	30,73	16,92
	2	22,31	32,10	19,58
	3	22,31	30,26	15,90

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Tabla VII. **Extracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando hexano (C₆H₁₄) como solvente.**

Tiempo de extracción (h)	Corrida	Masa frasco (g)	Masa frasco y aceite (g)	Rendimiento (%)
3	1	12,09	14,45	11,80
	2	12,03	14,82	13,95
	3	12,14	14,55	12,05

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Tabla VIII. **Extracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando acetato de etilo (C₄H₈O₂) como solvente**

Tiempo de extracción (h)	Corrida	Masa frasco (g)	Masa frasco y aceite (g)	Rendimiento (%)
3	1	12,09	15,74	18,25
	2	11,96	15,75	18,95
	3	11,55	15,90	21,75

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Tabla IX. **Extracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando alcohol isopropilico (C₃H₈O) como solvente**

Tiempo de extracción (h)	Corrida	Masa frasco (g)	Masa frasco y aceite (g)	Rendimiento (%)
3	1	11,93	15,84	19,55
	2	11,96	16,22	21,30
	3	11,20	15,24	20,20

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Tabla X. **Índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropilico (C₃H₈O) como solventes**

Solvente	Corrida	Índice de Refracción
Hexano	1	1,464
	2	1,461
	3	1,462
Acetato de Etilo	1	1,465
	2	1,463

Continuación de la tabla X.

Acetato de etilo	3	1,466
Alcohol isopropilico	1	1,466
	2	1,459
	3	1,455

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Tabla XI. **Índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método de maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropilico (C₃H₈O) como solventes**

Solvente	Corrida	Índice de refracción
Hexano	1	1,455
	2	1,459
	3	1,458
Acetato de etilo	1	1,460
	2	1,458
	3	1,464
Alcohol isopropilico	1	1,465
	2	1,462
	3	1,463

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Tabla XII. **Densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropilico (C₃H₈O) como solventes**

Solvente	Corrida	Tara picnómetro (g)	Masa de aceite fijo y picnómetro (g)	Volumen Picnómetro (mL)	Densidad (g/mL)
Hexano	1	3,158	4,196	1,088	0,954
	2	3,174	4,159	1,088	0,905
	3	3,174	4,120	1,088	0,869
Acetato de etilo	1	3,166	4,202	1,088	0,952
	2	3,175	4,182	1,088	0,926
	3	3,170	4,190	1,088	0,938
Alcohol isopropilico	1	3,178	4,170	1,088	0,912
	2	3,172	4,175	1,088	0,922
	3	3,168	4,169	1,088	0,920

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Tabla XIII. **Densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropilico (C₃H₈O) como solventes**

Solvente	Corrida	Tara picnómetro (g)	Masa de aceite fijo y picnómetro (g)	Volumen Picnómetro (mL)	Densidad (g/mL)
Hexano	1	3,169	4,126	1,088	0,880
	2	3,171	4,132	1,088	0,883
	3	3,169	4,143	1,088	0,895
Acetato de etilo	1	3,171	4,188	1,088	0,935
	2	3,168	4,182	1,088	0,932
	3	3,167	4,192	1,088	0,942
Alcohol isopropilico	1	3,169	4,205	1,088	0,952
	2	3,171	4,184	1,088	0,931
	3	3,171	4,199	1,088	0,945

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Tabla XIV. **Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando hexano (C₆H₁₄) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% área	Componente químico	Número CAS
1	1,129	64,59	3-metilhexano	000589-34-4
2	17,495	14,6	Ácido cáprico, éster metílico	000110-42-9
3	0,67	5,21	Alcohol metílico	000067-56-1
4	12,564	5,21	Ácido decanoico, éster metílico	000110-42-9
5	29,185	4,64	9-Ácido oleico, éster metílico	001937-62-8
6	25,933	2,33	Acido palmítico, éster metílico	000112-39-0
7	29,058	2,23	11, 14-Ácido linoleico, éster metílico	056554-61-1
8	21,857	0,42	Ácido tetradecanoico metílico	000124-10-7
9	1,684	0,35	Octano	000110-42-9
10	17,791	0,18	1,3,6-Octatrieno, 3,7-dimetílico	003338-55-4

Fuente: datos obtenidos en Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, UVG.

Tabla XV. **Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando acetato de etilo (C₄H₈O₂) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)**

Núm.	Tiempo de retención (Min)	% área	Componente químico	Número CAS
1	1,129	76,99	Heptano	000142-82-5
2	17,436	5,66	Ácido laurico, éster metílico	000111-82-0
3	0,87	4,03	Ácido Bórico, éster trimetílico	000121-43-7
4	29,167	3,66	9-Ácido oleico, éster metílico	001937-62-8
5	0,669	3,37	Alcohol metílico	000067-56-1
6	25,928	1,97	Ácido penta laurico, 14-Metilico-, éster metílico	005129-60-2
7	12,541	1,96	Ácido decanoico, éster metílico	000110-42-9
8	29,044	1,68	9,12-Acido octadecadienoico, éster metílico	002566-97-4
9	1,688	0,38	Hexano, 2,4-dimetílico-	000589-43-5
10	21,857	0,16	Tetradecanoico metílico	000124-10-7

Fuente: datos obtenidos en Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, UVG.

Tabla XVI. **Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)**

Núm.	Tiempo de retención (Min)	% área	Componente químico	Número CAS
1	1,133	60,69	Heptano	000142-82-5
2	17,472	10,41	Ácido laurico, éster metílico	000111-82-0
3	0,87	7,82	Ácido bórico, éster trimetílico	000121-43-7
4	29,198	6,53	9-Acido octadecanoico, éster metílico	001937-62-8
5	25,942	3,6	Ácido pentalaurico, 14-Metilico-, éster metílico	005129-60-2
6	0,669	3,52	Alcohol Metílico	000067-56-1
7	12,555	3,39	Ácido caprico, éster metílico	000110-42-9
8	29,062	3,16	9,12-Acido octadecadinoic, éster metílico	002566-97-4
9	21,857	0,3	Tetradecanoico metílico	000124-10-7
10	1,684	0,23	Octano	000110-42-9

Fuente: datos obtenidos en Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, UVG.

Tabla XVII. **Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo utilizando hexano (C₆H₁₄) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% área	Componente químico	Numero CAS
1	1,134	58,14	Heptano	000142-82-5
2	17,472	10,13	Ácido dodecanoico, éster metílico	000111-82-0
3	29,226	8,98	9-Ácido oleico, metil éster	001937-62-8
4	0,87	5,53	Ácido bórico, éster trimetílico	000121-43-7
5	25,955	5,14	Ácido hexacaprico, éster metílico	000112-39-0
6	29,076	4,29	9,12-Ácido octadecadienoico, éster metílico	002566-97-4
7	12,555	3,34	Ácido nonanoico, éster metílico	001731-84-6
8	0,67	3,05	Alcohol metílico	000067-56-1
9	29,644	0,35	Acido esteárico, éster metílico	000112-61-8
10	21,857	0,33	Tetradecanoico metílico	000124-10-7

Fuente: datos obtenidos en Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, UVG.

Tabla XVIII. **Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando acetato de etilo (C₄H₈O₂) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% área	Componente químico	Número CAS
1	1,134	82,18	Heptano	000142-82-5
2	17,427	4,24	Ácido laurico, éster metílico	000111-82-0
3	29,158	2,69	9-Ácido oleico, éster metílico	001937-62-8
4	0,67	2,59	Alcohol metílico	000067-56-1
5	0,87	2,44	Ácido bórico, éster trimetílico	000121-43-7
6	12,542	1,56	Ácido decanoico, éster metílico	000110-42-9
7	25,919	1,48	Ácido hexacaprico, éster metílico	000112-39-0
8	29,039	1,29	11, 14-Ácido linoleico, éster metílico	056554-61-1
9	1,688	0,41	Octano	000111-65-9
10	21,853	0,12	Tetradecanoico metílico	000124-10-7

Fuente: datos obtenidos en Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, UVG.

Tabla XIX. **Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% área	Componente químico	Número CAS
1	1,129	73,04	Heptano	000142-82-5
2	17,454	8,55	Acido laurico, éster metílico	000111-82-0
3	0,87	5,79	Ácido bórico, éster trimetílico	000121-43-7
4	0,669	4,03	Alcohol metílico	000067-56-1
5	12,546	3,1	Ácido decanoico, éster metílico	000110-42-9
6	29,158	2,51	9-Acido octadecenoico, éster metílico	001937-62-8
7	25,919	1,22	Ácido hexacaprico, éster metílico	000112-39-0
8	29,035	1,15	9,12-Acido octadecadinoic, éster metílico	002566-97-4
9	1,688	0,31	Octano	000111-65-9
10	21,852	0,21	Tetradecanoico metílico	000124-10-7

Fuente: datos obtenidos en Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, UVG.

3.9. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

En el presente estudio de investigación se tabularon, ordenaron y procesaron los datos obtenidos en extracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel, cromatografía de gases con acoplamiento a espectrometría de masas, medición de densidad y medición de índice de refracción, obteniendo con ello las siguientes tablas.

Tabla XX. **Rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método de maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solventes**

Solvente	Rendimiento extractivo (%)			\bar{X}	$\pm \sigma$
	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3		
Hexano	11,26	10,88	13,26	11,76	1,28
Acetato de etilo	20,36	17,84	17,14	18,40	1,69
Alcohol isopropílico	16,92	19,58	15,90	17,40	1,90

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información (tablas IV, V y VI).

Tabla XXI. **Rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solventes**

Solvente	Rendimiento extractivo (%)			\bar{X}	$\pm \sigma$
	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3		
Hexano	11,80	13,95	12,05	14,61	1,18
Acetato de etilo	18,25	18,95	21,75	19,59	1,85
Alcohol isopropílico	19,55	21,30	20,20	20,34	0,88

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información (tablas VII, VIII y IX).

Tabla XXII. **Índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solventes**

Solvente	Índice de refracción			\bar{x}	$\pm \sigma$
	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3		
Hexano	1,464	1,461	1,462	1,462	0,0015
Acetato de etilo	1,465	1,463	1,466	1,465	0,0015
Alcohol isopropílico	1,466	1,459	1,455	1,460	0,0056

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información (tabla X).

Tabla XXIII. **Índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solventes**

Solvente	Índice de refracción			\bar{x}	$\pm \sigma$
	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3		
Hexano	1,460	1,459	1,458	1,460	0,0021
Acetato de etilo	1,460	1,458	1,464	1,460	0,0031
Alcohol isopropílico	1,465	1,462	1,463	1,460	0,0015

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información (tabla XI).

Tabla XXIV. **Densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropilico (C₃H₈O) como solventes**

Solvente	Densidad (g/mL)			\bar{x}	$\pm \sigma'$
	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3		
Hexano	0,954	0,905	0,869	0,910	0,042
Acetato de etilo	0,952	0,926	0,938	0,938	0,013
Alcohol isopropilico	0,912	0,922	0,920	0,918	0,005

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información (tabla XII).

Tabla XXV. **Densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropilico (C₃H₈O) como solventes.**

Solvente	Densidad (g/mL)			\bar{x}	$\pm \sigma'$
	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3		
Hexano	0,880	0,883	0,895	0,886	0,0082
Acetato de etilo	0,935	0,932	0,942	0,936	0,0052
Alcohol isopropilico	0,952	0,931	0,945	0,943	0,0107

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información (tabla XIII).

Tabla XXVI. **Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando hexano (C₆H₁₄) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% área	Componente químico	Número CAS
1	1,129	64,59	3-metilhexano	000589-34-4
2	17,495	14,6	Ácido cáprico, éster metílico	000110-42-9
3	0,67	5,21	Alcohol metílico	000067-56-1
4	12,564	5,21	Ácido decanoico, éster metílico	000110-42-9
5	29,185	4,64	9-Ácido oleico, éster metílico	001937-62-8
6	25,933	2,33	Acido palmítico, éster metílico	000112-39-0
7	29,058	2,23	11, 14-Ácido linoleico, éster metílico	056554-61-1
8	21,857	0,42	Ácido tetradecanoico metílico	000124-10-7
9	1,684	0,35	Octano	000110-42-9
10	17,791	0,18	1,3,6-Octatrieno, 3,7-dimetílico	003338-55-4

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, UVG.

