



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

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO DE LA OLEORRESINA DE HOJAS Y
FRUTOS DE LA PIMIENTA GORDA (*Pimenta dioica* (L.) Merrill), CULTIVADA EN LA
REGIÓN NORTE DE GUATEMALA, MEDIANTE LIXIVIACIÓN A ESCALA LABORATORIO Y
SU CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA**

María Fernanda Almeda Soria

Asesorado por la Inga. Telma Maricela Cano Morales
y el Ing. Mario José Mérida Meré

Guatemala, febrero de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO DE LA OLEORRESINA DE HOJAS Y
FRUTOS DE LA PIMIENTA GORDA (*Pimenta dioica* (L.) Merrill), CULTIVADA EN LA
REGIÓN NORTE DE GUATEMALA, MEDIANTE LIXIVIACIÓN A ESCALA LABORATORIO Y
SU CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARÍA FERNANDA ALMEDA SORIA

ASESORADO POR LA INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES
Y EL ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Dr. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADOR	Ing. César Ariel Villela Rodas
EXAMINADOR	Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí 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 EXTRACTIVO DE LA OLEORRESINA DE HOJAS Y FRUTOS DE LA PIMIENTA GORDA (*Pimenta dioica* L. Merrill), CULTIVADA EN LA REGIÓN NORTE DE GUATEMALA, MEDIANTE LIXIVIACIÓN A ESCALA LABORATORIO Y SU CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 09 de febrero de 2016.



María Fernanda Almeda Soria



Guatemala, 27 de abril de 2018

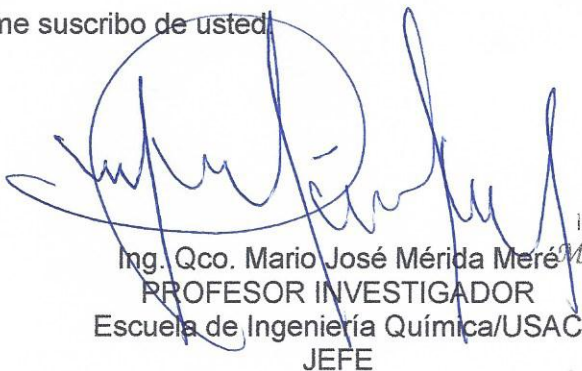
Ingeniero
Carlos Salvador Wong Davi
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ingeniero Wong:

Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al Informe Final del trabajo de graduación titulado "EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO DE LA OLEORRESINA DE HOJAS Y FRUTOS DE LA PIMIENTA GORDA (*Pimenta dioica* (L.) Merrill), CULTIVADA EN LA REGIÓN NORTE DE GUATEMALA, MEDIANTE LIXIVIACIÓN A ESCALA LABORATORIO Y SU CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA", de la estudiante de Ingeniería Química María Fernanda Almeda Soria quien se identifica con CUI No. 2111795661603 y registro académico número 2011-23106.

Sin otro particular me suscribo de usted


Atentamente,


Ing. Qco. Mario José Mérida Meré
PROFESOR INVESTIGADOR
Escuela de Ingeniería Química/USAC
JEFE

INGENIERO QUÍMICO
Mario José Mérida Meré
Colegiado 1411



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


Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
Profesora Investigadora Titular IX
Sección Química Industrial
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC
Asesora



INGENIERA QUÍMICA
Telma Maricela Cano M.
Colegiada 433



Guatemala, 12 de noviembre de 2018.
Ref. EIQ.TG-IF.057.2018.

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 **100-2015** 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
-Modalidad Seminario de Investigación-**

Solicitado por la estudiante universitaria: **María Fernanda Almeda Soria**.
Identificada con número de carné: **2111 79566 1603**.
Identificada con registro académico: **2011-23106**.
Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

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 EXTRACTIVO DE LA OLEORRESINA DE HOJAS Y FRUTOS DE LA PIMIENTA GORDA (*Pimenta dioica* (L) Merrill), CULTIVADA EN LA REGIÓN NORTE DE GUATEMALA, MEDIANTE LIXIVIACIÓN A ESCALA LABORATORIO Y SU CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por los ingenieros: **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.



"D Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. César Alfonso García Guerra
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.012.2019

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 de la estudiante, **MARÍA FERNANDA ALMEDA SORIA** titulado: **"EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO DE LA OLEORRESINA DE HOJAS Y FRUTOS DE LA PIMIENTA GORDA (*Pimenta dioica* (L.) Merrill), CULTIVADA EN LA REGIÓN NORTE DE GUATEMALA, MEDIANTE LIXIVIACIÓN A ESCALA LABORATORIO Y SU CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA"**. 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, febrero 2019

FACULTAD DE INGENIERIA USAC
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
DIRECTOR

Cc: Archivo
CSWD/ale





DTG.089.2019

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 EXTRACTIVO DE LA OLEORRESINA DE HOJAS Y FRUTOS DE LA PIMIENTA GORDA (*Pimenta dioica* (L.) Merrill), CULTIVADA EN LA REGIÓN NORTE DE GUATEMALA, MEDIANTE LIXIVIACIÓN A ESCALA LABORATORIO Y SU CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA**, presentado por la estudiante universitaria: **María Fernanda Almeda Soria**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, febrero de 2019

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la bendición de la vida y ser esa fuerza, motivación y compañía para siempre seguir adelante.
Mis padres	Pedro Almeda y Alida de Almeda, por su apoyo incondicional, amor, confianza, consejos y cuidados para llegar a ser una persona exitosa. Gracias por ser ese ejemplo a seguir en mi vida.
Mi hermana	Vivian Almeda, por su apoyo incondicional y por ser un gran ejemplo y motivación para alcanzar mis metas.
Mi esposo	Luis Eduardo Búcaro, por su amor, paciencia y apoyo incondicional durante toda la carrera para alcanzar mis sueños.
Familia Búcaro Pape	Hugo, Astrid, Vanessa y Carlos, por su aprecio y apoyo incondicional.
Mis tíos y familia	Por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios que me brindó los conocimientos para alcanzar mis metas profesionales y personales.
Facultad de Ingeniería	Por ser la influencia directa para mi formación y desarrollo como profesional.
Mis padres	Pedro Almeda y Alida de Almeda, por todos sus consejos, apoyo incondicional y por enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo es posible para poder alcanzar mis metas.
Mi hermana	Por ser ejemplo y una importante influencia para alcanzar el éxito.
Mi esposo	Por ser mi motivación para alcanzar mis metas.
Asesores	Ingenieros químicos Telma Cano y Mario José Mérida, por compartir sus conocimientos y guiarme para poder culminar mi carrera.
Revisor	Ingeniero César García, por su compromiso y dedicación en la revisión de mi estudio de investigación.

2.2.	Oleorresinas.....	17
2.2.1.	Ventajas de utilización de oleorresina	18
2.3.	Proceso de lixiviación.....	18
2.3.1.	Velocidad de lixiviación de oleorresina.....	22
2.3.2.	Variables del proceso extractivo.....	22
2.3.2.1.	Naturaleza del solvente	22
2.3.2.2.	Temperatura.....	23
2.3.2.3.	Agitación y mezcla	23
2.3.2.4.	Tiempo de extracción	24
2.4.	Proceso de extracción por maceración	24
2.4.1.	Tipos de extracción por maceración.....	24
2.5.	Cromatografía	25
2.5.1.	Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC/MS).....	25
2.5.2.	Cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC)	26
2.6.	Índice de refracción.....	26
3.	METODOLOGÍA	27
3.1.	Variables	27
3.1.1.	Variables independientes	27
3.1.2.	Variables dependientes	28
3.2.	Delimitación del campo de estudio.....	28
3.2.1.	Obtención de la materia prima	28
3.2.2.	Extracción de la oleorresina	29
3.2.3.	Análisis cuantitativo del extracto de oleorresina.....	29
3.3.	Recursos disponibles	29
3.4.	Técnica cuantitativa y cualitativo	32
3.4.1.	Procedimiento para la extracción de oleorresina de los frutos y hojas de pimienta gorda (<i>Pimenta</i>	

	<i>dioica</i> L. Merill) por el método de maceración dinámica a escala laboratorio	32
3.4.2.	Determinación del porcentaje de rendimiento de las muestras recuperadas de oleoresina de pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> L. Merill).....	33
3.4.3.	Determinación experimental de la densidad de la oleoresina de pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> L. Merill).....	34
3.4.4.	Determinación experimental del índice de refracción de la oleoresina de pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> L. Merill)	35
3.4.5.	Determinación de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS).....	35
3.5.	Recolección y ordenamiento de la información	36
3.6.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	49
3.7.	Análisis estadístico	62
3.7.1.	Diseño de tratamientos.....	62
3.7.1.1.	Repeticiones.....	63
3.7.1.2.	Número de tratamientos para el experimento.....	64
3.7.2.	Modelo para un análisis de la varianza de un factor.....	65
3.7.3.	Supuestos para la aplicación del ANOVA.....	66
3.7.4.	Bases del ANOVA	66
3.7.5.	Procedimiento para el análisis de varianza de Anova	66
3.7.6.	Datos del Anova	68

4.	RESULTADOS.....	93
4.1.	Determinación del rendimiento extractivo de hojas de la oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) por el método de maceración dinámica escala laboratorio	93
4.2.	Evaluación del rendimiento extractivo de oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) en función del nivel altitudinal.....	95
4.3.	Caracterización fisicoquímica de densidad e índice de refracción para la oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) de hojas y frutos	98
4.4.	Caracterización de la composición de oleorresina de pimienta gorda para los frutos y las hojas mediante la prueba de cromatografía gaseosa con acoplamiento en espectrometría de masas (GC/MS).....	102
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	105
	CONCLUSIONES.....	111
	RECOMENDACIONES	113
	BIBLIOGRAFÍA.....	115
	APÉNDICES.....	119
	ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Árbol de pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merril)	8
2.	Flores y hojas de pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merril)	9
3.	Frutos de pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merril)	10
4.	Diagrama triangular del proceso de extracción sólido-líquido	20
5.	Distribución de equilibrio para el sistema soluto -solvente	21
6.	Media 95 % y Fisher LSD para el rendimiento extractivo de las hojas de oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merril) en función del área de cultivo.....	69
7.	Media 95 % y Fisher LSD para el rendimiento extractivo de los frutos de oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merril) en función del área de cultivo.....	71
8.	Media 95 % y Fisher LSD para el rendimiento extractivo de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	75
9.	Media 95 % y Fisher LSD para el rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	78
10.	Media 95 % y Fisher LSD para la densidad de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	81
11.	Media 95 % y Fisher LSD para la densidad de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	83

12.	Media 95 % y Fisher LSD para el índice de refracción de oleorresina de las hojas de pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	86
13.	Media 95 % y Fisher LSD para el índice de refracción de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	89
14.	Media 95 % y Fisher LSD para el componente químico Eugenol en la oleorresina de pimienta gorda analizado mediante la parte vegetal	91
15.	Rendimiento extractivo de las hojas de oleorresina de pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) en función del área de cultivo	94
16.	Rendimiento extractivo de los frutos de oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) en función del área de cultivo	95
17.	Rendimiento extractivo de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	96
18.	Rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	97
19.	Densidad de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	99
20.	Densidad de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	100
21.	Índice de refracción de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales.....	101
22.	Índice de refracción de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	102

23.	Contenido de eugenol en la oleorresina de las hojas y los frutos de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) respecto a los tres diferentes niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	104
-----	---	-----

TABLAS

I.	Nombres vernáculos de la pimienta gorda en España y distintos países de América.....	7
II.	Compuestos en las hojas de pimienta gorda	11
III.	Compuestos en los frutos de pimienta gorda	13
IV.	Cantidad de kilos de fruto de pimienta gorda exportada del año 2002 al año 2015	16
V.	Parámetros para el proceso de extracción de oleorresina por el método de maceración dinámica	27
VI.	Variables dependientes para el proceso de extracción de oleorresina por el método de maceración dinámica.....	28
VII.	Rendimiento extractivo de la oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) de las hojas y los frutos provenientes de los departamentos de Petén y Alta Verapaz	37
VIII.	Densidad de la oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) de las hojas y los frutos provenientes de los departamentos de Petén y Alta Verapaz.....	38
IX.	Índice de refracción de la oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) de las hojas y los frutos provenientes de los departamentos de Petén y Alta Verapaz.....	39
X.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de Melchor de Mencos, Petén.....	40

XI.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de Dolores, Petén	41
XII.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de San Luis, Petén.....	42
XIII.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de Santa María Cahabón, Alta Verapaz	43
XIV.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.....	43
XV.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de Campur, Alta Verapaz.....	44
XVI.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de Melchor de Mencos, Petén	45
XVII.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de Dolores, Petén	46
XVIII.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de San Luis, Petén.....	47
XIX.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de Santa María Cahabón, Alta Verapaz	48

XX.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de San Pedro Carchá, Alta Verapaz	48
XXI.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de Campur, Alta Verapaz	49
XXII.	Rendimiento extractivo de la oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) de las hojas y los frutos provenientes de los departamentos de Petén y Alta Verapaz	50
XXIII.	Densidad de la oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) de las hojas y los frutos provenientes de los departamentos de Petén y Alta Verapaz.....	51
XXIV.	Índice de refracción de la oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) de las hojas y los frutos provenientes de los departamentos de Petén y Alta Verapaz.....	52
XXV.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de Melchor de Mencos, Petén.....	53
XXVI.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de Dolores, Petén	53
XXVII.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de San Luis, Petén.....	55
XXVIII.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de Santa María Cahabón, Alta Verapaz.....	56