Tabla XXVII. **Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando acetato de etilo (C₄H₈O₂) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% área	Componente químico	Número CAS
1	1,129	76,99	Heptano	000142-82-5
2	17,436	5,66	Ácido laurico, éster metílico	000111-82-0
3	0,87	4,03	Ácido bórico, éster trimetílico	000121-43-7
4	29,167	3,66	9-Ácido oleico, éster metílico	001937-62-8
5	0,669	3,37	Alcohol metílico	000067-56-1
6	25,928	1,97	Ácido pentalaurico, 14-metilico-, éster metílico	005129-60-2
7	12,541	1,96	Ácido decanoico, éster metílico	000110-42-9
8	29,044	1,68	9,12-Acido octadecadienoico, éster metílico	002566-97-4
9	1,688	0,38	Hexano, 2,4-dimetílico-	000589-43-5
10	21,857	0,16	Tetradecanoico metílico	000124-10-7

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, UVG.

Tabla XXVIII. **Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% área	Componente químico	Número CAS
1	1,133	60,69	Heptano	000142-82-5
2	17,472	10,41	Ácido laurico, éster metílico	000111-82-0
3	0,87	7,82	Ácido bórico, éster trimetílico	000121-43-7
4	29,198	6,53	9-Ácido octadecenoico, éster metílico	001937-62-8
5	25,942	3,6	Ácido pentalaurico, 14-metílico-, éster metílico	005129-60-2
6	0,669	3,52	Alcohol metílico	000067-56-1
7	12,555	3,39	Ácido caprico, éster metílico	000110-42-9
8	29,062	3,16	9,12-Ácido octadecadinoico, éster metílico	002566-97-4
9	21,857	0,3	Tetradecanoico metílico	000124-10-7
10	1,684	0,23	Octano	000110-42-9

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, UVG.

Tabla XXIX. **Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C₆H₁₄) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% área	Componente químico	Número CAS
1	1,134	58,14	Heptano	000142-82-5
2	17,472	10,13	Ácido dodecanoico, éster metílico	000111-82-0
3	29,226	8,98	9-Ácido oleico, metil éster	001937-62-8
4	0,87	5,53	Ácido bórico, éster trimetílico	000121-43-7
5	25,955	5,14	Ácido hexacaprico, éster metílico	000112-39-0
6	29,076	4,29	9,12-Ácido octadecadienoico, éster metílico	002566-97-4
7	12,555	3,34	Ácido nonanoico, éster metílico	001731-84-6
8	0,67	3,05	Alcohol metílico	000067-56-1
9	29,644	0,35	Ácido esteárico, éster metílico	000112-61-8
10	21,857	0,33	Tetradecanoico metílico	000124-10-7

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, UVG.

Tabla XXX. **Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando acetato de etilo (C₄H₈O₂) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% área	Componente químico	Número CAS
1	1,134	82,18	Heptano	000142-82-5
2	17,427	4,24	Ácido laurico, éster metílico	000111-82-0
3	29,158	2,69	9-Ácido oleico, éster metílico	001937-62-8
4	0,67	2,59	Alcohol metílico	000067-56-1
5	0,87	2,44	Ácido bórico, éster trimetílico	000121-43-7
6	12,542	1,56	Ácido decanoico, éster metílico	000110-42-9
7	25,919	1,48	Ácido hexacaprico, éster metílico	000112-39-0
8	29,039	1,29	11, 14-Ácido linoleico, éster metílico	056554-61-1
9	1,688	0,41	Octano	000111-65-9
10	21,853	0,12	Tetradecanoico metílico	000124-10-7

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, UVG.

Tabla XXXI. **Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% área	Componente químico	Número CAS
1	1,129	73,04	Heptano	000142-82-5
2	17,454	8,55	Ácido laurico, éster metílico	000111-82-0
3	0,87	5,79	Ácido bórico, éster trimetílico	000121-43-7
4	0,669	4,03	Alcohol metílico	000067-56-1
5	12,546	3,1	Ácido decanoico, éster metílico	000110-42-9
6	29,158	2,51	9-Acido octadecenoico, éster metílico	001937-62-8
7	25,919	1,22	Ácido hexacaprico, éster metílico	000112-39-0
8	29,035	1,15	9,12-Acido octadecadinoic, éster metílico	002566-97-4
9	1,688	0,31	Octano	000111-65-9
10	21,852	0,21	Tetradecanoico metílico	000124-10-7

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, UVG.

3.10. Análisis estadístico

Se analizó el efecto de dos factores sobre una variable respuesta, el experimento fue factorial de dos factores. En este caso también fue importante determinar si existió una interacción significativa entre los dos factores, los cuales fueron: solvente de extracción y método de extracción.

Tabla XXXII. **Experimento de dos factores para el rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel, utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solventes**

Factor A	Factor B		Total	Media
	Soxhlet	Maceración dinámica		
Hexano	11,80	11,26	73,20	12,20
	13,95	10,88		
	12,05	13,26		
Acetato de etilo	18,25	20,36	114,29	19,05
	18,95	17,84		
	21,75	17,14		
Alcohol isopropílico	19,55	16,92	113,45	18,91
	21,30	19,58		
	20,20	15,90		
Total	157,80	143,14	300,94	
Media	17,53	15,90		16,72

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Tabla XXXIII. **Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para el rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel, utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solventes**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Solvente de extracción	183,842	2	91,921	40,235	4,776E-06	3,885
Método de extracción	11,940	1	11,940	5,226	4,122E-02	4,747
Interacción	3,663	2	1,831	0,802	4,712E-01	3,885
Dentro del grupo	27,415	12	2,285			
Total	226,860	17				

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Tabla XXXIV. **Experimento de dos factores para el índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel, utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solventes**

Factor A	Factor B		Total	Media
	Soxhlet	Maceración dinámica		
Hexano	1,464	1,460	8,764	1,461
	1,461	1,459		
	1,462	1,458		
Acetato de etilo	1,465	1,460	8,776	1,500
	1,463	1,458		
	1,466	1,464		
Alcohol isopropílico	1,466	1,465	8,770	1,460
	1,459	1,462		
	1,455	1,463		
Total	13,161	13,149	26,310	
Media	1,460	1,460		1,460

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Tabla XXXV. **Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para el índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropilico (C₃H₈O) como solventes**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Solvente de extracción	0,000012	2	0,000006	0,7448	0,4955	3,8853
Método de extracción	8,00E-06	1	8,00E-06	0,9931	0,3387	4,7472
Interacción	4,93E-05	2	2,47E-05	3,0621	0,0842	3,8853
Dentro del grupo	9,67E-05	12	8,06E-06			
Total	0,000166	17				

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Tabla XXXVI. **Experimento de dos factores para la densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropilico (C₃H₈O) como solventes**

Factor A	Factor B		Total	Media
	Soxhlet	Maceración dinámica		
Hexano	0,954	0,880	5,386	0,898
	0,905	0,883		
	0,869	0,895		
Acetato de etilo	0,952	0,935	5,625	0,900
	0,926	0,932		
	0,938	0,942		
Alcohol Isopropilico	0,912	0,952	5,582	0,930
	0,922	0,931		
	0,920	0,945		
Total	8,298	8,295	16,593	
Media	0,920	0,920		0,920

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Tabla XXXVII. **Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para la densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solventes**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Solvente de extracción	0,005410	2	0,002705	7,3069	0,0084	3,8853
Método de extracción	5,00E-07	1	5,00E-07	0,0014	0,9713	4,7472
Interacción	0,001737	2	0,000868	2,3459	0,1381	3,8853
Dentro del grupo	0,004443	12	0,000370			
Total	0,011591	17				

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Según los resultados del análisis de varianza (ANOVA), para evaluar el rechazo de cada una de las hipótesis estadísticas planteadas, se seguirá una distribución de Fisher, con un nivel de confianza del 95 % para encontrar la F crítica, y compararla con la F calculada siguiendo el siguiente criterio:

- Si la F calculada es mayor a la F crítica, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.
- Si la F calculada es menor que la F crítica, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

4. RESULTADOS

A continuación se presentan, por medio de tablas y gráficas, los resultados obtenidos para el rendimiento másico extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK), la composición química, densidad e índice de refracción.

Tabla XXXVIII. **Rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solventes**

Solvente	Rendimiento Extractivo (%)	± σ
Hexano	11,76	1,28
Acetato de etilo	18,40	1,69
Alcohol isopropílico	17,40	1,90

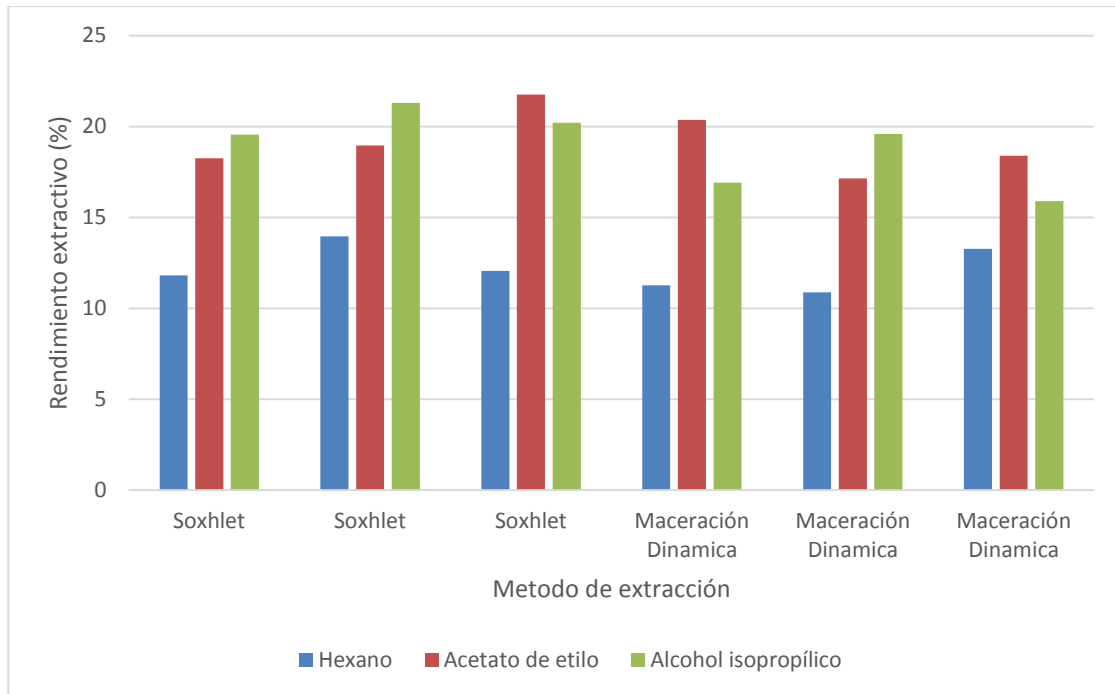
Fuente: elaboración propia, con base en la tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información (tabla XX).

Tabla XXXIX. **Rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet, utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solventes**

Solvente	Rendimiento extractivo (%)	± σ
Hexano	14,61	1,18
Acetato de etilo	19,59	1,85
Alcohol isopropílico	20,34	0,88

Fuente: elaboración propia, con base en la tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información (tabla XXI).

Figura 2. Rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel obtenido por hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y alcohol isopropílico (C_3H_8O) como solventes a diferentes métodos de extracción



Fuente: elaboración propia, con base en los resultados (tablas XXXVIII y XXXIX).

Tabla XL. **Densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo, utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solventes**

Solvente	Densidad (g/mL)	± σ'
Hexano	0,886	0,0082
Acetato de etilo	0,936	0,0052
Alcohol isopropílico	0,943	0,0107

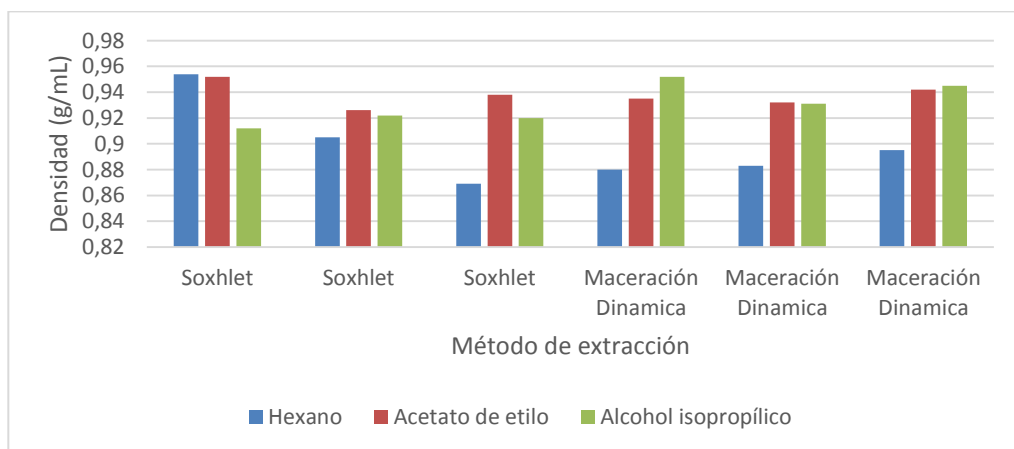
Fuente: elaboración propia, con base en la tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información (tabla XXV).

Tabla XLI. **Densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solventes**

Solvente	Densidad (g/mL)	± σ'
Hexano	0,886	0,0082
Acetato de etilo	0,936	0,0052
Alcohol isopropílico	0,943	0,0107

Fuente: elaboración propia, con base en la tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información (tabla XXIV).

Figura 3. **Densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel obtenido por hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solventes a diferentes métodos de extracción**



Fuente: elaboración propia, con base en los resultados, tabla XL, XLI

Tabla XLII. **Índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solventes**

Solvente	Índice de refracción	± σ
Hexano	1,460	0,0021
Acetato de etilo	1,460	0,0031
Alcohol isopropílico	1,460	0,0015

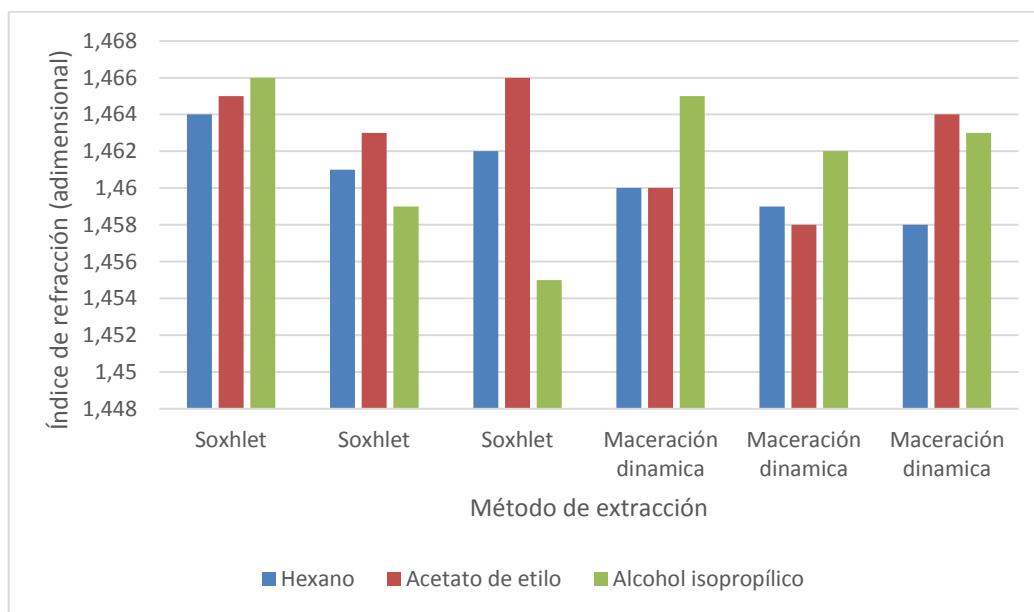
Fuente: elaboración propia, con base en la tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información (tabla XXIII).

Tabla XLIII. **Índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método Soxhlet utilizando hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solventes**

Solvente	Índice de refracción	± σ
Hexano	1,462	0,0015
Acetato de etilo	1,465	0,0015
Alcohol isopropílico	1,460	0,0056

Fuente: elaboración propia, con base en la tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información (tabla XXII).

Figura 4. **Índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel obtenido por hexano (C₆H₁₄), acetato de etilo (C₄H₈O₂) y alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solventes a diferentes métodos de extracción**



Fuente: elaboración propia, con base en los resultados (tablas XL y XLI).

Tabla XLIV. **Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo utilizando hexano (C₆H₁₄) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% área	Componente químico	Número CAS
1	1,134	58,14	Heptano	000142-82-5
2	17,472	10,13	Ácido dodecanoico, éster metílico	000111-82-0
3	29,226	8,98	9-Ácido oleico, metil éster	001937-62-8
4	0,87	5,53	Ácido bórico, éster trimetílico	000121-43-7
5	25,955	5,14	Ácido hexacaprico, éster metílico	000112-39-0

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, UVG.

Tabla XLV. **Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo utilizando acetato de etilo (C₄H₈O₂) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% área	Componente químico	Número CAS
1	1,134	82,18	Heptano	000142-82-5
2	17,427	4,24	Ácido laurico, éster metílico	000111-82-0
3	29,158	2,69	9-Ácido oleico, éster metílico	001937-62-8
4	0,67	2,59	Alcohol metílico	000067-56-1
5	0,87	2,44	Ácido bórico, éster trimetílico	000121-43-7

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, UVG.

Tabla XLVI. **Composición química de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel por el método maceración dinámica con reflujo utilizando alcohol isopropílico (C₃H₈O) como solvente obtenida por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)**

Núm.	Tiempo de retención (min)	% área	Componente químico	Número CAS
1	1,129	73,04	Heptano	000142-82-5
2	17,454	8,55	Ácido laurico, éster metílico	000111-82-0
3	0,87	5,79	Ácido bórico, éster trimetílico	000121-43-7
4	0,669	4,03	Alcohol metílico	000067-56-1
5	12,546	3,1	Ácido decanoico, éster metílico	000110-42-9

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, UVG.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este trabajo de investigación se evaluó el rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) en función de la capacidad extractora de tres solventes, así como una caracterización fisicoquímica por medio de una cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas para la determinación de perfil de ácidos grasos y la medición de la densidad e índice de refracción.

La materia vegetal fue recolectada de la plantación de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) de la finca Los Laureles, ubicada en el municipio de Antigua Guatemala, departamento de Sacatepéquez, perteneciente al altiplano de Guatemala. La materia prima se preparó para realizar la extracción de aceite fijo; esta preparación consistió en la disminución de tamaño de partícula mediante un molino de cuchillas; esto para tener un mayor contacto entre la materia prima y el solvente utilizado; las bayas se sometieron a un proceso de secado, el cual se realizó por lotes en un secador eléctrico de bandejas de flujo transversal.

Se utilizaron tres solventes de extracción: hexano (C_6H_{14}), acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) y alcohol isopropílico de grado analítico (C_3H_8O), en una relación masa/volumen de 1:3; posteriormente se llevó a cabo la separación del solvente de la fracción lipídica por medio de un sistema de presión reducida con el equipo de rotaevaporación, recuperando el solvente para luego reutilizarlo en las demás extracciones, hasta obtener el aceite fijo de las bayas de laurel, que fue lo que se analizó estudiado en esta investigación.

Los rendimientos máxicos resultantes de la destilación sólido-líquido para la obtención del aceite fijo por maceración dinámica se presenta en la tabla XXXVIII, en la que se determinó que los presentados allí son mayores que los valores presentados para los rendimientos extractivos del aceite fijo por Soxhlet en la tabla XXXIX, esto debido a que el solvente está en contacto directo con la materia prima además de estar en agitación constante.

El mayor rendimiento extractivo para maceración dinámica fue de $20,36 \pm 1,69$ por ciento correspondiente al solvente acetato de etilo ($C_4H_8O_2$). Respecto de la extracción del aceite fijo por el método Soxhlet, el mayor valor obtenido fue de $21,30 \pm 0,88$ correspondiente al alcohol isopropílico de grado analítico (C_3H_8O). Al momento de analizar y comparar estos valores gráficamente (figura 2), se observa una diferencia significativa entre el rendimiento extractivo del aceite fijo obtenido por maceración dinámica y Soxhlet, utilizando tres diferentes solventes de extracción; determinando que el mayor rendimiento extractivo de todos los tratamientos se obtuvo con el método Soxhlet ,utilizando alcohol isopropílico de grado analítico (C_3H_8O).

En las tablas XXXII y XXXIII, análisis estadístico, se encuentra lo realizado para la variable del rendimiento extractivo, en donde se evaluó si existe diferencia significativa entre el rendimiento extractivo con base en el método de extracción y en función al solvente utilizado en la extracción. Al comparar el valor de la F calculada con el valor de la F crítica, se determinó con un nivel de confianza de 90 por ciento, que existe diferencia significativa del rendimiento extractivo en función del método de extracción; también existe una diferencia significativa en el rendimiento extractivo en función del solvente de extracción. Es decir, el valor del rendimiento extractivo depende tanto del método como del solvente de extracción que se utilicen en la metodología.

Otro de los fines de la investigación es determinar la calidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK); para ello se llevó a cabo una cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas (GC-MS) según el Reglamento Técnico Centroamericano de Grasas y Aceites (RTCA 67.04.40:07), realizada en la Universidad del Valle de Guatemala, específicamente en el laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada del Instituto de Investigaciones y en las instalaciones del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEEXVE) del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos; se realizaron los análisis de densidad e índice de refracción del aceite fijo, esto con el objetivo de evaluar las características fisicoquímicas y la calidad del aceite.

Para las medidas de densidad se realizó aleatoriamente la medición de las 18 muestras con un picnómetro de 1,088 mL de volumen. La tabla XL contiene los resultados obtenidos para la densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) extraído por el método maceración dinámica, en función de tres diferentes solventes. Los valores promedios de la densidad fueron de $0,886 \pm 0,0082$ g/mL utilizando hexano (C_6H_{14}) como solvente de extracción, $0,936 \pm 0,0052$ g/mL utilizando acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) como solvente de extracción y de $0,943 \pm 0,0107$ g/mL utilizando alcohol isopropílico de grado analítico (C_3H_8O), valores que no presentan variaciones considerables entre ellos, en función del solvente de extracción.

Para la densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) extraído por el método Soxhlet los valores promedios para el solvente hexano (C_6H_{14}) fue de $0,909 \pm 0,042$ g/mL; para el solvente de extracción acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) fue de $0,938 \pm 0,013$ g/mL; para el solvente de extracción alcohol isopropílico de grado analítico (C_3H_8O) fue de $0,918 \pm 0,005$ g/mL valores que no presentan variaciones considerables entre ellos.

En la figura 3 se presentan los resultados de la densidad para la fracción lipídica de las bayas de laurel, en función del solvente de extracción utilizado. A pesar de que en la gráfica se pueden presentar tendencias diferentes entre cada serie, la mayor densidad se obtuvo del alcohol isopropílico de grado analítico (C_3H_8O) por el método de maceración dinámica.

En las tablas XXXVI y XXXVII, en el análisis estadístico, se encuentra lo realizado para la variable de la densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel, en donde se evaluó si existe diferencia significativa entre la densidad con base en el método de extracción y en función del solvente utilizado en la extracción.

Al comparar el valor de la F calculada con el valor de la F crítica, se determinó con un nivel de confianza del 90 por ciento, que existe diferencia significativa de la densidad en función del solvente de extracción utilizado, pero no existe una diferencia significativa en la densidad en función del método de extracción. Es decir, el valor de la densidad depende del solvente de extracción, pero no del método de extracción que se utilicen en la metodología.

Otro de los factores evaluados como parte de la caracterización de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) fue el índice de refracción; para este caso se contó con un valor comparativo de índice de refracción teórico con el que se pudieron analizar los resultados obtenidos para la fracción lipídica de las bayas de laurel trabajadas.