XXIX.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de hojas de pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.....	56
XXX.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de Campur, Alta Verapaz.....	57
XXXI.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de Melchor de Mencos, Petén	57
XXXII.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de Dolores, Petén	58
XXXIII.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de San Luis, Petén.....	59
XXXIV.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de Santa María Cahabón, Alta Verapaz	60
XXXV.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de San Pedro Carchá, Alta Verapaz	61
XXXVI.	Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) provenientes de Campur, Alta Verapaz.....	61
XXXVII.	Combinaciones del diseño experimental	64
XXXVIII.	Combinaciones para el diseño experimental completamente al azar ...	65
XXXIX.	Resumen estadístico para el rendimiento extractivo de las hojas de oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) en función del área de cultivo	68

XL.	Anova para el rendimiento extractivo de las hojas de oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) en función del área de cultivo	69
XLI.	Resumen estadístico para el rendimiento extractivo de los frutos de oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) en función del área de cultivo.....	70
XLII.	Anova para el rendimiento extractivo de los frutos de oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) en función del área de cultivo	70
XLIII.	Prueba de múltiples rangos para el rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) en función del área de cultivo.....	70
XLIV.	Contraste de la prueba de múltiples rangos para el rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) en función del área de cultivo	71
XLV.	Resumen estadístico del rendimiento extractivo de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	72
XLVI.	Anova para el rendimiento extractivo de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	72
XLVII.	Prueba de múltiples rangos para el rendimiento extractivo de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	73
XLVIII.	Contraste de la prueba de múltiples rangos para el rendimiento extractivo de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	74

XLIX.	Resumen estadístico del rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	76
L.	Anova para el rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	76
LI.	Prueba de múltiples rangos para el rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	77
LII.	Contraste de la Prueba de Múltiples Rangos para el rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	77
LIII.	Resumen estadístico de la densidad de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	78
LIV.	Anova para la densidad de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	79
LV.	Prueba de múltiples rangos para la densidad de oleorresina de las hojas de pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	79
LVI.	Contraste de la Prueba de múltiples rangos para la densidad de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	80
LVII.	Resumen estadístico de la densidad de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	81

LVIII.	Anova para la densidad de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	82
LIX.	Prueba de múltiples rangos para la densidad de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	82
LX.	Contraste de la prueba de múltiples rangos para la densidad de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	83
LXI.	Resumen estadístico del índice de refracción de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	84
LXII.	Anova para el índice de refracción de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	84
LXIII.	Prueba de múltiples rangos para el índice de refracción de oleorresina de las hojas de pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	85
LXIV.	Contraste de la Prueba de múltiples rangos para el índice de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	85
LXV.	Resumen estadístico del índice de refracción de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	87
LXVI.	Anova para el índice de refracción de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	87

LXVII.	Prueba de múltiples rangos para el índice de refracción de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	88
LXVIII.	Contraste de la prueba de múltiples rangos para el índice de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	88
LXIX.	Resumen estadístico del componente químico eugenol en la oleorresina de pimienta gorda analizado mediante la parte vegetal	89
LXX.	Anova para el componente químico eugenol en la oleorresina de pimienta gorda analizado mediante la parte vegetal.....	90
LXXI.	Prueba de múltiples rangos para el componente químico eugenol en la oleorresina de pimienta gorda analizado mediante la parte vegetal	90
LXXII.	Contraste de la prueba de múltiples rangos para el componente químico eugenol en la oleorresina de la pimienta gorda analizado mediante la parte vegetal.....	90
LXXIII.	Rendimiento extractivo de las hojas de oleorresina de la pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) en función del área de cultivo	93
LXXIV.	Rendimiento extractivo de los frutos de oleorresina de pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) en función del área de cultivo	94
LXXV.	Rendimiento extractivo de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	96
LXXVI.	Rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	97
LXXVII.	Densidad de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	98

LXXVIII.	Densidad de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	99
LXXIX.	Índice de refracción de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz	100
LXXX.	Índice de refracción de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	101
LXXXI.	Contenido de eugenol en la oleorresina de las hojas y los frutos de pimienta gorda (<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill) respecto a los tres diferentes niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.....	103

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
GC/MS	Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas
ρ	Densidad
$^{\circ}\text{C}$	Grado centígrado
g	Gramo
h	Hora
n	Índice de refracción
Kg	Kilogramo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mL	Mililitro
%	Porcentaje
t	Tiempo

GLOSARIO

Anova	Análisis estadístico de varianza.
Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS)	Técnica analítica dedicada a la separación, identificación y cuantificación de mezclas de sustancias volátiles y semivolátiles.
Eugenol	La molécula de eugenol (o 4-alil-2-metoxifenol) es un compuesto natural de diversos aromas, del cual muchas plantas son ricas de este componente, como el árbol de pimienta gorda.
Filtración al vacío	Técnica de separación de mezclas sólido-líquido.
Índice de refracción	Es una medida para saber cuánto se reduce la velocidad de la luz dentro del medio.
Lixiviación	Operación unitaria que consiste en extraer uno o varios solutos de un sólido mediante la utilización de un disolvente líquido. Cuando el soluto y el disolvente entran en contacto el soluto pasa a una fase líquida, lo que produce una separación de los componentes originales del sólido.

Maceración dinámica	Consiste en colocar la materia prima y el solvente en constante movimiento durante un período de tiempo, el proceso da como resultado un equilibrio de concentración entre la materia prima y el solvente.
Oleoresina	Las oleoresinas son extractos de especies deshidratadas que se obtienen por tratamiento con solventes, que al ser obtenidas contienen aceites esenciales y materias resinosas.
Rotaevaporador	Aparato de destilación rotatorio asociado a un baño María, usado principalmente en laboratorios de síntesis químicas, investigaciones en bioquímica y análisis químico cualitativo y cuantitativo de extractos de naturaleza orgánica e inorgánica. Se utiliza, principalmente, para separar por medio de evaporación a presión reducida y suave, el solvente que acompaña al soluto de interés, o bien, para realizar destilaciones fraccionadas.
Solvente	Sustancia utilizada para disolver o formar mezclas homogéneas.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar el rendimiento extractivo y las propiedades fisicoquímicas de la oleorresina de pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill), realizado a escala laboratorio.

El diseño experimental se planteó con base en las variables seleccionadas como los frutos y hojas, lugar de recolección de la materia prima en los departamentos de Alta Verapaz y Petén; se consideraron tres niveles altitudinales para cada departamento, tomando en cuenta que se realizaron tres repeticiones para obtener un total de 36 muestras de estudio.

Se realizó un análisis de los rendimientos extractivos en función de las variables mencionadas anteriormente; se logró determinar que se presenta el mayor rendimiento de los frutos provenientes de Campur, Alta Verapaz. A la vez, se determinaron las propiedades fisicoquímicas del extracto: densidad e índice de refracción. También, se caracterizó la composición de algunos metabolitos secundarios de la oleorresina de pimienta gorda, mediante la prueba de cromatografía gaseosa con acoplamiento en espectrometría de masas (GC/MS); se determinó que el compuesto activo eugenol fue el que se presentó en la mayoría de las muestras estudiadas.

Se realizó el análisis de varianza Anova, como fundamento estadístico matemático con el cual se pudieron realizar las pruebas de significancia con base en los objetivos e hipótesis planteadas.

OBJETIVOS

General

Evaluar el rendimiento extractivo de la oleorresina de hojas y frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill), cultivada en la región norte de Guatemala, mediante lixiviación a escala laboratorio y su caracterización fisicoquímica.

Específicos

1. Determinar el rendimiento extractivo de oleorresina obtenido de hojas y frutos del árbol de pimienta gorda, provenientes del departamento de Petén y Alta Verapaz.
2. Comparar el efecto del nivel altitudinal del rendimiento extractivo de la oleorresina de hojas y frutos de pimienta gorda, obtenido por el método de maceración dinámica utilizando alcohol etílico al 95 % como solvente.
3. Determinar las propiedades fisicoquímicas: densidad e índice de refracción para el extracto de oleorresina de hojas y frutos de pimienta gorda obtenido de los distintos niveles altitudinales de los departamentos de Petén y Alta Verapaz.
4. Caracterizar la composición de oleorresina de pimienta gorda para hojas y frutos mediante la prueba de cromatografía gaseosa con acoplamiento en espectrometría de masas (GC/MS).

HIPÓTESIS

Es factible extraer oleorresina tanto de hojas como frutos, de pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill), mediante la técnica de maceración dinámica.

- Hipótesis nula

Ho1: no existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo de oleorresina de pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill) de hojas y frutos proveniente del departamento de Petén y Alta Verapaz.

Ho2: no existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo de oleorresina de hojas y frutos de pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill), proveniente de distintos niveles altitudinales.

Ho3: no existe diferencia significativa al evaluar las propiedades fisicoquímicas de la oleorresina proveniente de hojas y frutos de pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill).

Ho4: no existe diferencia significativa en cuanto al porcentaje de componente activo de la hoja y fruto de oleorresina de pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill).

- Hipótesis alternativa

Hi1: existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo de oleorresina de pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill) de hojas y frutos proveniente del departamento de Petén y Alta Verapaz.

Hi2: existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo de oleorresina de hojas y frutos de pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill), proveniente de distintos niveles altitudinales.

Hi3: existe diferencia significativa al evaluar las propiedades fisicoquímicas de la oleorresina proveniente de hojas y frutos de pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill).

Hi4: existe diferencia significativa en cuanto al porcentaje de componente activo de la hoja y fruto de oleorresina de pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill).

INTRODUCCIÓN

La pimienta gorda con nombre científico *Pimenta dioica* (L.) Merrill pertenece a la familia Myrtaceae, crece en ambientes tropicales y ha sido utilizada desde tiempo remotos por los pueblos nativos; es cultivada desde el sureste de México hasta Panamá y también a través de todo el Caribe. En Guatemala la pimienta gorda es cultivada en los departamentos de Petén y Alta Verapaz y en una menor proporción en el departamento de Izabal; la temporada de cosecha se produce en los meses de junio, julio y agosto.

El estudio se realizó según el proyecto de investigación CONCYT 037-2015 en donde se tomaron las regiones de Alta Verapaz y Petén para la obtención de materia prima, ya que el clima de Alta Verapaz puede definirse como cálido muy húmedo y sin estación seca definida y el clima en el departamento de Petén es de tipo tropical, cálido y húmedo. En cuanto a las temperaturas anuales promedio para los departamentos de Alta Verapaz y Petén van desde de los 17 °C a los 21 °C y de 21 °C a 32 °C, respectivamente. Para la clasificación taxonómica de suelo la que se encuentra en mayor proporción en el área de Alta Verapaz es Entisoles, luego Ultisoles y en menor proporción Mollisoles; y para el departamento de Petén cuenta con un mayor porcentaje el suelo Mollisoles, le sigue Vertisoles y por último Ultisoles.

Del árbol de pimienta gorda en general se pueden obtener productos y subproductos, ya que nivel mundial los frutos son utilizados principalmente como preservantes de carnes, aunque también se utiliza como condimento alimenticio. La hoja contiene aceite esencial que es utilizado en la fabricación de cosméticos y perfumes.

Actualmente, en Guatemala con propósitos comerciales no se realiza la extracción de oleorresina de las partes del árbol de pimienta gorda, solo se comercializa el fruto verde o seco. Es por ello que con la presente investigación se pretendió evaluar la calidad de la oleorresina de pimienta gorda proveniente de los departamentos de Alta Verapaz y Petén, y que pueda ser útil para la aplicación a nivel industrial en el país.

1. ANTECEDENTES

En 2003, Anabella López Lobos de la Universidad Rafael Landívar llevó a cabo la investigación con el título: *Estudios de factibilidad de una planta de extracción de aceite esencial y oleorresina de pimienta gorda, pimienta dioica*, la cual fue realizada en la planta piloto de la Universidad de San Carlos de Guatemala para realizar pruebas y poder analizar el panorama de gastos económicos en relación a la extracción.

Luego de realizar un análisis minucioso Anabella López determinó que sí es factible el montaje de una planta de obtención de aceite esencial y oleorresina de pimienta e buena calidad y competitiva a nivel internacional. Dicha planta tendría una capacidad de 2500 kg anuales de aceite esencial de pimienta y la cual sería construida en el municipio de Poptún, Petén, para aprovechar la cercanía de la obtención de la materia prima.

Dentro de la investigación también se hace énfasis acerca del cultivo de pimienta gorda que representa una oportunidad para el extractivismo sostenible de los recursos de las selvas peteneras y se plantea una solución rentable para el uso del suelo en Petén. A su vez plantea que la industria de aceites esenciales y oleorresinas es una oportunidad de desarrollo sostenible para la agroindustria en Guatemala.

En el año 2002 fue realizada la investigación *Obtención y caracterización del aceite esencial y oleorresina de la pimienta negra (Piper nigrum L.) cultivada en Guatemala, una alternativa de desarrollo agroindustrial para el agricultor guatemalteco*, proyecto que fue coordinado por la ingeniera química Telma

Cano Morales y llevado a cabo en el laboratorio de análisis fisicoquímicos y la planta piloto de Extracción-Destilación de la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CII/USAC).

La investigación aportó una alternativa productiva para las comunidades rurales, y una ayuda para promover el cultivo de la pimienta negra; por ejemplo, en Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, ya que a pesar de ser un área ganadera, la especie estudiada es una de las plantas que está en proceso de desarrollo para su cultivo debido a que el clima favorece su crecimiento y los pobladores la ven con un potencial agrario, ya que poseen las condiciones apropiadas y riqueza forestal. En cuanto a los resultados de la experimentación se logró determinar que el valor alto en cuanto al porcentaje de rendimiento de aceite esencial de la pimienta negra cultivada en Guatemala fue de 0,96 % para un lote de 15 libras, y el valor más alto de porcentaje de rendimiento total de oleorresina, para un tamaño fijo de lote de 10 libras fue de 6,3249 %, utilizando como solvente alcohol etílico al 70 % para la maceración.