En la tabla XLII se presentó el índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) extraído por el método de maceración dinámica en función de tres solventes de extracción; los valores promedios de la densidad fueron de $1,459 \pm 0,0021$ aplicando hexano (C_6H_{14})

como solvente de extracción, $1,461 \pm 0,0031$ utilizando acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) como solvente de extracción y de $1,463 \pm 0,0015$, utilizando alcohol isopropílico de grado analítico (C_3H_8O), los cuales al ser comparados con el valor teórico del índice de refracción teórico de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) de 1,460, fueron valores que no se encuentran desviados del valor esperado.

Para el índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) extraído por el método Soxhlet los valores promedios para el solvente hexano (C_6H_{14}) fue de $1,462 \pm 0,0015$; para el solvente de extracción acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) fue de $1,465 \pm 0,0015$; para el solvente de extracción alcohol isopropílico de grado analítico (C_3H_8O) fue de $1,460 \pm 0,0056$; estos valores no presentan una diferencia considerable con el valor teórico esperado.

En las tablas XXXIV y XXXV se encuentra el análisis estadístico realizado para la variable del índice de refracción, en donde se evaluó si existe diferencia significativa entre el índice de refracción con base en el método de extracción y en función del solvente utilizado en la extracción. Al comparar el valor de la F calculada con el valor de la F crítica, se determinó con un nivel de confianza del 90 por ciento, que no existe diferencia significativa del índice de refracción en función del método de extracción; también se determinó que no existe una diferencia significativa en el índice de refracción en función del solvente de extracción. Es decir, el valor del índice de refracción no depende del método de extracción como del solvente de extracción que se utilicen en la metodología.

En las tablas XLIV, XLV y XLVI se presentaron los componentes mayoritarios del perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de

laurel (*Litsea glaucescens* HBK) obtenidos por el método de extracción maceración dinámica en función de tres diferentes solventes de extracción.

En las tres tablas antes mencionadas se enumeran los cinco ácidos grasos que se encuentran en mayor proporción en la fracción lipídica de las bayas de laurel; los ácidos grasos que se encuentran en mayor proporción son el ácido láurico, éster metílico y el 9-Ácido oleico, metil éster.

La tabla XLIV señala los componentes mayoritarios del perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) obtenidos por el método de extracción maceración dinámica en función del solvente hexano (C_6H_{14}); se presentó el porcentaje de área de cada ácido graso determinado en el cromatograma; el ácido láurico: el éster metílico con un valor de 10,13 por ciento es el que mayor porcentaje presenta, el 9-Ácido oleico; el metil éster presenta un valor de 8,98 por ciento y el ácido bórico: éster trimetilico presenta un valor de 5,53 por ciento.

La tabla XLV señala los componentes mayoritarios del perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) obtenidos por el método de extracción maceración dinámica en función del solvente acetato de etilo ($C_4H_8O_2$); se presentó el porcentaje de área de cada ácido graso determinado en el cromatograma; el ácido láurico: éster metílico con un valor de 4,24 por ciento es el que mayor porcentaje presenta; el 9-ácido oleico, metil éster presenta un valor de 2,69 por ciento y el ácido bórico: éster trimetilico presenta un valor de 2,44 por ciento.

La tabla XLVI presenta los componentes mayoritarios del perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) obtenidos por el método de extracción maceración dinámica en función del

solvente alcohol isopropílico de grado analítico (C_3H_8O); se presentó el porcentaje de área de cada ácido graso determinado en el cromatograma; el ácido láurico: éster metílico con un valor de 8,55 por ciento es el que mayor porcentaje presenta; el 9-ácido oleico: el ácido bórico, éster trimetilico presenta un valor de 5,79 por ciento.

CONCLUSIONES

1. Existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) con base en el solvente utilizado.
2. El mayor valor de rendimiento extractivo de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) fue de $20,36 \pm 1,69$ por ciento correspondiente al solvente acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) por la técnica de extracción maceración dinámica.
3. Existe diferencia significativa en la densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) con base en el solvente de extracción.
4. El mayor valor de densidad de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) fue de $0,943 \pm 0,0107$ g/mL, utilizando alcohol isopropílico de grado analítico (C_3H_8O) como solvente de extracción, por la técnica de extracción maceración dinámica.
5. No existe diferencia significativa en el índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) con base en el solvente de extracción.

6. El valor experimental de índice de refracción más cercano al valor referido en la literatura corresponde a la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) obtenido de la técnica maceración dinámica utilizando acetato de etilo ($C_4H_8O_2$) como solvente de extracción.

7. El ácido láurico es el ácido graso mayoritario en la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) en la técnica maceración dinámica en función de la capacidad extractora de tres solventes a nivel laboratorio.

RECOMENDACIONES

1. Realizar extracciones de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK), seleccionando otras variables independientes para comparar los resultados con este estudio.
2. Realizar el escalamiento hacia un nivel piloto de las extracciones de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) para comparar los resultados de este estudio.
3. Comparar la calidad y composición química de las bayas de laurel con otras variedades de laurel cultivadas en Guatemala, ya que actualmente existen 3 especies diferentes.
4. Realizar investigaciones en Guatemala en la temática de aceites fijos de diversas especies forestales, dado que esta temática ha presentado un crecimiento significativo en los últimos 10 años.

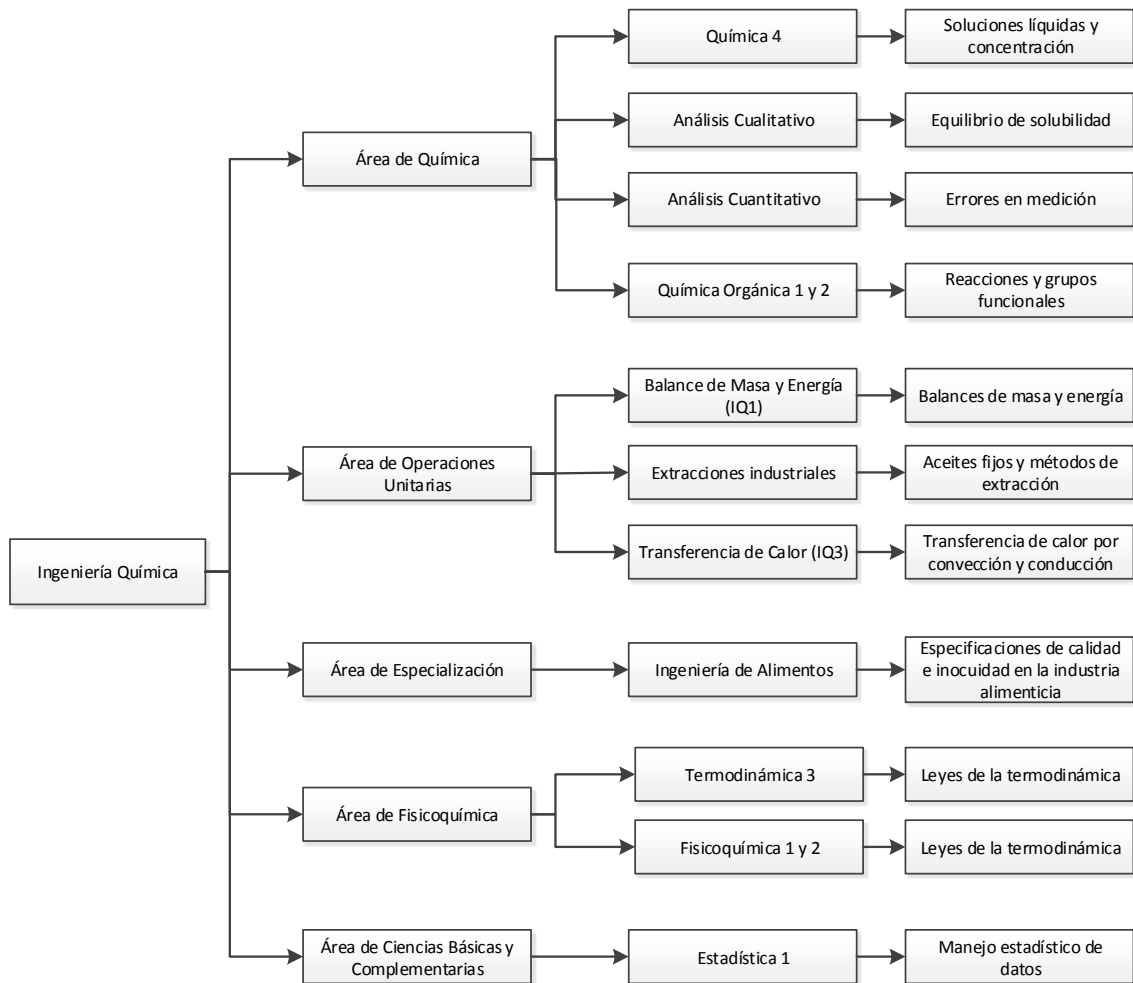
BIBLIOGRAFÍA

1. CÁCERES, Armando. *Plantas de uso medicinal en Guatemala*. Guatemala: Editorial Universitaria, 1996. 212 p.
2. DE LEÓN, Tannia. *Extracción de aceite fijo crudo de hierbabuena (menta citrata EHRH) con la aplicación del método de extracción por arrastre con vapor variando los tamaños de muestra y humedad a partir de pruebas a nivel laboratorio*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 58 p.
3. DE SILVA, Tuley. A. *Manual on the essential oil industry*. United Nations. Industrial Development Organization Vienna. 200 p.
4. FURIA, Thomas; BELLANCA, Nicolo. *Fenaroli's handbook of flavor ingredients*. 2a ed. Boca Ratón: CRC Press, 550 p.
5. GUENTHER, Ernest. *Essential oils*. New York: Lancaster Press, Inc. 1948. 278 p.
6. LAWLESS, Julia. *The Illustrated enciclopedia of essential oils*. 2a ed. San Francisco California: Conari Press, 2013. 31 p.

7. MÉRIDA, Marco. *Monitoreo de calidad en los resultados de los ensayos de densidad e índice de refracción realizados en el LIEXVE del Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 142 p.
8. PARRY, Ernest. *The chemistry of essential oils and artificial perfumes*. 4a ed. Inglaterra: Scout, Greenwood and Son, 1922. 298 p.
9. PERRY, Robert H. *Perry's Chemical engineers handbook*. 8a ed. New York: McGraw-Hill, 2008. 196 p.
10. WALPOLE, Myers Raymond. *Probabilidad y estadística*. 4a. ed. Mexico: McGraw-Hill, 1992. 494 p.