En 1979 Edwin Orellana Sagastume hace un estudio sobre la *Situación actual del cultivo de pimienta gorda (Pimienta dioica) en el departamento de Alta Verapaz*. En dicho diagnóstico se evidencia que no se aplica una tecnología apropiada en la producción de pimienta gorda, lo cual incide en el rendimiento, calidad y precio de la misma. Los factores que están impidiendo el mejor aprovechamiento del mercado externo existente de esta especie son los riesgos al cosechar por la altura de la planta y textura de la corteza; desconocimiento de agentes patógenos; poca ganancia por la existencia de intermediarios en el proceso de comercialización, poca investigación, y falta de organización entre productores lo que hace que los intermediarios fijen el precio. En general, Orellana describe que el cultivo de pimienta gorda a nivel

nacional no ha sido investigado desde el punto de vista técnico de producción, razón por la cual la productividad de las plantaciones existentes en el departamento de Alta Verapaz es considerada baja.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Pimienta gorda

El árbol de pimienta gorda es originario del Caribe y es característico por desprender un fuerte aroma. Los frutos poseen características físicas similares a las de la pimienta negra, pero ambos pertenecen a distintas familias. En cuanto al sabor de la pimienta gorda es una mezcla de sensaciones a canela, nuez moscada, pimienta y clavo de olor.

2.1.1. Historia

En el siglo XVI la pimienta gorda fue descubierta por Cristóbal Colón cuando realizaba expediciones en el Caribe y la cual fue llevada a España. En el mismo siglo también fueron encontradas en Cuba y México plantas de pimienta gorda por los españoles.

Cuando la plata es descubierta por los colonizadores, le denominan pimienta confundiéndola con la pimienta negra, ya que esta posee un parecido tamaño entre ambos frutos, pero botánicamente no pertenecen a la misma familia y físicamente son plantas diferentes.

Las civilizaciones antiguas le daban distintos usos a la pimienta gorda; los aztecas la utilizaban junto con la vainilla para aromatizar preparados de cacao caliente; por su parte, los mayas la utilizaban para embalsamar los cadáveres.

En cuanto al pueblo inglés, surgió una afición por este tipo de pimienta a partir de 1655 en el que Jamaica fue colonia británica y en el Reino Unido se le daba el uso en la preparación de guisos y salsas.

Actualmente, se le dan distintos usos a la pimienta gorda en muchos países a nivel mundial. Existen 15 especies de pimienta gorda las cuales se encuentran en el Neotrópico, y la mayor parte de ellas se encuentran en Centroamérica y la región del Caribe; una única especie se encuentra en el sudeste de Brasil.

2.1.2. Taxonomía y etimología

Taxonomía

- Nombre: pimienta gorda
- Nombre científico: *Pimenta dioica* L. Merrill
- Reino: Plantae
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Myrtales
- Familia: Myrtaceae
- Género: pimienta
- Especie: *P. dioica* L.

Etimología

- Pimienta: fruto del pimentero, pequeño, redondo y de sabor picante.
- Dioica: término utilizado para las plantas que significa que existen individuos machos e individuos hembras.

La pimienta gorda posee distintos nombres de acuerdo a su ubicación; a continuación, se presenta una tabla que describe el país y su nombre vernáculo.

Tabla I. **Nombres vernáculos de la pimienta gorda en España y distintos países de América**

Nombre vernáculo [idioma]	Provincia o estado (país)	Referencias bibliográfica y de herbario
Clavileña	Aragón y Cataluña (España)	GÓMEZ ORTEGA (1780)
Clavo de Jamaica	Santo Domingo	SÁNCHEZ-MONGE (1980)
Cukum [tepehua]	Puebla (México)	ARGUETA & al. (1994)
Da'tedan	Oaxaca (México)	SÁNCHEZ-VINDAS (1990)
Guatololote	Veracruz (México)	MEXU 699140
Ixnabacuc [maya]	Petén (Guatemala)	McVAUGH (1963)
Jamaica	Santo Domingo	SÁNCHEZ-MONGE (1980)
Limoncillo cimarrón	Santo Domingo	SÁNCHEZ-MONGE (1980)
Malagueta	España, México	GÓMEZ ORTEGA (1780)
Malaqueta	Veracruz (México)	SÁNCHEZ-VINDAS (1990)
Moque [zoque]	Oaxaca (México)	MEXU 606407
Patolote	Veracruz (México)	MEXU 418006
Peensia [quecchí]	Cobán (Guatemala)	McVAUGH (1963)
Pens [quecchí]	Guatemala	McVAUGH (1963)
Pimentón	Veracruz (México)	SÁNCHEZ-VINDAS (1990)
Pimienta	España, México, Guatemala	MARTÍNEZ ALFARO & al. (1995); McVAUGH (1963)
Pimienta de Chiapa	España, México	GÓMEZ ORTEGA (1780)
Pimienta de Chiapas	Veracruz (México)	SÁNCHEZ-VINDAS (1990)
Pimienta de la tierra	México	ARGUETA & al. (1994)
Pimienta de Jamaica ¹	España, México, Guatemala, Costa Rica	GÓMEZ ORTEGA (1780); SÁNCHEZ-VINDAS (1990)
Pimienta de Tabasco ²	España, México	GÓMEZ ORTEGA (1780); SÁNCHEZ-VINDAS (1990)
Pimienta gorda	Puebla y Veracruz (México), Guatemala	ARGUETA & al. (1994); McVAUGH (1963)
Pimienta negra	Veracruz (México)	MEXU 582076
Pimiento	Veracruz (México), Guatemala	SÁNCHEZ-VINDAS (1990); McVAUGH (1963)
Pimientón	México	ARGUETA & al. (1994)
Uc-Suc [populuca]	México	SÁNCHEZ-VINDAS (1990)
Ucsue'ai	Veracruz (México)	ARGUETA & al. (1994)
U'cun [totonaco]	México	SÁNCHEZ-VINDAS (1990)
U'kum [totonaco]	Puebla y Veracruz (México)	MARTÍNEZ ALFARO & al. (1995)
Xocoxochitl [nahuatl]	Veracruz (México)	GÓMEZ ORTEGA (1780)

Fuente: Institución Nacional de Investigaciones Forestales. *Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región sur – sureste de México*. p. 3.

2.1.3. Descripción botánica

- **Árbol:** el árbol de pimienta gorda es fácil de encontrar por su agradable olor, durante sus primeros años de vida, la corona permanece pequeña mientras trata de ganar altura. Este árbol llega a tener una altura máxima entre 20 y 25 metros y de 30 a 50 centímetro de diámetro. Del árbol de pimienta dioica se puede encontrar dos clases: hembra y macho.

Figura 1. **Árbol de pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril)**



Fuente: Consultores para el Desarrollo Rural Sostenible (CODERSA). *Caracterización general del recurso forestal no maderable Pimienta (*Oimienta dioica*)*. p. 47.

- **Tallo:** posee una corteza delgada y suave de color café a gris con manchas rojizas.

- Copa: sus ramas son duras, crecen rectas y de forma ascendente para luego dividirse en otras ramas más delgadas y planas; son de color verde grisáceo o verde oscuro.
- Hojas: en general, las hojas llegan a medir entre 10 y 20 centímetros de largo y es de dos a tres veces mayor que su ancho. En el caso el caso de la pimienta macho las hojas son de color verde oscuro brillante y son más duras en relación a las hojas de pimienta hembra, las cuales poseen un color verde más claro y puntos amarillos.
- Flores: se encuentran agrupadas en panículos axilares de tamaño entre 6 a 12 centímetros de largo. Cada panícula contiene entre 50 y 100 flores que son bisexuales, aunque existen casos en los que se justifica la designación dioica, ya que existen árboles con flores que contiene pocos estambres y cuyo polen no germina.

Figura 2. Flores y hojas de pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril)



Fuente: *Evaluación de los productos forestales no madereros en Guatemala*.
<http://www.fao.org/docrep/007/ae159s/ae159s06.htm>. Consulta: 5 de octubre de 2015.

- Frutos: en el caso de los árboles hembra sí producen frutos, mientras que los árboles machos poseen óvulos estériles y por consiguiente no fructifican. Los frutos son pequeñas bayas cubiertas en su superficie por glándulas rugosas que llegan a medir entre 7 y 8 milímetros de diámetro, y de color verde. Cuando el fruto se seca, las glándulas son las responsables de las protuberancias y estas en su madurez pasan de un color verde a un color negro.

Figura 3. Frutos de pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill)



Fuente: *Pimienta de Jamaica: características de la pimienta de Jamaica*. <http://www.botanical-online.com/pimienta.de-jamaica-planta.htm>. Consulta: 24 de septiembre de 2015.

- Semillas: llegan a tener un tamaño aproximado de 4 milímetros de diámetro. Cada fruto contiene 2 semillas que son de color café, las cuales se encuentran en dos celdas, es decir, una semilla en cada celda.

2.1.4. Composición

A continuación se describe la composición a lo que se refiere al aspecto nutricional.

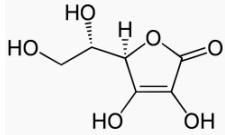
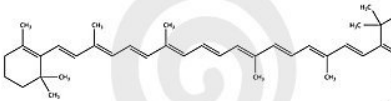
2.1.4.1. Composición nutricional

- Vitaminas: contiene vitamina C, beta carotenos y tiamina.
- Minerales:
 - En la planta: aluminio, cromo, vanadio
 - En el fruto: potasio, calcio, magnesio, fósforo, hierro, sodio y zinc.
- Ácidos orgánicos: ácido málico contenido en los frutos.
- Compuestos orgánicos: cinamaldehído.

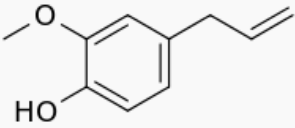
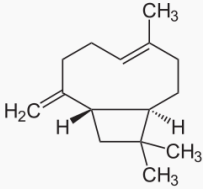
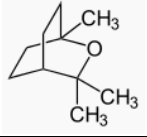
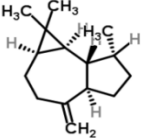
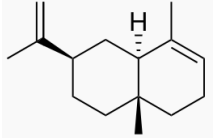
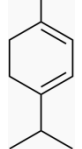
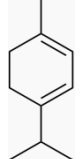
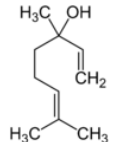
2.1.4.2. Composición química en hojas y frutos

A continuación se detalla el contenido en las hojas de pimienta gorda.

Tabla II. **Compuestos en las hojas de pimienta gorda**

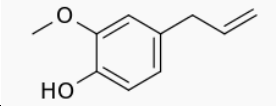
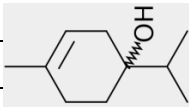
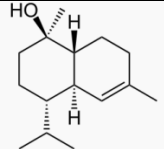
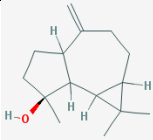
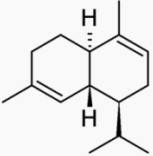
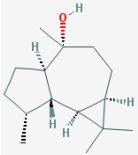
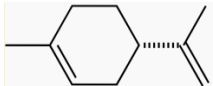
Compuesto	Fórmula química	Estructura	Contenido (en ppm)
Ácido ascórbico	$C_6H_8O_6$		2,012-2,067
Betacarotenos	$C_{40}H_{56}$		103-120

Continuación de la tabla II.

Eugenol	$C_{10}H_{12}O_2$		8,348
(-) - β -(-) - β - cariofileno	$C_{15}H_{24}$		760
Cineol	$C_{10}H_{18}O$		51
Aromadendreno	$C_{15}H_{24}$		12
Selineno	$C_{15}H_{24}$		45
Terpinoleno	$C_{10}H_{16}$		27
Terpineno	$C_{10}H_{16}$		11
Linalol	$C_{10}H_{18}O$		5

Fuente: GREEN, Aliza. *El libro de las especias, hierbas aromáticas y especias*. p. 29.

Tabla III. **Compuestos en los frutos de pimienta gorda**

Compuesto	Fórmula química	Estructura	Contenido (en ppm)
Fitoesteroles	-	-	666
Eugenol	$C_{10}H_{12}O_2$		7-36
Terpinen-4-ol	C_{10}		1,26
Humeleno	-	-	405
Ledeno	-	-	237
Calamaneno	-	-	90
Cadinol	-		66
Hierro	Fe	-	60-85
Spatulenol	$C_{15}H_{24}O$		60
Cadineno	$C_{15}H_{24}$		51
Globulol	$C_{15}H_{26}O$		33
Limoneno	$C_{10}H_{16}$		15

Fuente: GREEN, Aliza. *El libro de las especias, hierbas aromáticas y especias*. p. 30.

2.1.5. Origen de cultivo

Desde tiempos muy remotos la pimienta gorda ha sido utilizada por pueblos nativos, es originaria del hemisferio occidental, específicamente en la región del Caribe y es cultivada en bosques tropicales del sureste de México, en Centroamérica y en el sudeste de Brasil. Crece en alturas que van desde los 300 a los 1 500 metros sobre el nivel del mar.

2.1.6. Cultivo de pimienta gorda en Guatemala

En Guatemala los cultivos de pimienta gorda se pueden encontrar en los departamentos de Alta Verapaz y Petén, y en una menor proporción en el departamento de Izabal. Los cultivos de pimienta se encuentran en tierra caliza y la temporada de cosecha se produce en los meses de julio y agosto.

2.1.6.1. Método de recolección

Para realizar la recolección de los frutos y las hojas del árbol de pimienta gorda, se asigna a una persona para que trepe el árbol llevando una soga atada al cuerpo y esta a la vez es atada alrededor del árbol. Cuando se alcanzan las ramas que contienen los frutos, el pimentero procede a cortarlas con machete y se dejan caer al suelo; luego de recortar todas las ramas que contienen frutos, el pimentero desciende del árbol y empieza a clasificar los frutos y hojas, colocándolos en bolsas plásticas o costales.

También, existe otra técnica para la obtención de la pimienta gorda, ya que en ciertos cultivos las personas acostumbran a cortar el árbol por completo y así obtener los frutos y las hojas; y la madera del tronco es utilizada para la construcción de viviendas en ciertas comunidades.

2.1.6.2. Técnicas de secado

Existen diferentes métodos para el secado de pimienta gorda: secado al sol, sobre fuego, una combinación de ambas técnicas (sol y fuego) o secada en hornos industriales. En Petén y Alta Verapaz se utilizan las tres primeras técnicas mencionadas, las cuales requieren de una menor inversión.

2.1.6.3. Importancia socioeconómica

Actualmente en Guatemala, la recolección de pimienta gorda genera empleo para miles de personas, en las que se incluyen mujeres y niños.

Si en el mercado se proporciona la suficiente demanda, el crecimiento de las exportaciones puede llegar a ser un proceso ecológicamente sostenible aplicando ciertos cambios en las técnicas y en la organización del aprovechamiento de la materia prima.

Otro factor que puede ser importante para la economía guatemalteca es el hecho de procesar la pimienta gorda, extrayendo la oleoresina o su aceite esencial e introducirlo al mercado nacional, sino competir con marcas internacionales.

A continuación, se presentan las cantidades de exportación de pimienta gorda en Guatemala en los últimos 13 años hasta la fecha; se observa que tal exportación en los últimos dos años ha presentado bajas en el mercado.

Tabla IV. **Cantidad de kilos de fruto de pimienta gorda exportada del año 2002 al año 2015**

Año	Cantidad exportada (kilos)	Valor total (\$ EEUU)	Variación acumulada anual	Variación relativa anual
2002 1/	204 680	436 088		
2003	127 004	287 730	(34,02)	(77 676,00)
2004	418 629	1 144 825	297,88	291 625,00
2005	347 792	847 362	(25,98)	(70 837,00)
2006	95 809	262 583	(69,01)	(251 983,00)
2007	297 194	926 756	252,94	201 385,00
2008	289 562	614 941	(33,65)	(7 632,00)
2009	496 238	965 934	57,08	206 676,00
2010	437 967	1 264 140	30,87	(58 271,00)
2011	778 176	2 522 817	99,57	340 209,00
2012	701 951	1 656 866	(34,32)	(76 225,00)
2013	761 700	1 675 649	1,13	59 749,00
2014 p/	889 067	2 127 453	26,96	127 367,00
2015 a/	359 462	653 003		

^{p/} Cifras preliminares

^{a/} Cifras acumuladas al mes de agosto

Fuente: elaboración propia.

2.1.7. Aplicaciones y usos de la pimienta gorda

En la actualidad, la pimienta gorda tiene múltiples aplicaciones en alimentos desde su uso en el hogar hasta uso industrial en los que se pueden mencionar productos de horno, como tartas y galletas. También, se utiliza en la industria de carnes procesadas bajo dos formas: como aceite esencial y como oleorresina; estas formas son aplicadas en productos como embutidos y consomé de pescado. Y su uso principal es como aromatizantes de los alimentos.

La pimienta gorda también posee usos medicinales, ya que sus frutos poseen alto contenido de antioxidantes; también, es rica en quercetina en cantidades suficientes para la hierba útil en la prevención de alergias. A su vez, las hojas de pimienta gorda pueden ser preparadas como té y ayuda en la digestión de alimentos, disminuye dolores abdominales y flatulencias.

2.2. Oleorresinas

Fue hasta principios de la década de los 70 cuando la producción de oleorresina tenía lugar en países industrializados como Estados Unidos y Gran Bretaña, debido a la complejidad en su obtención.

Debido a que existe una ventaja de la oleorresina sobre los aceites esenciales y especias en crudo, las oleorresinas hoy en día han ido aumentando su producción y consumo en países como Estados Unidos, Canadá y Reino Unido.

Las oleorresinas son extractos de especies deshidratadas que se obtienen por tratamiento con solventes, que al ser obtenidas contienen aceites

esenciales y materias resinosas. La forma de obtención de las oleorresinas puede dividirse en dos grupos: las preparadas con especias y hierbas por extracción con disolventes volátiles, las cuales son utilizadas en sustancias soporíferas, y la obtención de oleorresina extraída por partes de la planta que contienen olor, exceptuando las flores, son utilizadas en la industria de perfumes.

2.2.1. Ventajas de utilización de oleorresina

- La oleorresina está libre de contaminantes microbiológicos.
- Cuando se encuentra correctamente envasada, la oleorresina mantiene una estabilidad en su color.
- Tienen un alto uso en la industria alimenticia, farmacéutica como reemplazante de cierta parte de las plantas.
- Proporciona uniformidad en el sabor.

Estos tienen estructuras isoprenoides las cuales están presentes en colorantes y pigmentos naturales como hongos, algas y bacterias; su estructura química está compuesta de dobles enlaces insaturados y la mayoría son tetraterpenos con 40 átomos de carbono.

2.3. Proceso de lixiviación

Existen distintos procesos de extracción los cuales varían según la naturaleza de la materia prima, la naturaleza del solvente y la escala de

producción. Es por ello que dichos procesos se pueden dividir en dos grupos clasificados de la siguiente forma:

- Grupo No. 1: existe un equilibrio entre la concentración del soluto y el residuo.
 - Maceración dinámica
 - Maceración estática

- Grupo No. 2: la materia prima se agota totalmente al estar en contacto con el solvente.
 - Percolación
 - Repercolación

La lixiviación es un proceso de extracción sólido líquido y debido a que posee una gran variedad de aplicaciones recibe otros nombres en la ingeniería química como: percolación, infusión, lavado y decantación por sedimentación.

El proceso de lixiviación consiste en extraer uno o varios solutos de un sólido mediante la utilización de un disolvente líquido. Cuando el soluto y el disolvente entran en contacto, el soluto pasa a una fase líquida, lo que produce una separación de los componentes originales del sólido.

La lixiviación permite la eliminación de una fracción soluble en forma de solución a partir de una fase sólida permeable e insoluble a la cual está asociada. El sólido puede ser másico y poroso; los poros puede ser abiertos, de celdas, con paredes celulares selectivamente permeables o con superficies activas.

Para el análisis del proceso de extracción sólido-líquido (lixiviación), se realiza sobre un diagrama triangular, cuando se trata de un sistema ternario; que a una presión y temperatura determinada se representa mediante un triángulo rectángulo isósceles tal como se indica a continuación.

Figura 4. **Diagrama triangular del proceso de extracción sólido-líquido**



Fuente: METCALFE COULSON, John. *Ingeniería química*. p. 23.

En los vértices del triángulo se representan los componentes puros, y en el sentido de las agujas del reloj se encuentra el disolvente líquido C y el soluto sólido B. Los lados representan mezclas binarias de los componentes de los vértices correspondientes y los puntos interiores al triángulo representan mezclas ternarias. Cualquier punto del triángulo corresponde a una composición expresada en fracción másica: si se trata de una composición de la fase extracto se suele representar como (Y_B, Y_C) ; mientras que si es una composición de la fase refinado se representa como $(X_B$ y $X_C)$, y cualquier punto de la fase refinado debe cumplir la siguiente condición:

$$X_A + X_B + X_C = 1$$

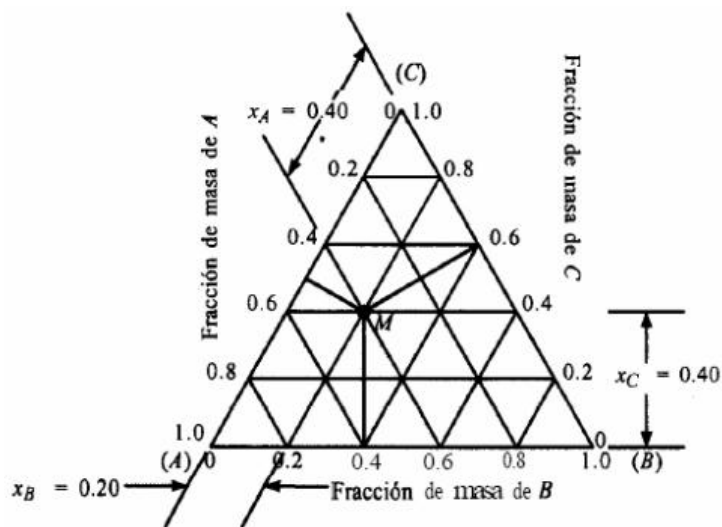
Mientras que la fase del extracto, al no haber inerte, se cumplirá la siguiente condición:

$$Y_B + Y_C = 1$$

Si el soluto no es totalmente soluble en el disolvente entonces existirá una concentración de saturación a la temperatura del sistema y se encuentra representada por el punto S.

Existe otro tipo de representación gráfica para el cálculo en la extracción sólido-líquido, en el cual se utiliza un triángulo equilátero para representar un sistema ternario, y así poder determinar el equilibrio.

Figura 5. **Distribución de equilibrio para el sistema soluto - solvente**



Fuente: GEANKOPLIS, Christie. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. p. 45.

La figura 5 muestra un triángulo equilátero que tiene como finalidad determinar el equilibrio entre los componentes solubles, el sólido insoluble y el solvente. Dicha información se represente de la siguiente forma:

Los vértices del triángulo equilátero representan los componentes puros, sobre cada lado se representa las mezclas binarias de los componentes que se encuentran en los vértices correspondientes a ese lado y cualquier punto en el interior representa una mezcla ternaria.

2.3.1. Velocidad de lixiviación de oleorresina

El proceso en general consiste en los siguientes pasos: el disolvente se transfiere del volumen de la solución a la superficie del sólido, luego el disolvente penetra o se difunde en el sólido. En general, la velocidad de transferencia del disolvente de la solución hasta la superficie de sólido es bastante rápida y la velocidad hacia el interior del sólido puede ser rápida o lenta. Sin embargo, en la mayoría de los casos estas etapas no son limitantes para la velocidad del proceso total.

2.3.2. Variables del proceso extractivo

Las variables que interfieren en el proceso de extracción son: naturaleza del solvente, temperatura, agitación, tiempo de extracción, tamaño de partícula, humedad, agitación y mezcla.

2.3.2.1. Naturaleza del solvente

La elección del solvente a utilizar dependerá de la finalidad deseada del proceso. Entre los solventes más utilizados se encuentran los alcoholes y el

hexano. Con dichos solventes se logra extraer en su mayoría las sustancias naturales de interés como los alcaloides, flavonoides o terpenos.

La constante dieléctrica y el momento dipolar son propiedades complementarias de una sustancia. Con frecuencia se utilizan ambas constantes para caracterizar su polaridad, aunque el momento dipolar no representa la polaridad de un disolvente. Cuando se quiere decir que una molécula es polar, se quiere decir que tiene un elevado momento dipolar. Sin embargo, cuando se dice que un disolvente es polar, significa que tiene una elevada constante dieléctrica. En cuanto al hexano posee una constante dieléctrica igual a 1,89 y el etanol igual a 24; es decir, a menor constante dieléctrica se podrá obtener una mejor solubilidad entre el solvente y la materia prima. Teóricamente, el hexano debería de ser mejor solvente que el etanol.

2.3.2.2. Temperatura

La temperatura en los procesos de extracción contribuye al desplazamiento de la constante de equilibrio de saturación y aumenta la eficiencia del proceso; sin embargo, el aumento de temperatura también puede causar pérdidas de sustancias volátiles, generando así bajas en los rendimientos extractivos.

2.3.2.3. Agitación y mezcla

La agitación genera una mayor eficiencia en la extracción, esto debido a que se disminuye la película del extracto que cubre la superficie del sólido en reposo y que actúa como una resistencia a la difusión.

2.3.2.4. Tiempo de extracción

El tiempo de extracción es un factor importante y es determinado de acuerdo a la naturaleza del solvente y el equipo con el que se esté trabajando. Debe ser suficiente para permitir alcanzar el agotamiento de los compuestos de interés y poder así obtener óptimos resultados en los rendimientos.

2.4. Proceso de extracción por maceración

El proceso de maceración consiste en poner en contacto la materia prima y el solvente, durante un determinado tiempo. El proceso da como resultado un equilibrio de concentración entre la materia prima y el solvente.

La velocidad con que se obtiene el equilibrio se encuentra en función del tamaño de partícula de la materia prima molida, el grado de hinchamiento de las células y las propiedades del solvente.

2.4.1. Tipos de extracción por maceración

- Maceración estática: también es conocido como maceración simple, el proceso que consiste en dejar la materia prima y el solvente durante un largo período de tiempo y ocasionalmente realizar la agitación.
- Maceración dinámica: también conocido como digestión; consiste en colocar la materia prima y el solvente que deben mantenerse en constante movimiento durante un período de tiempo, el cual será menor que el de maceración estática.

Ambos métodos pueden ser realizados a temperatura ambiente o a temperaturas más elevadas.

2.5. Cromatografía

Técnica utilizada para separar los componentes de forma individual de una mezcla; en su mayoría de casos para identificar un compuesto en específico para luego ser comparado con sustancias conocidas o también llamadas patrones primarios.