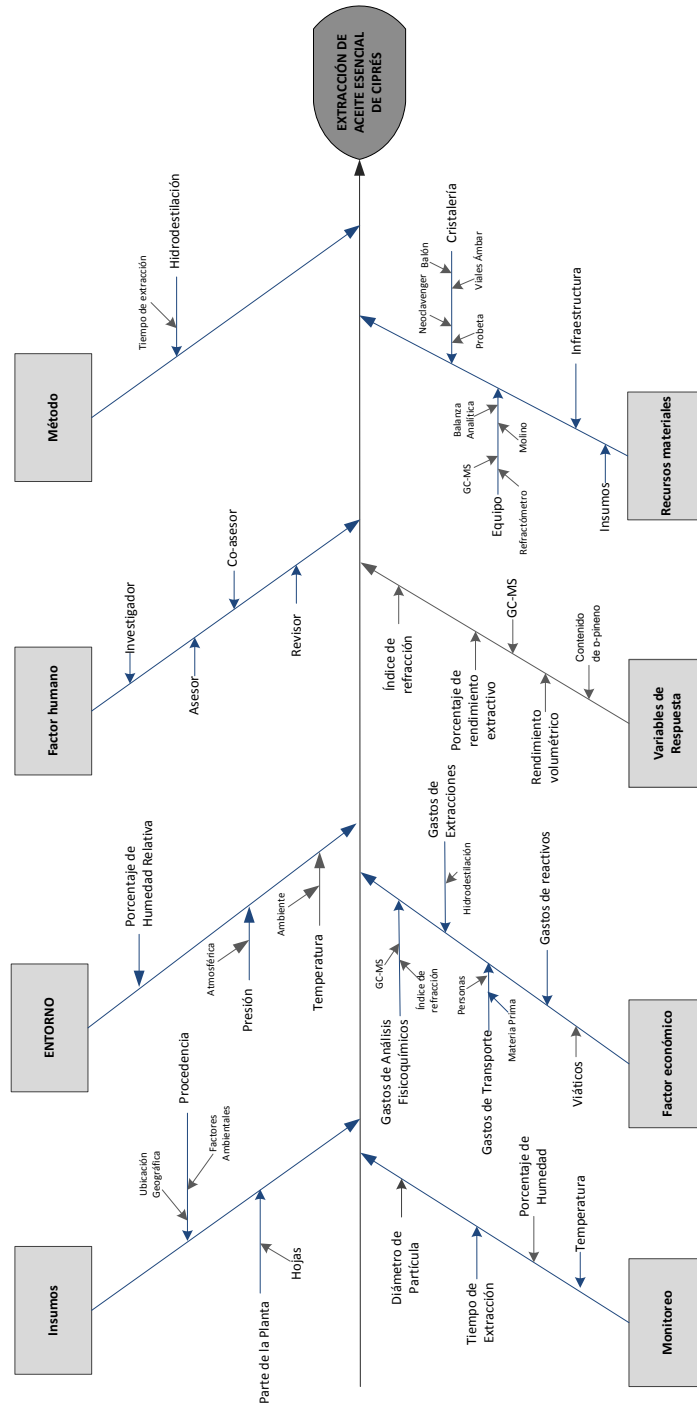
APÉNDICES

Apéndice 1. Requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Diagrama Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Recolección de la materia prima de las bayas de laurel en la finca Los Laureles, ubicada en el municipio de Antigua Guatemala, departamento de Sacatepéquez



Fuente: Finca los Laureles, Antigua Guatemala, Sacatepéquez

Continuación del apéndice 3.



Fuente: Finca los Laureles, Antigua Guatemala, Sacatepéquez.

Apéndice 4. **Molienda de la materia prima de las bayas de laurel**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE,
Facultad de Ingeniería Usac

Apéndice 5. **Secado de la materia prima de las bayas de laurel**



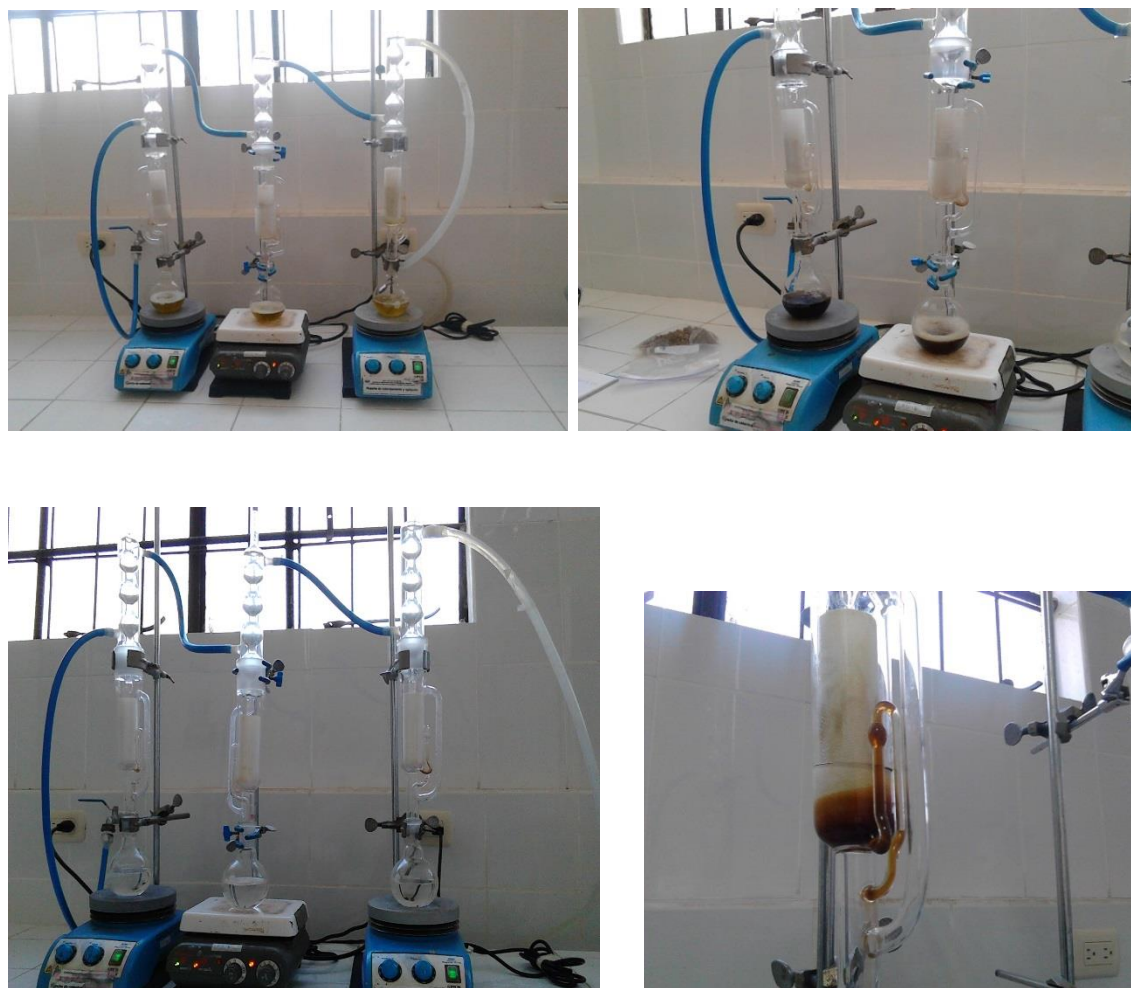
Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE, Facultad de Ingeniería Usac.

Apéndice 6. **Extracción por el método de maceración dinámica de la fracción lipídica de las bayas de laurel, utilizando tres solventes de extracción**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE, Facultad de ingeniería Usac

Apéndice 7. **Extracción por el método soxhlet de la fracción lipídica de las bayas de laurel, utilizando tres solventes de extracción**



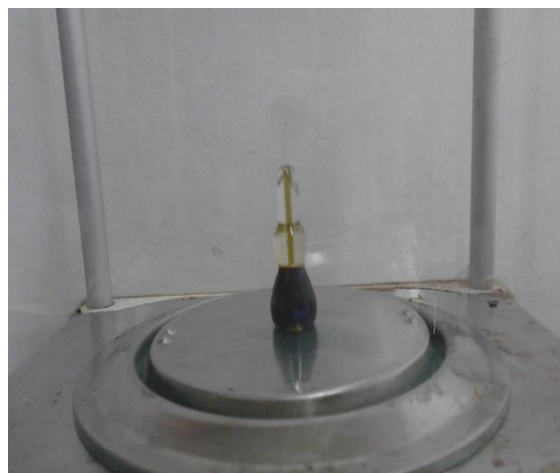
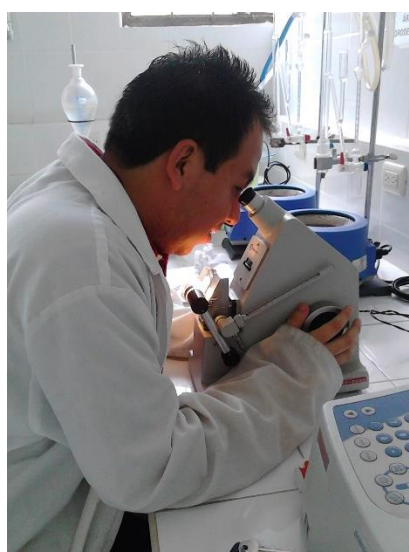
Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE, Facultad de ingeniería Usac.

Apéndice 8. Destilación y obtención de la fracción lipídica de las bayas de laurel



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE,
Facultad de ingeniería Usac.

Apéndice 9. **Medición de la densidad e índice de refracción de la fracción lipídica de las bayas de laurel**

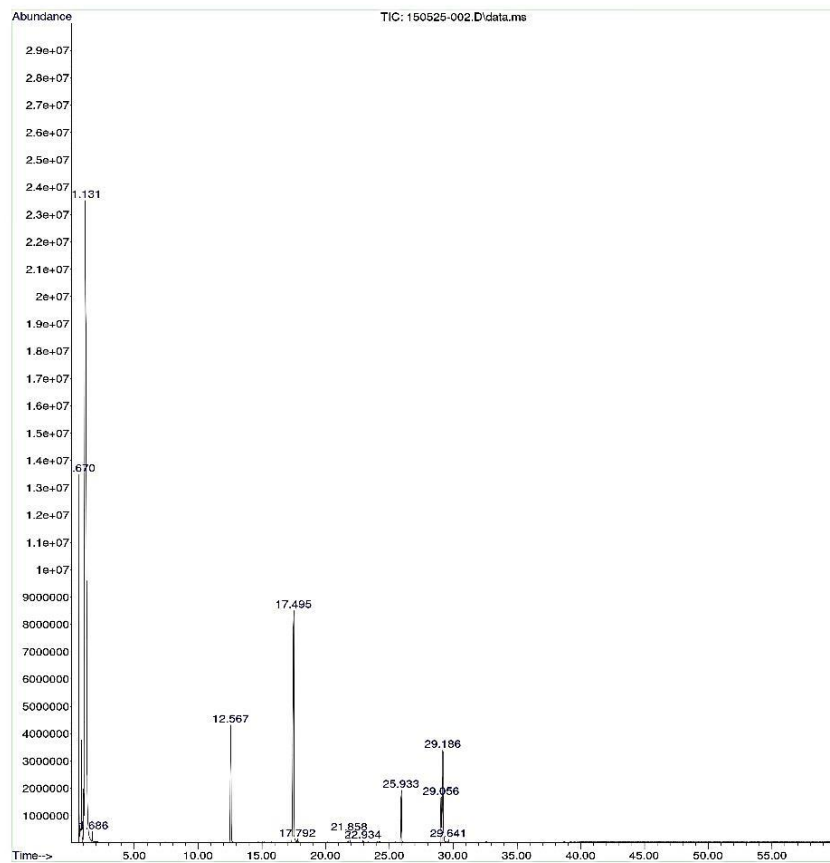


Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE,
Facultad de ingeniería Usac.

ANEXOS

Anexo 1. **Cromatograma de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) por el método Soxhlet utilizando hexano (C₆H₁₄) como solvente de extracción**

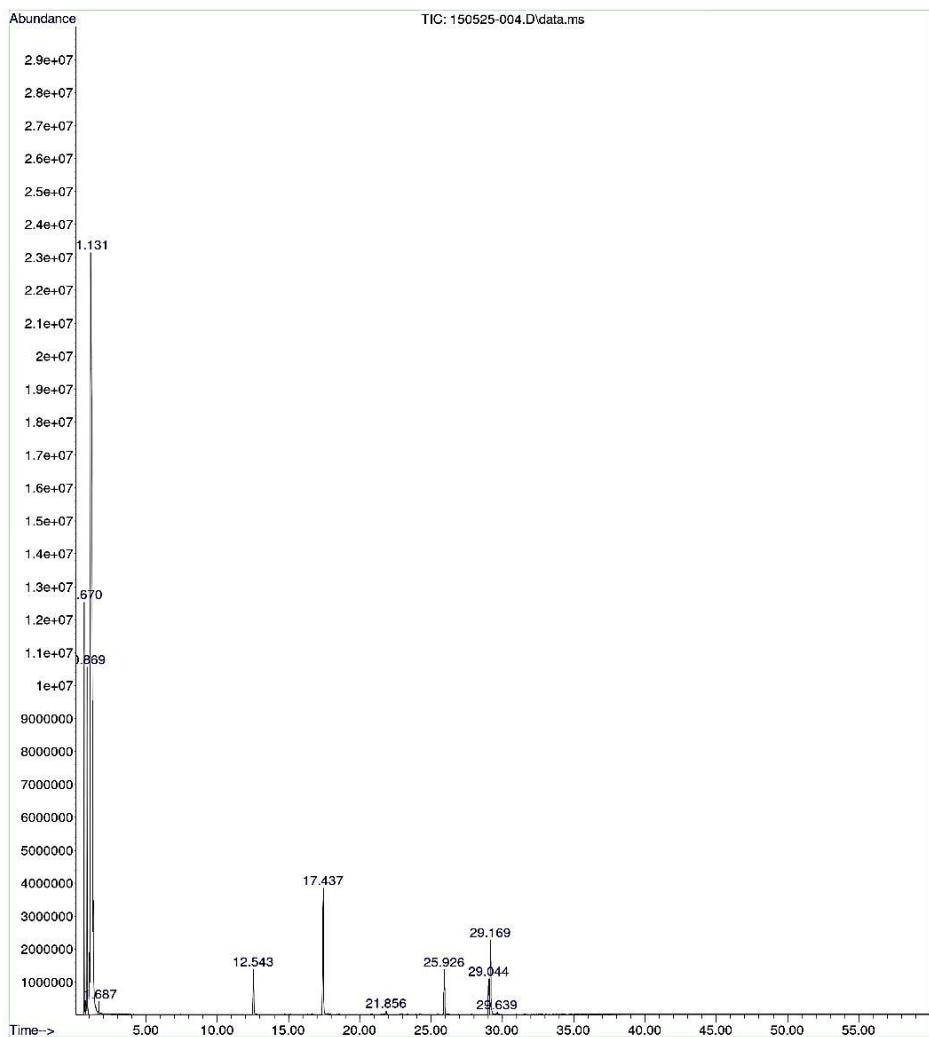
File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis bayas laurel\150525-00
... 2.D
Operator : Adem
Instrument : GC-MSD
Acquired : 25 May 2015 14:57 using AcqMethod ACIDOS GRASOS DBWAX SCAN BIO.M
Sample Name: 1B
Misc Info : Aceite fijo de bayas de laurel



Fuente: Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Química Avanzada, UVG.