2.5.1. Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC/MS)

La espectrometría de masas 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.

Por lo tanto, la asociación de las dos técnicas, GC (*gas chromatography*) y MS (*mass spectrometry*) da lugar a una técnica combinada GC-MS que permite la separación e identificación de mezclas complejas. Una mezcla de compuestos inyectada en el cromatógrafo de gases se separa en la columna cromatográfica obteniendo la elución sucesiva de los componentes individuales aislados que pasan inmediatamente al espectrómetro de masas. Cada uno de estos componentes se registra en forma de pico cromatográfico y se identifica mediante su respectivo espectro de masas.

2.5.2. Cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC)

En la cromatografía líquida se utiliza una fase móvil, la cual fluye por una columna que contiene una fase fija; donde la separación se da debido a las interacciones entre moléculas de la muestra de ambas fases.

La ventaja de utilizar este tipo de cromatografía es que no está limitada a la volatilidad o estabilidad térmica de la muestra, y que es capaz de separar macromoléculas y especies iónicas, productos naturales lábiles, polímeros entre otros.

2.6. Índice de refracción

Para determinar el índice de refracción se utiliza un refractómetro, el cual permite analizar la relación entre la velocidad de la luz en el aire y la velocidad de la luz en la sustancia que se está analizando. Para determinarse con una mayor precisión, generalmente, se utilizan hasta 5 cifras significativas y es una de las constantes más importantes que se emplean para describir un compuesto.

3. METODOLOGÍA

3.1. Variables

Es un símbolo que puede tomar un valor numérico en una expresión matemática en general.

3.1.1. Variables independientes

Se define como la variable que puede cambiar su valor, sin que se vea afectado por alguna otra variable.

Tabla V. **Parámetros para el proceso de extracción de oleoresina por el método de maceración dinámica**

Núm.	Parámetro	Símbolo matemático	Dimensional (SI)	Constante	Variable
1	Masa	m	Kg	x	
2	Volumen	V	mL	x	
3	Tiempo de extracción	t	s	x	
4	Lugar de procedencia de la materia prima		adimensional		X
5	Nivel altitudinal		adimensional		X
6	Parte de la planta		adimensional		X

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Variables dependientes

Es la variable, cuyo valor depende del valor que tome la variable independiente de dicha función.

Tabla VI. **Variables dependientes para el proceso de extracción de oleorresina por el método de maceración dinámica**

Núm.	Parámetro	Símbolo matemático	Dimensional (SI)
1	Porcentaje de rendimiento	%	-
2	Cromatografía gaseosa	-	Adimensional
3	Densidad	ρ	g/mL
4	Índice de refracción	n	Adimensional

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación del campo de estudio

Se define de acuerdo a la rama de estudio a la cual pertenece el tema del trabajo de investigación, proceso de obtención de las variables descritas anteriormente, para poder tomar una decisión.

3.2.1. Obtención de la materia prima

Para la extracción de la oleorresina de pimienta gorda la materia prima fue recolectada en comunidades de Alta Verapaz y Petén, todo esto con el apoyo de las empresas Aromateca, S.A. y Agroindustrias Triunfosa, S.A. La materia prima, los frutos y las hojas, fueron colocados en envases plásticos con

tapadera y luego se trasladaron a la Sección de Química Industrial, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, CII/USAC.

3.2.2. Extracción de la oleorresina

Las partes del árbol de pimienta gorda que se utilizaron fueron las hojas y los frutos, de los cuales se extrajo la oleorresina por medio del método de maceración dinámica a escala laboratorio; se utilizó como solvente alcohol etílico al 95 %; dicho procedimiento se realizó en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, LIEXVE, en la Sección de Química Industrial de la Universidad de San Carlos de Guatemala, zona 12.

3.2.3. Análisis cuantitativo del extracto de oleorresina

La prueba de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS), se realizó en el Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada de la Universidad del Valle de Guatemala.

3.3. Recursos disponibles

- Recursos humanos
 - Investigadora: María Fernanda Almeda Soria.
 - Asesores: Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales e Ing. Qco. Mario José Mérida Meré.
- Materia prima y reactivos
 - Frutos y hojas del árbol de pimienta gorda proveniente de tres regiones de diferente nivel altitudinal, del departamento de Alta Verapaz.

- Frutos y hojas del árbol de pimienta gorda proveniente de tres regiones de diferente nivel altitudinal del departamento de Petén.
- Alcohol etílico al 95 %.
- Instrumentos de medición
 - Balanza digital
 - Balanza de humedad
 - Refractómetro
 - Picnómetro
 - Cronómetro
 - Cromatógrafo de gases con acoplamiento de masas (GC/MS)
- Equipo auxiliar
 - Secador de bandejas PREMLAB
 - Plancha de calentamiento con agitación
 - Campana de extracción de gases
 - Bomba de vacío
 - Rotaevaporador
- Cristalería
 - Beacker de 1 000 ml
 - Kitasato 500 ml
 - Probeta 250 ml
 - Balón para rotaevaporador
 - Micropipetas de vidrio

- Varilla de agitación
- Vidrio de reloj
- Frascos color ámbar para almacenar la oleorresina

- Materiales auxiliares y equipo de seguridad
 - Papel parafilm
 - Bolsas plásticas
 - Papel mayordomo
 - Papel aluminio
 - Agitadores mecánicos
 - Botiquín de emergencias
 - Jabón para manos
 - Jabón para lavar cristalería
 - Cámara fotográfica
 - Guantes de látex
 - Mascarilla
 - Cofia
 - Lentes de laboratorio
 - Mascarilla para filtro de gases
 - Bata blanca
 - Botas industriales

- Útiles y equipo de oficina
 - Hojas de papel bond color blanco
 - Lapiceros
 - Cuaderno para bitácora
 - Impresora
 - Tinta para impresora

3.4. Técnica cuantitativa y cualitativo

Para la realización de este estudio se utilizó la técnica cuantitativa para la determinación del índice de refracción, densidad e identificación de componentes químicos activos del extracto de oleorresina.

Además, se utilizaron ambos métodos, cuantitativo y cualitativo, para la comparación del extracto de oleorresina de frutos y hojas cultivada en Alta Verapaz y Petén, provenientes de tres niveles altitudinales de cada departamento.

3.4.1. Procedimiento para la extracción de oleorresina de los frutos y hojas de pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merill) por el método de maceración dinámica a escala laboratorio

- Limpiar materia prima.
- Reducir el tamaño de la materia prima por medio de un molino de cuchillas.
- Luego de obtener la materia prima seca, medir el porcentaje de humedad y verificar que sea menor al 10 %.
- Colocar la materia prima en un *beacker* de 1 000 ml, colocar el agitador magnético y agregar el solvente en una relación de 1:15.
- Colocar el *beacker* que contiene la muestra en una plancha de agitación y ponerlo en funcionamiento por un periodo de 4 horas de extracción.

- Filtrar la muestra con una bomba de vacío.
- Concentrar la muestra en un rotaevaporador.
- Guardar la muestra en frascos ámbar etiquetados para luego realizar los análisis fisicoquímicos: densidad e índice de refracción y el análisis de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS).

3.4.2. Determinación del porcentaje de rendimiento de las muestras recuperadas de oleorresina de pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill)

- Tarar el balón a utilizar en rotaevaporador.
- Colocar filtración en balón y rotaevaporar el extracto de oleorresina.
- Pesar el balón con oleorresina.
- El rendimiento se determina como la razón del peso de la oleorresina en función del peso de la materia prima.
- Utilizar siguiente ecuación:

$$\%Rendimiento = \frac{(W-W_0)}{W_T} * 100 \quad [Ec. 1]$$

Donde:

- *%Rendimiento*: porcentaje de oleorresina obtenida de hojas o frutos (adimensional).
- *W*: peso del extracto de oleorresina y balón (g).
- *W₀*: peso del balón (g).
- *W_T*: peso de la materia prima utilizada (g).

3.4.3. Determinación experimental de la densidad de la oleorresina de pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill)

- Limpiar el picnómetro con etanol y secar cuidadosamente.
- Tarar y anotar masa del picnómetro de 1 mL.
- Agregar oleorresina recuperado con la micropipeta.
- Pesar el picnómetro con la muestra de oleorresina.
- La ecuación que se utilizará para determinar la densidad de la oleorresina es:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Donde:

- ρ : densidad de la oleorresina (g/mL)
- m : masa de oleorresina (g)
- v : volumen de oleorresina (mL)

3.4.4. Determinación experimental del índice de refracción de la oleorresina de pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill)

- Limpiar el lente del prisma cuidadosamente con etanol al 95 %.
- Cubrir con oleorresina el prisma de manera cuidadosa sin que la micropipeta raye el prisma.
- Agregar oleorresina recuperado en la micropipeta.
- Pesar el picnómetro con la muestra de oleorresina.
- Encender la lámpara con interruptor del lado izquierdo y ajustar el brillo para que sea adecuado para la medición.
- Girar la perilla de compensación de color, hasta que aparezca una línea clara y definida en el campo de visión.
- Mover la palanca en la parte inferior izquierda.
- Leer y anotar la lectura del índice de refracción.

3.4.5. Determinación de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS)

- Inyectar dentro espectrómetro 0,2 μ L de aceite esencial diluido en 1 mL de metanol.

- Comparar el peso molecular de las especies que se encuentran en el aceite a partir de un patrón por medio de iones.
- Asignar un área porcentual a cada pico del cromatograma que representa un tiempo de retención.
- Identificar y nombrar cada componente de la oleoresina según la librería contenida en el programa del cromatógrafo tomando en cuenta todas las muestras.

3.5. Recolección y ordenamiento de la información

Luego de definir las variables dependientes e independientes se procedió a realizar la recolección de datos; se realizó un diseño experimental con un arreglo de combinación totalmente al azar. Para la extracción de oleoresina de pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill), se utilizó el método de maceración dinámica y se realizó un total de 36 tratamientos.

Para definir la cantidad de tratamientos se incluyó la procedencia de la planta (Alta Verapaz y Petén), tres diferentes niveles altitudinales de cada procedencia de la planta (Alta Verapaz: 238 msnm, 1 300 msnm y 1 475 msnm) y (Petén: 75 msnm, 400 msnm y 575 msnm) y las dos partes de la planta (hojas y frutos); se realizaron tres repeticiones para cada tratamiento.

Tabla VII. Rendimiento extractivo de la oleoresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) de las hojas y los frutos provenientes de los departamentos de Petén y Alta Verapaz

Núm.	Tratamiento	Aleatorio	Peso materia prima (g)	Relación con el solvente	Rendimiento (%)
1	36	p2.d2.a3.R3	30	1:15	38 570
2	33	p2.d2.a2.R3	30	1:15	38 170
3	30	p2.d2.a1.R3	30	1:15	30 130
4	17	p1.d2.a3.R2	30	1:15	31 930
5	20	p2.d1.a1.R2	30	1:15	32 670
6	3	p1.d1.a1.R3	30	1:15	28 830
7	35	p2.d2.a3.R2	30	1:15	43 400
8	23	p2.d1.a2.R2	30	1:15	28 570
9	13	p1.d2.a2.R1	30	1:15	31 200
10	8	p1.d1.a3.R2	30	1:15	31 930
11	11	p1.d2.a1.R2	30	1:15	29 770
12	29	p2.d2.a1.R2	30	1:15	33 230
13	15	p1.d2.a2.R3	30	1:15	32 630
14	21	p2.d1.a1.R3	30	1:15	33 530
15	32	p2.d2.a2.R2	30	1:15	38 430
16	26	p2.d1.a3.R2	30	1:15	30 730
17	12	p1.d2.a1.R3	30	1:15	29 870
18	5	p1.d1.a2.R2	30	1:15	31 870
19	34	p2.d2.a3.R1	30	1:15	42 600
20	19	p2.d1.a1.R1	30	1:15	27 670
21	14	p1.d2.a2.R2	30	1:15	29 070
22	28	p2.d2.a1.R1	30	1:15	32 830
23	16	p1.d2.a3.R1	30	1:15	32 470
24	6	p1.d1.a2.R3	30	1:15	32 630
25	31	p2.d2.a2.R1	30	1:15	35 170
26	24	p2.d1.a2.R3	30	1:15	30 190
27	25	p2.d1.a3.R1	30	1:15	31 170
28	22	p2.d1.a2.R1	30	1:15	28 430
29	9	p1.d1.a3.R3	30	1:15	28 030
30	2	p1.d1.a1.R2	30	1:15	27 030
31	10	p1.d2.a1.R1	30	1:15	30 930
32	4	p1.d1.a2.R1	30	1:15	29 670
33	27	p2.d1.a3.R3	30	1:15	29 870
34	18	p1.d2.a3.R3	30	1:15	31 650
35	7	p1.d1.a3.R1	30	1:15	31 300
36	1	p1.d1.a1.R1	30	1:15	30 070

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Densidad de la oleoresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) de las hojas y los frutos provenientes de los departamentos de Petén y Alta Verapaz**

Núm.	Tratamiento	Aleatorio	Peso materia prima (g)	Relación con el solvente	Densidad (g/mL)
1	36	p2.d2.a3.R3	30	1:15	1 072
2	33	p2.d2.a2.R3	30	1:15	1 110
3	30	p2.d2.a1.R3	30	1:15	1 115
4	17	p1.d2.a3.R2	30	1:15	1 136
5	20	p2.d1.a1.R2	30	1:15	1 132
6	3	p1.d1.a1.R3	30	1:15	1 109
7	35	p2.d2.a3.R2	30	1:15	1 081
8	23	p2.d1.a2.R2	30	1:15	1 091
9	13	p1.d2.a2.R1	30	1:15	1 135
10	8	p1.d1.a3.R2	30	1:15	1 115
11	11	p1.d2.a1.R2	30	1:15	1 112
12	29	p2.d2.a1.R2	30	1:15	1 113
13	15	p1.d2.a2.R3	30	1:15	1 137
14	21	p2.d1.a1.R3	30	1:15	1 111
15	32	p2.d2.a2.R2	30	1:15	1 106
16	26	p2.d1.a3.R2	30	1:15	1 101
17	12	p1.d2.a1.R3	30	1:15	1 120
18	5	p1.d1.a2.R2	30	1:15	1 120
19	34	p2.d2.a3.R1	30	1:15	1 075
20	19	p2.d1.a1.R1	30	1:15	1 112
21	14	p1.d2.a2.R2	30	1:15	1 122
22	28	p2.d2.a1.R1	30	1:15	1 118
23	16	p1.d2.a3.R1	30	1:15	1 145
24	6	p1.d1.a2.R3	30	1:15	1 125
25	31	p2.d2.a2.R1	30	1:15	1 102
26	24	p2.d1.a2.R3	30	1:15	1 082
27	25	p2.d1.a3.R1	30	1:15	1 106
28	22	p2.d1.a2.R1	30	1:15	1 086
29	9	p1.d1.a3.R3	30	1:15	1 110
30	2	p1.d1.a1.R2	30	1:15	1 112
31	10	p1.d2.a1.R1	30	1:15	1 117
32	4	p1.d1.a2.R1	30	1:15	1 122
33	27	p2.d1.a3.R3	30	1:15	1 104
34	18	p1.d2.a3.R3	30	1:15	1 142
35	7	p1.d1.a3.R1	30	1:15	1 118
36	1	p1.d1.a1.R1	30	1:15	1 101

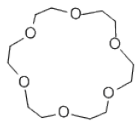
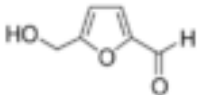
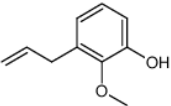
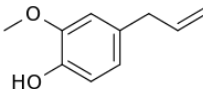
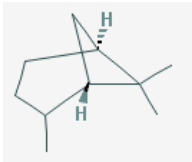
Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Índice de refracción de la oleorresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) de las hojas y los frutos provenientes de los departamentos de Petén y Alta Verapaz

Núm.	Tratamiento	Aleatorio	Peso materia prima (g)	Relación con el solvente	Índice de refracción (adimensional)
1	36	p2.d2.a3.R3	30	1:15	1 435
2	33	p2.d2.a2.R3	30	1:15	1 447
3	30	p2.d2.a1.R3	30	1:15	1 450
4	17	p1.d2.a3.R2	30	1:15	1 445
5	20	p2.d1.a1.R2	30	1:15	1 442
6	3	p1.d1.a1.R3	30	1:15	1 444
7	35	p2.d2.a3.R2	30	1:15	1 425
8	23	p2.d1.a2.R2	30	1:15	1 437
9	13	p1.d2.a2.R1	30	1:15	1 450
10	8	p1.d1.a3.R2	30	1:15	1 442
11	11	p1.d2.a1.R2	30	1:15	1 445
12	29	p2.d2.a1.R2	30	1:15	1 447
13	15	p1.d2.a2.R3	30	1:15	1 455
14	21	p2.d1.a1.R3	30	1:15	1 445
15	32	p2.d2.a2.R2	30	1:15	1 450
16	26	p2.d1.a3.R2	30	1:15	1 445
17	12	p1.d2.a1.R3	30	1:15	1 445
18	5	p1.d1.a2.R2	30	1:15	1 435
19	34	p2.d2.a3.R1	30	1:15	1 423
20	19	p2.d1.a1.R1	30	1:15	1 437
21	14	p1.d2.a2.R2	30	1:15	1 452
22	28	p2.d2.a1.R1	30	1:15	1 440
23	16	p1.d2.a3.R1	30	1:15	1 445
24	6	p1.d1.a2.R3	30	1:15	1 438
25	31	p2.d2.a2.R1	30	1:15	1 440
26	24	p2.d1.a2.R3	30	1:15	1 445
27	25	p2.d1.a3.R1	30	1:15	1 440
28	22	p2.d1.a2.R1	30	1:15	1 442
29	9	p1.d1.a3.R3	30	1:15	1 445
30	2	p1.d1.a1.R2	30	1:15	1 440
31	10	p1.d2.a1.R1	30	1:15	1 442
32	4	p1.d1.a2.R1	30	1:15	1 445
33	27	p2.d1.a3.R3	30	1:15	1 443
34	18	p1.d2.a3.R3	30	1:15	1 439
35	7	p1.d1.a3.R1	30	1:15	1 443
36	1	p1.d1.a1.R1	30	1:15	1 436

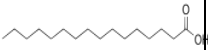
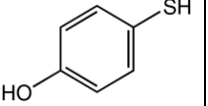
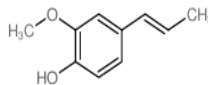
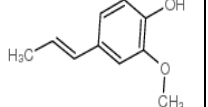
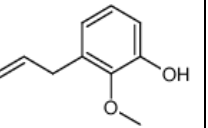
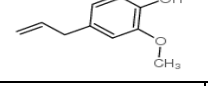
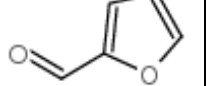
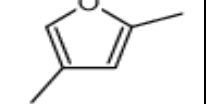
Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) provenientes de Melchor de Mencos, Petén**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	78 638	8 860	18-Corona-6	1,4,7,10,13,16-Hexaoxaciclooctadecano		017455-13-9
2	61 963	19 850	5-Hidroximetil furfural	5-Hidroximetil-2-Furaldehído		000067-47-0
3	52 056	4 040	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol		001941-12-4
4			Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0
5	44 400	9 460	(Z)-Pinano	Biciclo [3.1.1] heptano, 2,6,6-trimetil-, (1.alfa, 2.beta, 5.alfa)		006876-13-7

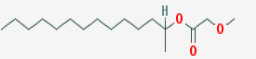
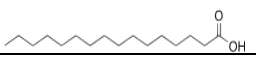
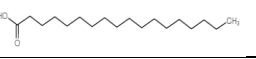

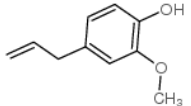
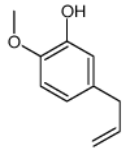
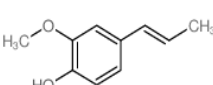
Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) provenientes de Dolores, Petén**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	78 570	8 070	Ácido Palmítico	Ácido Hexadecanoico		000057-10-3
2	61 922	14 140	4-Mercaptofenol	4-Hidroxitiofenol		000637-89-8
3	57 437	1 580	Trans-Isoeugenol	Trans-2-Metoxi-4-propenilfenol		005932-68-3
4			Isougenol	Iso-2-Metoxi-4-propenilfenol		000097-54-1
5	52 028	5 830	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol		001941-12-4
6			Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0
7	26 451	1 72	Furfural	2-furancarboxaldehído		000098-01-1
8			2,4-dimetil-furano	2,4-dimetil-furano		003710-43-8

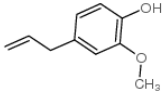
Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) provenientes de San Luis, Petén**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	79 398	10 150	Tetradecan-2-yl-2-metoxiacetato	Ácido metoxiacético, 2-tetradecil éster		1000282-04-8
2	78 570	8 070	Ácido Palmítico	Ácido Hexadecanoico		000057-10-3
3	67 430	13 270	Ácido Esteárico	Ácido octadecanoico		000057-11-4
4	61 949	6 850	Hidroximetilfurfural (HMF)	5-Hidroximetil-2-Furaldehído		000067-47-0
5	52 056	7 400	Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0
6			Meta-Eugenol	2-metoxi-5-(2-propenil) fenol		000501-19-9
7			Trans- Isoeugenol	Trans-2-Metoxi-4-propenilfenol		005932-68-3

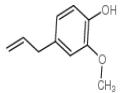
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) provenientes de Santa María Cahabón, Alta Verpaz**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	52 142	0 840	Eugenol	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol		000097-53-0

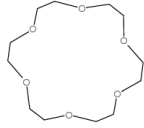

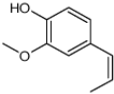
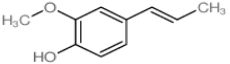
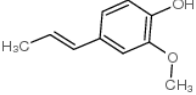
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) provenientes de San Pedro Carchá, Alta Verpaz**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	52 142	0 840	Eugenol	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol		000097-53-0

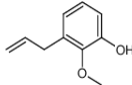
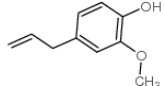
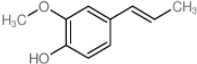
Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) provenientes de Campur, Alta Verapaz**

Núm .	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	77 287	0 300	18-corona-6	1,4,7,10,13,16-Hexaoxaciclooctadecano		017455-13-9
2			15-corona-5	1,4,7,10,13-pentaoxaciclopentadecano		033100-27-5
3	57 509	0 480	Cis-isoeugenol	Cis-2-metoxi-4-propenilfenol		005912-86-7
4			Trans-isoeugenol	Trans-2-Metoxi-4-propenilfenol		005932-68-3
5			Isougenol	Iso-2-Metoxi-4-propenilfenol		000097-54-1

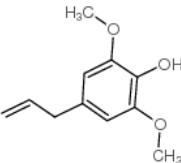
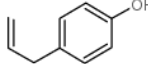
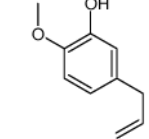
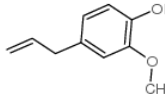
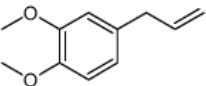
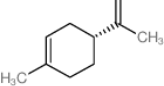
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) provenientes de Melchor de Mencos, Petén**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	52 069	9 87	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol		001941-12-4
2			Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0
3			Trans-Isoeugenol	Trans-2-Metoxi-4-propenilfenol		005932-68-3

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) provenientes de Dolores, Petén**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	62 940	0 240	Metoxieugenol	2,6-dimetoxi-4-(2-propenil)-fenol		006627-88-9
2	56 982	0 650	Chavicol	4-allylphenol		000501-92-8
3	52 151	16 050	Meta-Eugenol	2-metoxi-5-(2-propenil) fenol		000501-19-9
4			Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0
5	47 066	1 190	Metil Eugenol	1,2-dimetoxi-4-(2-propenil) benceno		000093-15-2
6	16 030	0 140	Limoneno	D-Limoneno		005989-27-5

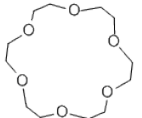
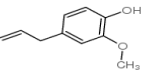
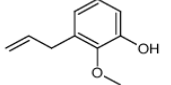
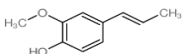
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) provenientes de San Luis, Petén**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	78 538	1 050	Ácido Palmítico	Ácido Hexadecanoico		000057-10-3
2	62 899	0 430	Metoxieugenol	2,6-dimetoxi-4-(2-propenil)-fenol		006627-88-9
3	61 912	0 330	Hidroximetilfurfura I (HMF)	5-Hidroximetil-2-Furaldehído		000067-47-0
4	60 871	0 160	Estearato de etilo	Octadecanoato de etilo		000111-61-5
5	56 941	1 720	Chavicol	4-alilfenol		000501-92-8
6	54 921	0 200	Palmitato de etilo	Hexadecanoato de etilo		000628-97-7
7	52 083	21 540	Meta-Eugenol	2-metoxi-5-(2-propenil) fenol		000501-19-9
8			Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0
9			2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol		001941-12-4
10	47 057	6 530	Metil Eugenol	1,2-dimetoxi-4-(2-propenil) benceno		000093-15-2
11	32 782	1 300	Cariofileno	(-) - β -cariofileno		000087-44-5
12	16 039	0 410	Limoneno	D-Limoneno		005989-27-5

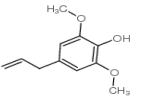
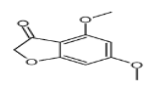
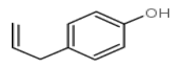
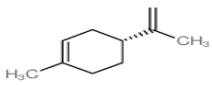
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) provenientes de Santa María Cahabón, Alta Verapaz**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	77 287	0 330	18-Corona-6	1,4,7,10,13,16-Hexaoxaciclooctadecano		017455-13-9
2	52 105	11 590	Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0
3			2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol		01941-12-4
4			Trans- Isoeugenol	Trans-2-Metoxi-4-propenilfenol		005932-68-3

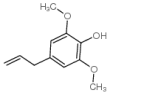
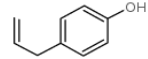
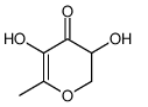
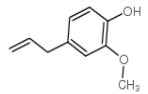
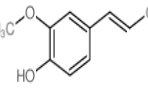
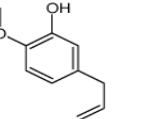
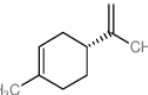
Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) provenientes de San Pedro Carchá, Alta Verapaz**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	62 959	2 510	Metoxieugenol	2,6-dimetoxi-4-(2-propenil)-fenol		006627-88-9
2			4,6-Dimetoxi Coumaranona	4,6-dimetoxi-3 (2H) - Benzofuranona,		004225-35-8
3	57 004	2 600	Chavicol	4-alilfenol		000501-92-8
4	25 701	1 190	Limoneno	D-Limoneno		005989-27-5

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) provenientes de Campur, Alta Verapaz**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	62 936	2 780	Metoxieugenol	2,6-dimetoxi-4-(2-propenil)-fenol		00627-88-9
2	56 986	3 350	Chavicol	4-alilfenol		000501-92-8
3	55 253	2 450	Hidroxidihidromaltol	3,5-dihidroxi-6-metil-2,3-dihidropirano-4-ona		028564-83-2
4	52 069	5 530	Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0
5			Trans- Isoeugenol	Trans-2-Metoxi-4-propenilfenol		005932-68-3
6			Meta-Eugenol	2-metoxi-5-(2-propenil) fenol		000501-19-9
7	16 094	1 230	Limoneno	D-Limoneno		005989-27-5

Fuente: elaboración propia.