Anexo 2. **Cromatograma de la fracción lipídica de las bayas de laurel (Litsea glaucescens HBK) por el método Soxhlet, utilizando acetato de etilo (C₄H₈O₂) como solvente de extracción**

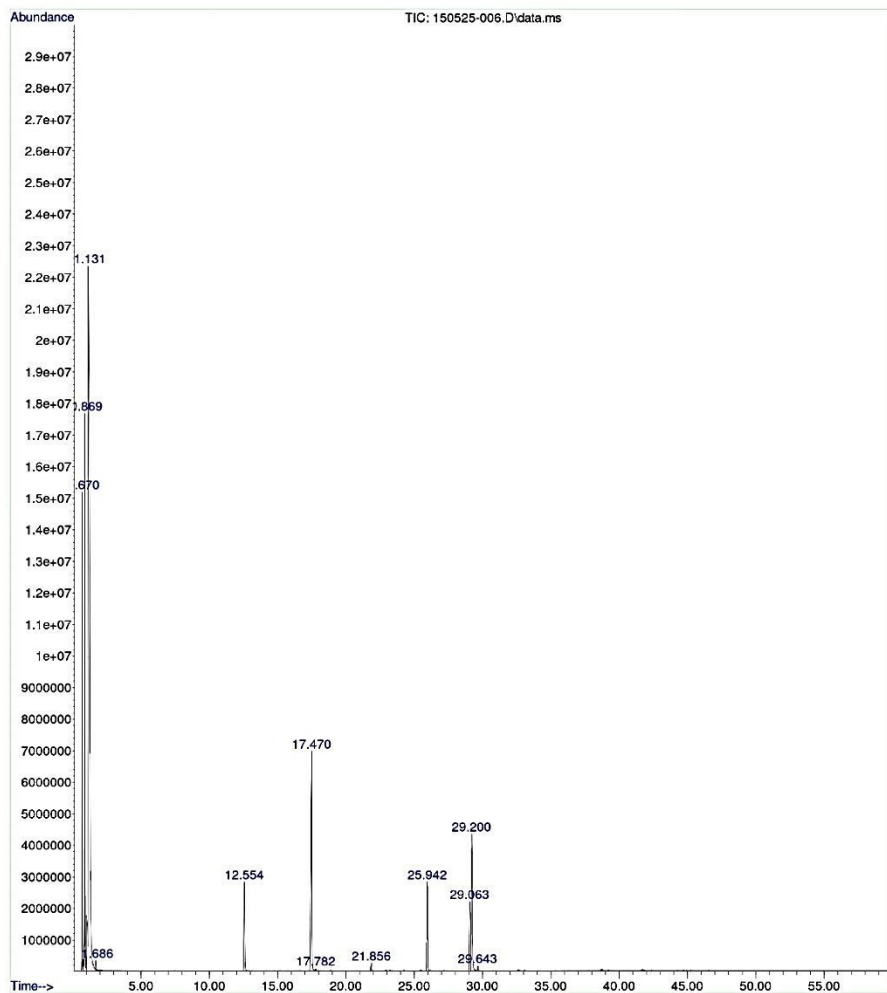
File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis bayas laurel\150525-00
... 4.D
Operator : AdeM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 25 May 2015 17:10 using AcqMethod ACIDOS GRASOS DBWAX SCAN BIO.M
Sample Name: 2B
Misc Info : Aceite fijo de bayas de laurel



Fuente: Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Química Avanzada, UVG.

Anexo 3. **Cromatograma de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) por el método Soxhlet utilizando alcohol isopropílico de grado analítico (C₃H₈O) como solvente de extracción**

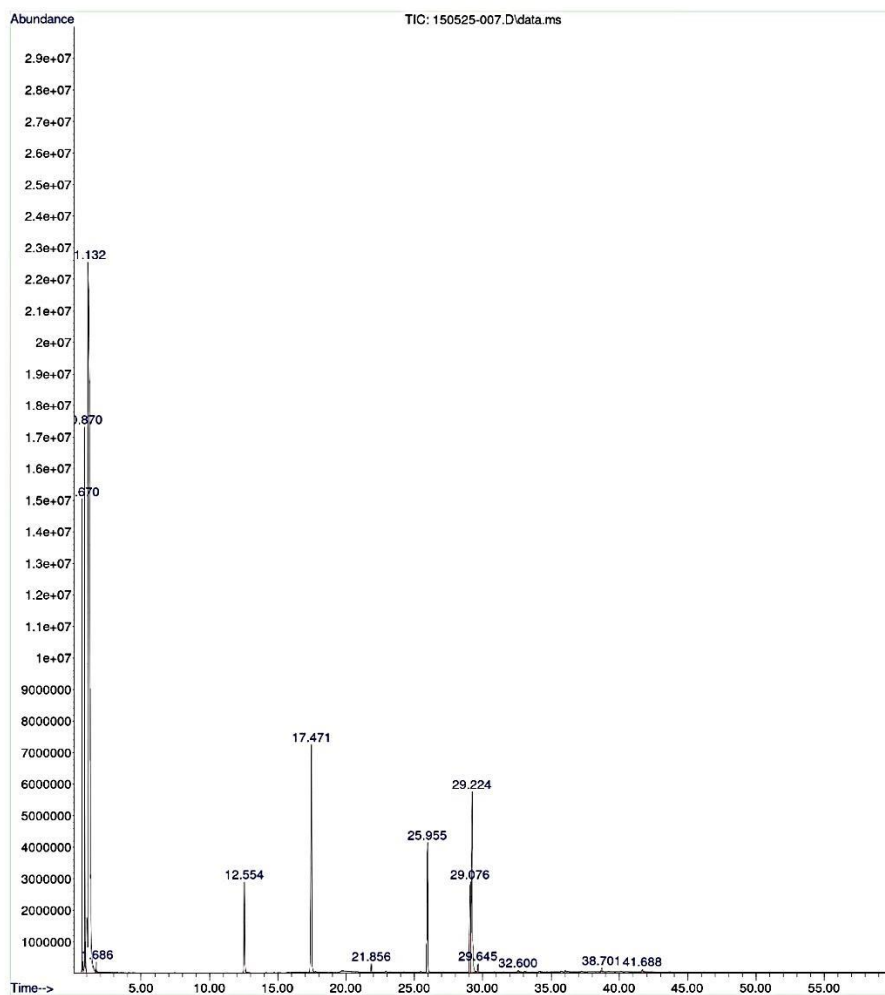
File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis bayas laurel\150525-00
... 6.D
Operator : AdeM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 25 May 2015 19:23 using AcqMethod ACIDOS GRASOS DBWAX SCAN BIO.M
Sample Name: 3B
Misc Info : Aceite fijo de bayas de laurel



Fuente: Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Química Avanzada, UVG.

Anexo 4. **Cromatograma de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) por el método maceración dinámica, utilizando hexano (C₆H₁₄) como solvente de extracción**

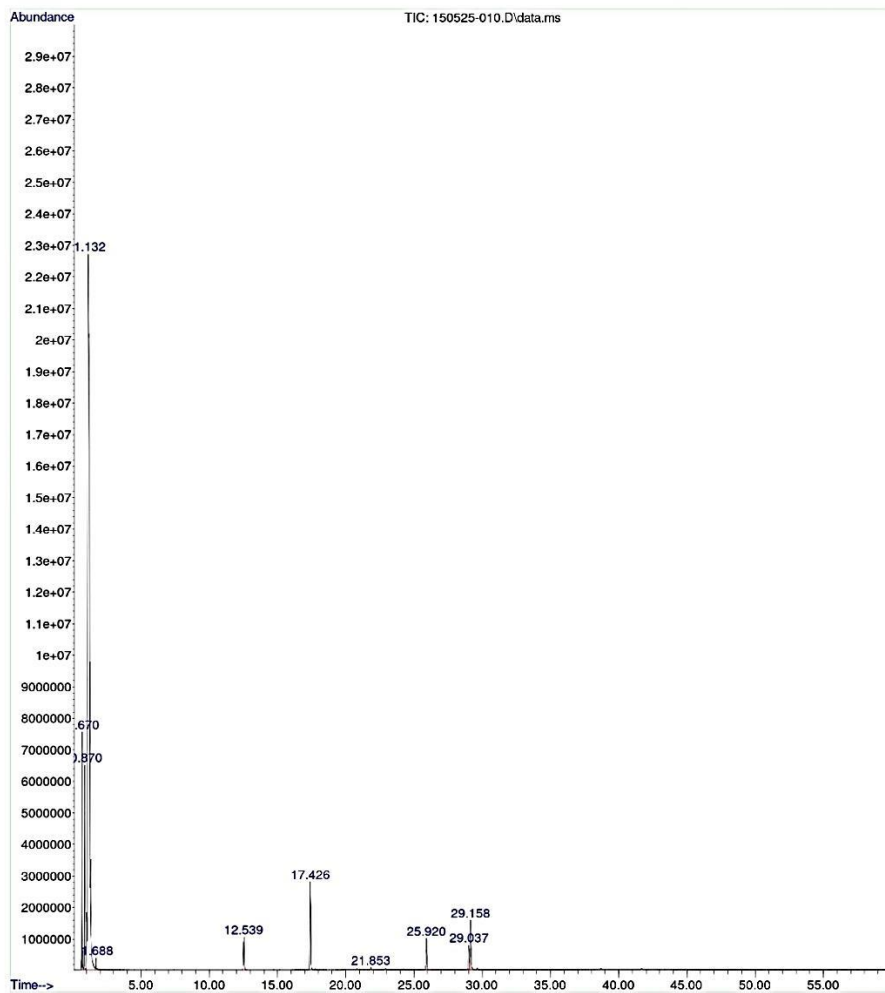
File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis bayas laurel\150525-00
... 7.D
Operator : AdeM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 25 May 2015 20:29 using AcqMethod ACIDOS GRASOS DBWAX SCAN BIO.M
Sample Name: 4A
Misc Info : Aceite fijo de bayas de laurel



Fuente: Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Química Avanzada, UVG.