3.6. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Teniendo todos los datos necesarios para la elaboración del presente estudio de investigación se procede a tabular de forma ordenada para interpretar todos los resultados: rendimiento, densidad, índice de refracción y composición química.

Tabla XXII. Rendimiento extractivo de la oleorresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) de las hojas y los frutos provenientes de los departamentos de Petén y Alta Verapaz

Núm.	Tratamiento	Aleatorio	Peso materia prima (g)	Rendimiento (%)
1	1	p1.d1.a1.R1	30	30 070
2	2	p1.d1.a1.R2	30	27 030
3	3	p1.d1.a1.R3	30	28 830
4	4	p1.d1.a2.R1	30	29 670
5	5	p1.d1.a2.R2	30	31 870
6	6	p1.d1.a2.R3	30	32 630
7	7	p1.d1.a3.R1	30	31 300
8	8	p1.d1.a3.R2	30	31 930
9	9	p1.d1.a3.R3	30	28 030
10	10	p1.d2.a1.R1	30	30 930
11	11	p1.d2.a1.R2	30	29 770
12	12	p1.d2.a1.R3	30	29 870
13	13	p1.d2.a2.R1	30	31 200
14	14	p1.d2.a2.R2	30	29 070
15	15	p1.d2.a2.R3	30	32 630
16	16	p1.d2.a3.R1	30	32 470
17	17	p1.d2.a3.R2	30	31 930
18	18	p1.d2.a3.R3	30	31 650
19	19	p2.d1.a1.R1	30	27 670
20	20	p2.d1.a1.R2	30	32 670
21	21	p2.d1.a1.R3	30	33 530
22	22	p2.d1.a2.R1	30	28 430
23	23	p2.d1.a2.R2	30	28 570
24	24	p2.d1.a2.R3	30	30 190
25	25	p2.d1.a3.R1	30	31 170
26	26	p2.d1.a3.R2	30	30 730
27	27	p2.d1.a3.R3	30	29 870
28	28	p2.d2.a1.R1	30	32 830
29	29	p2.d2.a1.R2	30	33 230
30	30	p2.d2.a1.R3	30	30 130
31	31	p2.d2.a2.R1	30	35 170
32	32	p2.d2.a2.R2	30	38 430
33	33	p2.d2.a2.R3	30	38 170
34	34	p2.d2.a3.R1	30	42 600
35	35	p2.d2.a3.R2	30	43 400
36	36	p2.d2.a3.R3	30	38 570

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Densidad de la oleoresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) de las hojas y los frutos provenientes de los departamentos de Petén y Alta Verapaz**

Núm.	Tratamiento	Aleatorio	Peso materia prima (g)	Densidad (g/mL)
1	1	p1.d1.a1.R1	30	1 101
2	2	p1.d1.a1.R2	30	1 112
3	3	p1.d1.a1.R3	30	1 109
4	4	p1.d1.a2.R1	30	1 122
5	5	p1.d1.a2.R2	30	1 120
6	6	p1.d1.a2.R3	30	1 125
7	7	p1.d1.a3.R1	30	1 118
8	8	p1.d1.a3.R2	30	1 115
9	9	p1.d1.a3.R3	30	1 110
10	10	p1.d2.a1.R1	30	1 117
11	11	p1.d2.a1.R2	30	1 112
12	12	p1.d2.a1.R3	30	1 120
13	13	p1.d2.a2.R1	30	1 135
14	14	p1.d2.a2.R2	30	1 122
15	15	p1.d2.a2.R3	30	1 137
16	16	p1.d2.a3.R1	30	1 145
17	17	p1.d2.a3.R2	30	1 136
18	18	p1.d2.a3.R3	30	1 142
19	19	p2.d1.a1.R1	30	1 112
20	20	p2.d1.a1.R2	30	1 132
21	21	p2.d1.a1.R3	30	1 111
22	22	p2.d1.a2.R1	30	1 086
23	23	p2.d1.a2.R2	30	1 091
24	24	p2.d1.a2.R3	30	1 082
25	25	p2.d1.a3.R1	30	1 106
26	26	p2.d1.a3.R2	30	1 101
27	27	p2.d1.a3.R3	30	1 104
28	28	p2.d2.a1.R1	30	1 118
29	29	p2.d2.a1.R2	30	1 113
30	30	p2.d2.a1.R3	30	1 115
31	31	p2.d2.a2.R1	30	1 102
32	32	p2.d2.a2.R2	30	1 106
33	33	p2.d2.a2.R3	30	1 110
34	34	p2.d2.a3.R1	30	1 075
35	35	p2.d2.a3.R2	30	1 081
36	36	p2.d2.a3.R3	30	1 072

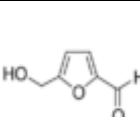
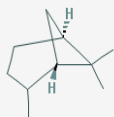
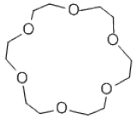
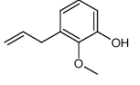
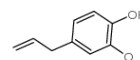
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. Índice de refracción de la oleoresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) de las hojas y los frutos provenientes de los departamentos de Petén y Alta Verapaz

Núm.	Tratamiento	Aleatorio	Peso materia prima (g)	Índice de Refracción (adimensional)
1	1	p1.d1.a1.R1	30	1 436
2	2	p1.d1.a1.R2	30	1 440
3	3	p1.d1.a1.R3	30	1 444
4	4	p1.d1.a2.R1	30	1 445
5	5	p1.d1.a2.R2	30	1 435
6	6	p1.d1.a2.R3	30	1 438
7	7	p1.d1.a3.R1	30	1 443
8	8	p1.d1.a3.R2	30	1 442
9	9	p1.d1.a3.R3	30	1 445
10	10	p1.d2.a1.R1	30	1 442
11	11	p1.d2.a1.R2	30	1 445
12	12	p1.d2.a1.R3	30	1 445
13	13	p1.d2.a2.R1	30	1 450
14	14	p1.d2.a2.R2	30	1 452
15	15	p1.d2.a2.R3	30	1 455
16	16	p1.d2.a3.R1	30	1 445
17	17	p1.d2.a3.R2	30	1 445
18	18	p1.d2.a3.R3	30	1 439
19	19	p2.d1.a1.R1	30	1 437
20	20	p2.d1.a1.R2	30	1 442
21	21	p2.d1.a1.R3	30	1 445
22	22	p2.d1.a2.R1	30	1 442
23	23	p2.d1.a2.R2	30	1 437
24	24	p2.d1.a2.R3	30	1 445
25	25	p2.d1.a3.R1	30	1 440
26	26	p2.d1.a3.R2	30	1 445
27	27	p2.d1.a3.R3	30	1 443
28	28	p2.d2.a1.R1	30	1 440
29	29	p2.d2.a1.R2	30	1 447
30	30	p2.d2.a1.R3	30	1 450
31	31	p2.d2.a2.R1	30	1 440
32	32	p2.d2.a2.R2	30	1 450
33	33	p2.d2.a2.R3	30	1 447
34	34	p2.d2.a3.R1	30	1 423
35	35	p2.d2.a3.R2	30	1 425
36	36	p2.d2.a3.R3	30	1 435

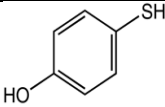
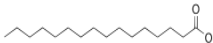
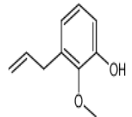
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) provenientes de Melchor de Mencos, Petén**

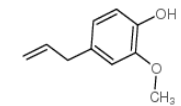
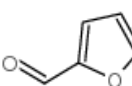
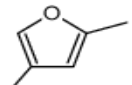
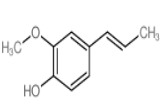
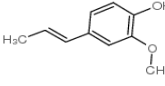
Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	61,963	19,850	5-Hidroximetil furfural	5-Hidroximetil-2-Furaldehído		000067-47-0
2	44 400	9 460	(Z)-Pinano	Biciclo [3.1.1] heptano, 2,6,6-trimetil-, (1.alfa, 2.beta, 5.alfa)		005876-13-7
3	78 638	8 860	18-Corona-6	1,4,7,10,13,16-Hexaoxaciclooctadecano		017455-13-9
4	52 056	4 040	Eugenol	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol		001941-12-4
5			Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) provenientes de Dolores, Petén**

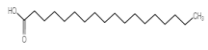

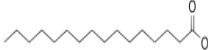
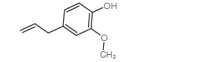
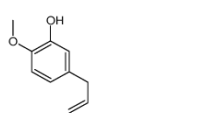
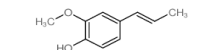
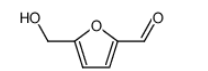
Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	61,922	14,140	4-Mercaptofenol	4-Hidroxitiofenol		000637-89-8
2	78,570	8,070	Ácido Palmítico	Ácido Hexadecanoico		000057-10-3
3	52,028	5,830	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol		001941-12-4

Continuación de la tabla XXVI.

4			Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0
5	26,451	1,72	Furfural	2-furancarboxaldehído		000098-01-1
6			2,4-dimetil-furano	2,4-dimetil-furano		003710-43-8
7	57,437	1,580	Trans-Isoeugenol	Trans-2-Metoxi-4-propenilfenol		005932-68-3
8			Isougenol	2-Metoxi-4[(E)-prop-1-enil] fenol		000097-54-1

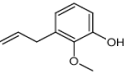
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) provenientes de San Luis, Petén**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	67,430	13,270	Ácido Esteárico	Ácido octadecanoico		000057-11-4
2	79,398	10,150	Tetradecan-2-yl-2-metoxiacetato	Ácido metoxiacético, 2-tetradecil éster		1000282-04-8
3	78,570	8,070	Ácido Palmítico	Ácido Hexadecanoico		000057-10-3
4	52,056	7,400	Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0
5			Meta-Eugenol	2-metoxi-5-(2-propenil) fenol		000501-19-9
6			Trans- Isoeugenol	Trans-2-Metoxi-4-propenilfenol		005932-68-3
7	61,949	6,850	Hidroximetilfurfural (HMF)	5-Hidroximetil-2-Furaldehído		000067-47-0

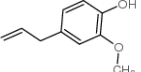
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) provenientes de Santa María Cahabón, Alta Verapaz**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	52,142	0,84	Eugenol	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol		001941-12-4

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de hojas de pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) provenientes de San Pedro Carchá, Alta Verapaz**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	52,142	0,84	Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) provenientes de Campur, Alta Verapaz**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	57,509	0,480	Cis-isoeugenol	Cis-2-metoxi-4-propenilfenol		005912-86-7
2			Trans-isoeugenol	Trans-2-Metoxi-4-propenilfenol		005932-68-3
3			Isougenol	Iso-2-Metoxi-4-propenilfenol		000097-54-1
4	77,287	0,300	18-corona-6	1,4,7,10,13,16-Hexaoxaciclooctadecano		017455-13-9
5			15-corona-5	1,4,7,10,13-pentaoxaciclopentadecano		033100-27-5

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) provenientes de Melchor de Mencos, Petén**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	52,069	9,87	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol		001941-12-4
2			Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0
3			Trans- Isoeugenol	Trans-2-Metoxi-4-propenilfenol		005932-68-3

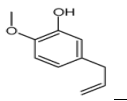
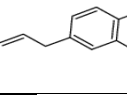
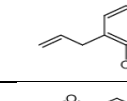
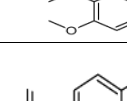
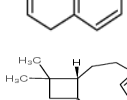
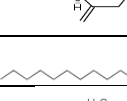
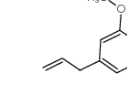
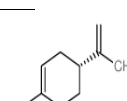
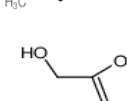
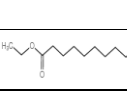
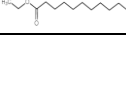

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) provenientes de Dolores, Petén

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	52,151	16,050	Meta-Eugenol	2-metoxi-5-(2-propenil) fenol		000501-19-9
2			Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0
3	47,066	1,190	Metil Eugenol	1,2-dimetoxi-4-(2-propenil) benceno		000093-15-2
4	56,982	0,650	Chavicol	4-alilfenol		000501-92-8
5	62,940	0,240	Metoxieugenol	2,6-dimetoxi-4-(2-propenil)-fenol		006627-88-9
6	16,030	0,140	Limoneno	D-Limoneno		005989-27-5

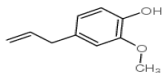
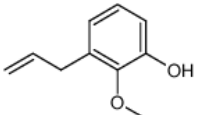
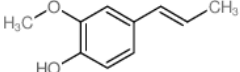
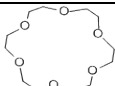
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) provenientes de San Luis, Petén