Anexo 5. **Cromatograma de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) por el método maceración dinámica, utilizando acetato de etilo (C₄H₈O₂) como solvente de extracción**

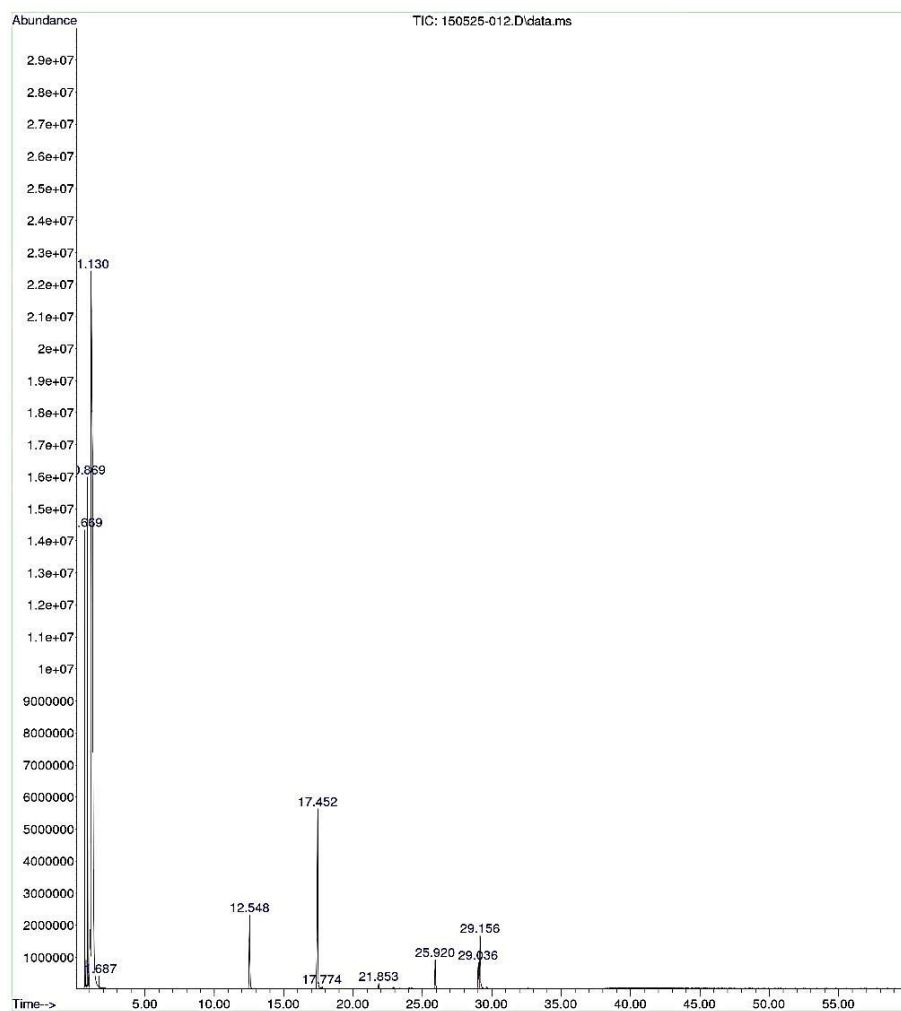
File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis bayas laurel\150525-01
... 0.D
Operator : AdeM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 25 May 2015 23:48 using AcqMethod ACIDOS GRASOS DBWAX SCAN BIO.M
Sample Name: 5B
Misc Info : Aceite fijo de bayas de laurel



Fuente: Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Química Avanzada, UVG.

Anexo 6. **Cromatograma de la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) por el método maceración dinámica, utilizando alcohol isopropílico de grado analítico (C₃H₈O) como solvente de extracción**

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis bayas laurel\150525-01
... 2.D
Operator : AdeM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 26 May 2015 2:00 using AcqMethod ACIDOS GRASOS DBWAX SCAN BIO.M
Sample Name: 6B
Misc Info : Aceite fijo de bayas de laurel



Fuente: Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Química Avanzada, UVG.

Anexo 7. **Ácidos grasos presentes en la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) por el método Soxhlet, utilizando hexano (C₆H₁₄) como solvente de extracción**

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis bayas laurel\
 Data File : 150525-002.D
 Title :
 Acq On : 25 May 2015 14:57
 Operator : AdeM
 Sample : 1B
 Misc : Aceite fijo de bayas de laurel
 ALS Vial : 2 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - levadural.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	0.670	5.21	C:\Database\NIST05a.L			
			Methyl Alcohol	31	000067-56-1	4
			Methyl Alcohol	29	000067-56-1	4
			Methyl Alcohol	30	000067-56-1	2
2	1.129	64.59	C:\Database\NIST05a.L			
			Heptane	3884	000142-82-5	87
			Heptane	3885	000142-82-5	87
			Hexane, 3-methyl-	3894	000589-34-4	72
3	1.684	0.35	C:\Database\NIST05a.L			
			Octane	7421	000111-65-9	62
			Oxalic acid, butyl isohexyl ester	78371	1000309-32-7	59
			Hexane, 3-ethyl-	7423	000619-99-8	59
4	12.564	5.21	C:\Database\NIST05a.L			
			Decanoic acid, methyl ester	47245	000110-42-9	94
			Nonanoic acid, methyl ester	37541	001731-84-6	90
			Nonanoic acid, methyl ester	37542	001731-84-6	90
5	17.495	14.60	C:\Database\NIST05a.L			
			Dodecanoic acid, methyl ester	67167	000111-82-0	94
			Dodecanoic acid, methyl ester	67163	000111-82-0	90
			Decanoic acid, methyl ester	47245	000110-42-9	86
6	17.791	0.18	C:\Database\NIST05a.L			
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	15283	003338-55-4	70
			.alpha.-Caryophyllene	59849	006753-98-6	68
			Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 2,6-dimethyl-6-(4-methyl-3-pentenyl)-	59933	017699-05-7	64
7	21.857	0.42	C:\Database\NIST05a.L			
			Methyl tetradecanoate	86751	000124-10-7	97
			Methyl tetradecanoate	86753	000124-10-7	97
			Methyl tetradecanoate	86750	000124-10-7	95
8	22.935	0.09	C:\Database\NIST05a.L			
			Cyclopropanol, 1-(3,7-dimethyl-1-octenyl)-	54447	065147-72-0	38
			Cyclohexane, 2-propenyl-	10331	002114-42-3	25
			3-Methyl-2-butenoic acid, allyl ester	17846	051552-26-2	25
9	25.933	2.33	C:\Database\NIST05a.L			
			Hexadecanoic acid, methyl ester	105644	000112-39-0	97
			Hexadecanoic acid, methyl ester	105646	000112-39-0	94
			Hexadecanoic acid, methyl ester	105639	000112-39-0	93
10	29.058	2.23	C:\Database\NIST05a.L			
			11,14-Octadecadienoic acid, methyl ester	121099	056554-61-1	98

Continuación del anexo 7.

			9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester, (E,E)-	121112	002566-97-4	97
			8,11-Octadecadienoic acid, methyl ester	121092	056599-58-7	91
11	29.185	4.64	C:\Database\NIST05a.L			
			9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	122326	001937-62-8	99
			9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	122321	000112-62-9	98
			9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	122328	001937-62-8	91
12	29.640	0.15	C:\Database\NIST05a.L			
			Octadecanoic acid, methyl ester	123707	000112-61-8	98
			Octadecanoic acid, methyl ester	123700	000112-61-8	96
			Heptadecanoic acid, 16-methyl-, methyl ester	123732	005129-61-3	96

ACIDOS GRAS...X SCAN BIO.M Tue May 26 11:08:04 2015

Fuente: Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Química Avanzada, UVG.

Anexo 8. **Ácidos grasos presentes en la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) por el método Soxhlet, utilizando acetato de etilo (C₄H₈O₂) como solvente de extracción**

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis bayas laurel\
 Data File : 150525-004.D
 Title :
 Acq On : 25 May 2015 17:10
 Operator : AdeM
 Sample : 2B
 Misc : Aceite fijo de bayas de laurel
 ALS Vial : 4 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - levadural.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	0.669	3.37	C:\Database\NIST05a.L			
			Methyl Alcohol	31	000067-56-1	4
			Methyl Alcohol	29	000067-56-1	4
			Methyl Alcohol	30	000067-56-1	2
2	0.870	4.03	C:\Database\NIST05a.L			
			Boric acid, trimethyl ester	4548	000121-43-7	91
			Boric acid, trimethyl ester	4549	000121-43-7	91
			Boronic acid, ethyl-, dimethyl ester	4130	007318-82-3	27
3	1.129	76.99	C:\Database\NIST05a.L			
			Heptane	3884	000142-82-5	87
			Heptane	3885	000142-82-5	87
			Heptane	3886	000142-82-5	72
4	1.688	0.38	C:\Database\NIST05a.L			
			Hexane, 2,4-dimethyl-	7434	000589-43-5	68
			Octane	7421	000111-65-9	68
			Heptane, 2,4-dimethyl-	12302	002213-23-2	59
5	12.541	1.96	C:\Database\NIST05a.L			
			Decanoic acid, methyl ester	47237	000110-42-9	83
			Nonanoic acid, methyl ester	37541	001731-84-6	78
			Nonanoic acid, methyl ester	37543	001731-84-6	78
6	17.436	5.66	C:\Database\NIST05a.L			
			Dodecanoic acid, methyl ester	67167	000111-82-0	94
			Dodecanoic acid, methyl ester	67163	000111-82-0	90
			Undecanoic acid, methyl ester	57096	001731-86-8	78
7	21.857	0.16	C:\Database\NIST05a.L			
			Methyl tetradecanoate	86750	000124-10-7	95
			Methyl tetradecanoate	86751	000124-10-7	91
			Tridecanoic acid, methyl ester	77299	001731-88-0	72
8	25.928	1.97	C:\Database\NIST05a.L			
			Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	105662	005129-60-2	97
			Hexadecanoic acid, methyl ester	105644	000112-39-0	96
			Hexadecanoic acid, methyl ester	105646	000112-39-0	94
9	29.044	1.68	C:\Database\NIST05a.L			
			9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester, (E,E)-	121112	002566-97-4	99
			11,14-Octadecadienoic acid, methyl ester	121099	056554-61-1	98
			9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	121107	000112-63-0	96
10	29.167	3.66	C:\Database\NIST05a.L			
			9-Octadecenoic acid, methyl ester,	122326	001937-62-8	99

Continuación del anexo 8.

```
(E)-  
9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl e 122321 000112-62-9 98  
ster  
8-Octadecenoic acid, methyl ester 122297 002345-29-1 91  
11 29.640 0.12 C:\Database\NIST05a.L  
Hexadecanoic acid, 15-methyl-, met 114865 006929-04-0 91  
hyl ester  
Pentadecanoic acid, methyl ester 96270 007132-64-1 90  
Heptadecanoic acid, 16-methyl-, me 123729 005129-61-3 86  
thyl ester
```

ACIDOS GRAS...X SCAN BIO.M Tue May 26 11:19:52 2015

Fuente: Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Química Avanzada, UVG.

Anexo 9. **Ácidos grasos presentes en la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) por el método Soxhlet, utilizando alcohol isopropílico de grado analítico (C₃H₈O) como solvente de extracción**

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis bayas laurel\
 Data File : 150525-006.D
 Title :
 Acq On : 25 May 2015 19:23
 Operator : AdeM
 Sample : 3B
 Misc : Aceite fijo de bayas de laurel
 ALS Vial : 6 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - levadura1.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	0.669	3.52	C:\Database\NIST05a.L Methyl Alcohol	29	000067-56-1	4
			Methyl Alcohol	31	000067-56-1	2
			Methyl Alcohol	30	000067-56-1	2
2	0.870	7.82	C:\Database\NIST05a.L Boric acid, trimethyl ester	4549	000121-43-7	94
			Boric acid, trimethyl ester	4548	000121-43-7	91
			Methane, isothiocyanato-	702	000556-61-6	9
3	1.133	60.69	C:\Database\NIST05a.L Heptane	3885	000142-82-5	87
			Heptane	3884	000142-82-5	87
			Hexane, 3-methyl-	3894	000589-34-4	72
4	1.684	0.23	C:\Database\NIST05a.L Octane	7421	000111-65-9	81
			Heptane, 2,4-dimethyl-	12302	002213-23-2	59
			Oxalic acid, isoheptyl pentyl ester	87736	1000309-32-8	59
5	12.555	3.39	C:\Database\NIST05a.L Decanoic acid, methyl ester	47245	000110-42-9	94
			Decanoic acid, methyl ester	47237	000110-42-9	83
			Octanoic acid, methyl ester	28923	000111-11-5	80
6	17.472	10.41	C:\Database\NIST05a.L Dodecanoic acid, methyl ester	67167	000111-82-0	94
			Dodecanoic acid, methyl ester	67163	000111-82-0	91
			Undecanoic acid, methyl ester	57095	001731-86-8	90
7	17.781	0.10	C:\Database\NIST05a.L .alpha.-Caryophyllene	59847	006753-98-6	60
			.alpha.-Caryophyllene	59849	006753-98-6	60
			.alpha.-Caryophyllene	59846	006753-98-6	60
8	21.857	0.30	C:\Database\NIST05a.L Methyl tetradecanoate	86750	000124-10-7	95
			Tridecanoic acid, methyl ester	77300	001731-88-0	78
			Dodecanoic acid, methyl ester	67163	000111-82-0	72
9	25.942	3.60	C:\Database\NIST05a.L Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	105662	005129-60-2	93
			Hexadecanoic acid, methyl ester	105639	000112-39-0	92
			Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	105659	005129-60-2	91
10	29.062	3.16	C:\Database\NIST05a.L 9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester, (E,E)-	121112	002566-97-4	99
			11,14-Octadecadienoic acid, methyl ester	121099	056554-61-1	98
			9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	121107	000112-63-0	96
11	29.198	6.53	C:\Database\NIST05a.L 9-Octadecenoic acid, methyl ester,	122326	001937-62-8	99

ACIDOS GRAS...X SCAN BIO.M Tue May 26 12:05:48 2015

Continuación del anexo 9.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis bayas laurel\
Data File : 150525-006.D
Title :
Acq On : 25 May 2015 19:23
Operator : AdeM
Sample : 3B
Misc : Aceite fijo de bayas de laurel
ALS Vial : 6 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
Integration Events: ChemStation Integrator - levadural.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			(E)-			
			9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	122321	000112-62-9	94
			8-Octadecenoic acid, methyl ester	122297	002345-29-1	90
12	29.644	0.22	C:\Database\NIST05a.L			
			Octadecanoic acid, methyl ester	123700	000112-61-8	94
			Heptadecanoic acid, 16-methyl-, methyl ester	123732	005129-61-3	94
			Octadecanoic acid, methyl ester	123709	000112-61-8	94

Fuente: Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Química Avanzada, UVG.

Anexo 10. **Ácidos grasos presentes en la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) por el método maceración dinámica, utilizando hexano (C₆H₁₄) como solvente de extracción**

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis bayas laurel\
 Data File : 150525-008.D
 Title :
 Acq On : 25 May 2015 21:35
 Operator : AdeM
 Sample : 4B
 Misc : Aceite fijo de bayas de laurel
 ALS Vial : 8 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - levadural.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	0.670	3.03	C:\Database\NIST05a.L			
			Methyl Alcohol	31	000067-56-1	4
			Methyl Alcohol	29	000067-56-1	4
2	0.870	3.88	C:\Database\NIST05a.L			
			Boric acid, trimethyl ester	4548	000121-43-7	91
			Boric acid, trimethyl ester	4549	000121-43-7	91
3	1.134	74.11	C:\Database\NIST05a.L			
			Heptane	3884	000142-82-5	87
			Hexane, 3-methyl-	3894	000589-34-4	72
4	1.688	0.36	C:\Database\NIST05a.L			
			Oxalic acid, isoheptyl pentyl ester	87736	1000309-32-8	72
			Hexane, 2,4-dimethyl-	7434	000589-43-5	64
5	12.542	1.76	C:\Database\NIST05a.L			
			Decanoic acid, methyl ester	47245	000110-42-9	95
			Dodecanoic acid, methyl ester	67169	000111-82-0	78
6	17.436	5.64	C:\Database\NIST05a.L			
			Dodecanoic acid, methyl ester	67167	000111-82-0	94
			Undecanoic acid, methyl ester	57095	001731-86-8	90
7	21.252	0.41	C:\Database\NIST05a.L			
			Hexadecane	76093	000544-76-3	90
			Pentadecane	66063	000629-62-9	90
8	21.853	0.16	C:\Database\NIST05a.L			
			Methyl tetradecanoate	86752	000124-10-7	90
			Methyl tetradecanoate	86753	000124-10-7	90
9	25.933	2.83	C:\Database\NIST05a.L			
			Hexadecanoic acid, methyl ester	105644	000112-39-0	97
			Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	105662	005129-60-2	94
10	29.049	2.29	C:\Database\NIST05a.L			
			9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester, (E,E)-	121112	002566-97-4	99
			11,14-Octadecadienoic acid, methyl ester	121099	056554-61-1	98
11	29.180	5.25	C:\Database\NIST05a.L			
			8,11-Octadecadienoic acid, methyl ester	121092	056599-58-7	94
			9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	122321	000112-62-9	91

ACIDOS GRAS...X SCAN BIO.M Tue May 26 12:10:13 2015

Continuación del anexo 10.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis bayas laurel\
 Data File : 150525-008.D
 Title :
 Acq On : 25 May 2015 21:35
 Operator : AdeM
 Sample : 4B
 Misc : Aceite fijo de bayas de laurel
 ALS Vial : 8 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - levadural.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			ster			
			9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl e	122323	000112-62-9	91
			ster			
			9-Octadecenoic acid, methyl ester,	122328	001937-62-8	90
			(E)-			
12	29.640	0.17	C:\Database\NIST05a.L			
			Octadecanoic acid, methyl ester	123708	000112-61-8	94
			Heptadecanoic acid, 16-methyl-, me	123732	005129-61-3	94
			thyl ester			
			Octadecanoic acid, methyl ester	123700	000112-61-8	94
13	38.701	0.10	C:\Database\NIST05a.L			
			Sulfurous acid, 2-propyl tetradecy	136806	1000309-12-5	72
			l ester			
			Hexadecane	76089	000544-76-3	64
			Heptacosane	165300	000593-49-7	64

Fuente: Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Química Avanzada, UVG.

Anexo 11. **Porcentaje de área de los ácidos grasos presentes en la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) por el método maceración dinámica, utilizando acetato de etilo (C₄H₈O₂) como solvente de extracción**

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis bayas laurel\
 Data File : 150525-010.D
 Title :
 Acq On : 25 May 2015 23:48
 Operator : AdeM
 Sample : 5B
 Misc : Aceite fijo de bayas de laurel
 ALS Vial : 10 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - levadural.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	0.670	2.59	C:\Database\NIST05a.L Methyl Alcohol Methyl Alcohol Ethyl alcohol	31 29 93	000067-56-1 000067-56-1 000064-17-5	4 4 2
2	0.870	2.44	C:\Database\NIST05a.L Boric acid, trimethyl ester Boric acid, trimethyl ester Methane, isothiocyanato-	4549 4548 701	000121-43-7 000121-43-7 000556-61-6	91 91 37
3	1.134	83.18	C:\Database\NIST05a.L Heptane Heptane Hexane, 3-methyl-	3885 3884 3894	000142-82-5 000142-82-5 000589-34-4	87 87 72
4	1.688	0.41	C:\Database\NIST05a.L Octane Hexane, 2,4-dimethyl- Heptane, 2,4-dimethyl-	7421 7443 12300	000111-65-9 000589-43-5 002213-23-2	81 74 59
5	12.542	1.56	C:\Database\NIST05a.L Decanoic acid, methyl ester Nonanoic acid, methyl ester Nonanoic acid, methyl ester	4/245 37541 37543	000110-42-9 001731-84-6 001731-84-6	95 78 78
6	17.427	4.24	C:\Database\NIST05a.L Dodecanoic acid, methyl ester Dodecanoic acid, methyl ester Dodecanoic acid, methyl ester	67167 67169 67163	000111-82-0 000111-82-0 000111-82-0	94 91 90
7	21.853	0.12	C:\Database\NIST05a.L Methyl tetradecanoate Undecanoic acid, methyl ester Tridecanoic acid, methyl ester	86750 57096 77297	000124-10-7 001731-86-8 001731-88-0	95 68 64
8	25.919	1.48	C:\Database\NIST05a.L Hexadecanoic acid, methyl ester Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester Hexadecanoic acid, methyl ester	105639 105659 105644	000112-39-0 005129-60-2 000112-39-0	94 94 94
9	29.039	1.29	C:\Database\NIST05a.L 11,14-Octadecadienoic acid, methyl ester 9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester, (E,E)- 9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	121099 121112 121105	056554-61-1 002566-97-4 000112-63-0	99 99 97
10	29.158	2.69	C:\Database\NIST05a.L 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	122326 122321 122328	001937-62-8 000112-62-9 001937-62-8	99 99 91

Anexo 12. **Porcentaje de área de los ácidos grasos presentes en la fracción lipídica de las bayas de laurel (*Litsea glaucescens* HBK) por el método maceración dinámica, utilizando alcohol isopropílico, de grado analítico (C₃H₈O) como solvente de extracción**

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis bayas laurel\
 Data File : 150525-012.D
 Title :
 Acq On : 26 May 2015 2:00
 Operator : AdeM
 Sample : 6B
 Misc : Aceite fijo de bayas de laurel
 ALS Vial : 12 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - levadural.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	0.669	4.03	C:\Database\NIST05a.L Methyl Alcohol	31	000067-56-1	4
			Methyl Alcohol	29	000067-56-1	4
			Methyl Alcohol	30	000067-56-1	2
2	0.870	5.79	C:\Database\NIST05a.L Boric acid, trimethyl ester	4549	000121-43-7	91
			Boric acid, trimethyl ester	4548	000121-43-7	91
			Methane, isothiocyanato-	702	000556-61-6	9
3	1.129	73.04	C:\Database\NIST05a.L Heptane	3884	000142-82-5	87
			Heptane	3885	000142-82-5	87
			Hexane, 3-methyl-	3894	000589-34-4	72
4	1.688	0.31	C:\Database\NIST05a.L Octane	7421	000111-65-9	72
			Heptane, 2,4-dimethyl-	12289	002213-23-2	64
			Pentane, 3-ethyl-2-methyl-	7469	000609-26-7	53
5	12.546	3.10	C:\Database\NIST05a.L Decanoic acid, methyl ester	47245	000110-42-9	95
			Dodecanoic acid, methyl ester	67169	000111-82-0	83
			Nonanoic acid, methyl ester	37543	001731-84-6	78
6	17.454	8.55	C:\Database\NIST05a.L Dodecanoic acid, methyl ester	67167	000111-82-0	94
			Dodecanoic acid, methyl ester	67163	000111-82-0	90
			Nonanoic acid, methyl ester	37541	001731-84-6	78
7	17.772	0.09	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[2.2.1]heptane, 7,7-dimethyl-2-methylene-	15368	000471-84-1	70
			1,4,7,-Cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-, Z,Z,Z-.alpha.-Caryophyllene	59900	1000062-61-9	70
				59849	006753-98-6	62
8	21.852	0.21	C:\Database\NIST05a.L Methyl tetradecanoate	86750	000124-10-7	96
			Methyl tetradecanoate	86752	000124-10-7	86
			Dodecanoic acid, methyl ester	67167	000111-82-0	78
9	25.919	1.22	C:\Database\NIST05a.L Hexadecanoic acid, methyl ester	105644	000112-39-0	97
			Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	105659	005129-60-2	94
			Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	105662	005129-60-2	90
10	29.035	1.15	C:\Database\NIST05a.L 9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester, (E,E)-	121112	002566-97-4	99
			9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	121105	000112-63-0	96
			11,14-Octadecadienoic acid, methyl ester	121099	056554-61-1	96

Continuación del anexo 12.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis bayas laurel\
Data File : 150525-012.D
Title :
Acq On : 26 May 2015 2:00
Operator : AdeM
Sample : 6B
Misc : Aceite fijo de bayas de laurel
ALS Vial : 12 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
Integration Events: ChemStation Integrator - levadural.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
11	29.158	2.51	C:\Database\NIST05a.L			
			9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	122326	001937-62-8	98
			9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	122321	000112-62-9	98
			12-Octadecenoic acid, methyl ester	122311	056554-46-2	83

Fuente: Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Química Avanzada, UVG.