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	52,083	21,540	Meta-Eugenol	2-metoxi-5-(2-propenil) fenol		000501-19-9
2			Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0
3			2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol		001941-12-4
4	47,057	6,530	Metil Eugenol	1,2-dimetoxi-4-(2-propenil) benceno		000093-15-2
5	56,941	1,720	Chavicol	4-aliifanol		000501-92-8
6	32,782	1,300	Cariofileno	(-) - β -cariofileno		000087-44-5
7	78,538	1,050	Ácido Palmítico	Ácido Hexadecanoico		000057-10-3
8	62,899	0,430	Metoxieugenol	2,6-dimetoxi-4-(2-propenil)-fenol		006627-88-9
9	16,039	0,410	Limoneno	D-Limoneno		005989-27-5
10	61,912	0,330	Hidroxi metilfurfural (HMF)	5-Hidroxi metil-2-Furaldehído		000067-47-0
11	54,921	0,200	Palmitato de etilo	Hexadecanoato de etilo		000628-97-7
12	60,871	0,160	Estearato de etilo	Octadecanoato de etilo		000111-61-5

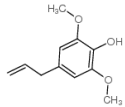
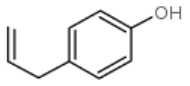
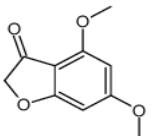
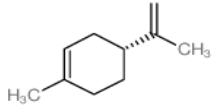
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) provenientes de Santa María Cahabón, Alta Verapaz**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	52,105	11,590	Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0
2			2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol	2-Metoxi-3-(2-propenil) fenol		01941-12-4
3			Trans- Isoeugenol	Trans-2-Metoxi-4-propeniifenol		005932-68-3
4	77,287	0,330	18-Corona-6	1,4,7,10,13,16-Hexaoxaciclooctadecano		017455-13-9

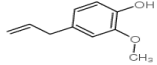
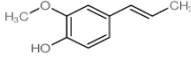
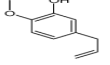
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) provenientes de San Pedro Carchá, Alta Verapaz**

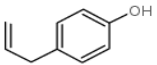
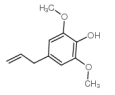
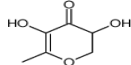
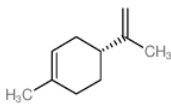
Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	57,004	2,600	Chavicol	4-aliilfenol		000501-92-8
2	62,959	2,510	Metoxieugenol	2,6-dimetoxi-4-(2-propenil)-fenol		006627-88-9
3			4,6-Dimetoxi Coumaranona	4,6-dimetoxi-3 (2H) - Benzofuranona,		004225-35-8
4	25,701	1,190	Limoneno	D-Limoneno		005989-27-5

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Composición química obtenida por GC/MS de la oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) provenientes de Campur, Alta Verapaz**

Núm.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Componente químico	Nombre IUPAC	Estructura química	Número CAS
1	52,069	5,530	Eugenol	2-Metoxi-4-(2-propenil) fenol		000097-53-0
2			Trans-Isoeugenol	Trans-2-Metoxi-4-propenilfenol		005932-68-3
3			Meta-Eugenol	2-metoxi-5-(2-propenil) fenol		000501-19-9

Continuación de la tabla XXXVI.

4	56,986	3,350	Chavicol	4-aliilfenol		000501-92-8
5	62,936	2,780	Metoxieugenol	2,6-dimetoxi-4-(2-propenil)-fenol		00627-88-9
6	55,253	2,450	Hidroxidihidromaltol	3,5-dihidroxi-6-metil-2,3-dihidropirano-4-ona		028564-83-2
7	16,094	1,230	Limoneno	D-Limoneno		005989-27-5

Fuente: elaboración propia.

3.7. Análisis estadístico

Para validar o descartar las hipótesis tanto nulas como alternativas, se utilizará el análisis de varianzas de un factor (Anova) para los resultados obtenidos de la evaluación del rendimiento del extracto de oleoresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill), evaluado a escala laboratorio.

3.7.1. Diseño de tratamientos

Para la evaluación estadística se utilizará un diseño completamente al azar con un arreglo combinatorio para un experimento factorial que evalúa el efecto que tiene la parte de la planta, el departamento de origen y el nivel altitudinal de plantación sobre el rendimiento obtenido de oleoresina.

Para el factor A se utilizó la parte de la planta para la extracción de oleorresina por el método de maceración dinámica; quedó de la siguiente manera:

- p1 = hojas
- p2 = frutos

Para el factor B se tomaron los dos departamentos de procedencia de la materia prima (hojas y frutos); quedó de la siguiente manera:

- d1 = Petén
- d2 = Alta Verapaz

Por último, para el factor C se tomaron tres diferentes niveles altitudinales para cada uno de los departamentos de procedencia de la materia prima (hojas y frutos); quedó de la siguiente manera:

- a1 = 75 msnm (Melchor de Mencos) y 238 msnm (Santa María Cahabón)
- a2 = 400 msnm (Dolores) y 1 300 msnm (San Pedro Carchá)
- a3 = 575 msnm (San Luis) y 1 475 msnm (Campur)

3.7.1.1. Repeticiones

Para este trabajo de investigación se realizaron 3 repeticiones para cada tratamiento debido a la complejidad del experimento; este es también un número mínimo de repeticiones para obtener datos significativos del análisis estadístico.

3.7.1.2. Número de tratamientos para el experimento

$$N = a * b * c * r \quad \text{Ecuación No.3}$$

Donde:

- N: número de tratamientos
- a: número de niveles del factor A
- b: número de niveles del factor B
- c: número de niveles del factor C
- r: número de repeticiones por cada nivel

$$N = 2 * 2 * 3 * 3 = 36$$

Dio como resultado 36 combinaciones para el total del experimento.

Tabla XXXVII. **Combinaciones del diseño experimental**

1	p1.d1.a1.R1	4	p1.d1.a2.R1	7	p1.d1.a3.R1
2	p1.d1.a1.R2	5	p1.d1.a2.R2	8	p1.d1.a3.R2
3	p1.d1.a1.R3	6	p1.d1.a2.R3	9	p1.d1.a3.R3
10	p1.d2.a1.R1	13	p1.d2.a2.R1	16	p1.d2.a3.R1
11	p1.d2.a1.R2	14	p1.d2.a2.R2	17	p1.d2.a3.R2
12	p1.d2.a1.R3	15	p1.d2.a2.R3	18	p1.d2.a3.R3
19	p2.d1.a1.R1	22	p2.d1.a2.R1	25	p2.d1.a3.R1
20	p2.d1.a1.R2	23	p2.d1.a2.R2	26	p2.d1.a3.R2
21	p2.d1.a1.R3	24	p2.d1.a2.R3	27	p2.d1.a3.R3
28	p2.d2.a1.R1	31	p2.d2.a2.R1	34	p2.d2.a3.R1
29	p2.d2.a1.R2	32	p2.d2.a2.R2	35	p2.d2.a3.R2
30	p2.d2.a1.R3	33	p2.d2.a2.R3	36	p2.d2.a3.R3

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Combinaciones para el diseño experimental completamente al azar**

1	p2.d2.a3.R3	4	p1.d2.a3.R2	7	p2.d2.a3.R2
2	p2.d2.a2.R3	5	p2.d1.a1.R2	8	p2.d1.a2.R2
3	p2.d2.a1.R3	6	p1.d1.a1.R3	9	p1.d2.a2.R1
10	p1.d1.a3.R2	13	p1.d2.a2.R3	16	p2.d1.a3.R2
11	p1.d2.a1.R2	14	p2.d1.a1.R3	17	p1.d2.a1.R3
12	p2.d2.a1.R2	15	p2.d2.a2.R2	18	p1.d1.a2.R2
19	p2.d2.a3.R1	22	p2.d2.a1.R1	25	p2.d2.a2.R1
20	p2.d1.a1.R1	23	p1.d2.a3.R1	26	p2.d1.a2.R3
21	p1.d2.a2.R2	24	p1.d1.a2.R3	27	p2.d1.a3.R1
28	p2.d1.a2.R1	31	p1.d2.a1.R1	34	p1.d2.a3.R3
29	p1.d1.a3.R3	32	p1.d1.a2.R1	35	p1.d1.a3.R1
30	p1.d1.a1.R2	33	p2.d1.a3.R3	36	p1.d1.a1.R1

Fuente: elaboración propia.

3.7.2. Modelo para un análisis de la varianza de un factor

Se suponen muestras aleatorias independientes n_1, n_2, \dots, n_k observaciones de k poblaciones. Si las medias poblacionales son $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k$, con lo cual este análisis espera contrastar o debatir la hipótesis nula

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \text{ para al menos un par } \mu_i, \mu_j$$

3.7.3. Supuestos para la aplicación del ANOVA

- Las poblaciones van según la distribución de probabilidad de la variable independiente para cada factor, deben ser normales.
- Las K muestras que van acorde los tratamientos que son aplicados, deben ser independientes.
- Las poblaciones deben tener una varianza igual.

3.7.4. Bases del ANOVA

El análisis de varianza Anova está basado en la descomposición de la variación de los datos con respecto a la media global; si la hipótesis nula es verdadera, esta sería una estimación de la desviación estándar, que va acorde a las siguientes variaciones:

- Variación dentro de las muestras; donde se cuantifica la dispersión de las muestras con sus medias.
- Variación entre las muestras; donde se cuantifica la dispersión de las muestras con la media global.

3.7.5. Procedimiento para el análisis de varianza de Anova

- Verificar tanto si los datos tienen una tendencia normal como si se cumplen los supuestos de Anova.
- Verificar si se cumple el modelo para un análisis de la varianza de un factor

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \quad \text{para al menos un par } \mu_i, \mu_j$$

- Se plantea el contraste de la hipótesis nula en base al cociente entre las medias de los cuadrados.
- Se calculan las siguientes expresiones matemáticas que convergen para el análisis final de Anova.

- Media global

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}}{n} \quad [\text{Ec. 4}]$$

- Variación total

$$STC = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{X})^2 \quad [\text{Ec. 5}]$$

- Variación dentro de los grupos

$$SCD = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{X}_j)^2 \quad [\text{Ec. 6}]$$

- Variación entre los grupos

$$SCE = \sum_{j=1}^K (\bar{X}_j - \bar{X})^2 * n_j \quad [\text{Ec. 7}]$$

- Evaluar el cociente entre la variación dentro de los grupos con la varianza entre los grupos ya que según los grados de libertad K-1 y N-k respectivamente para SCE/K-1 y SCD/n-K; con lo cual si el cociente

entre ambas estimaciones es 1, la hipótesis nula es cierta; si el cociente es diferente que 1, la hipótesis nula se rechaza.

3.7.6. Datos del Anova

Para analizar las hipótesis planteadas y para poder concluir se realizó un análisis de varianzas de un factor, que consta de comparar el valor F calculada respecto al F crítico, análisis establecido por Fischer, el cual tiene un nivel de confianza del 95 %. Según sean los resultados, si el valor de F calculada es mayor que F crítico, significa que existen diferencias significativas entre los grupos; por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa rechazando la hipótesis nula, de lo contrario, se aceptaría la hipótesis nula rechazando la hipótesis alternativa; si existen diferencias significativas entre grupos se puede realizar la prueba de múltiples rangos, con la cual se puede saber entre que grupos existe una diferencia significativa. A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis de varianza Anova para el presente trabajo de investigación.

Tabla XXXIX. **Resumen estadístico para el rendimiento extractivo de las hojas de oleorresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) en función del área de cultivo**

Área de cultivo	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo
Alta Verapaz	9	31,057	1,257	4,050 %	29,070
Petén	9	30,151	1,930	6,400 %	27,030
Total	18	30,604	1,647	5,380 %	27,030

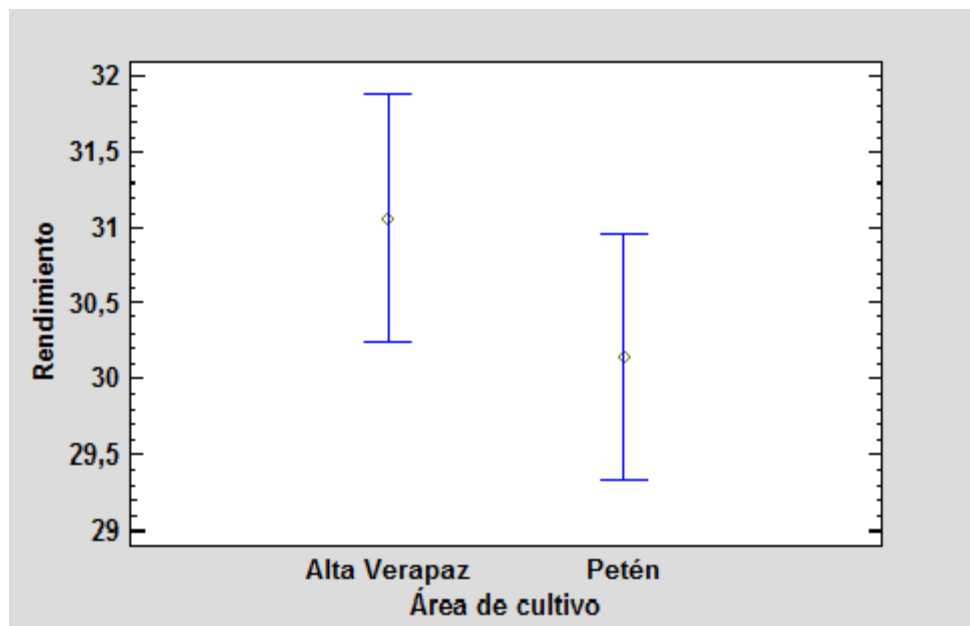
Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Anova para el rendimiento extractivo de las hojas de oleoresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) en función del área de cultivo**

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3,699	1	3,699	1,39	0,255
Intra grupos	42,442	16	2,653		
Total (Corr.)	46,141	17			

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Media 95 % y Fisher LSD para el rendimiento extractivo de las hojas de oleoresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) en función del área de cultivo**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Resumen estadístico para el rendimiento extractivo de los frutos de oleorresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) en función del área de cultivo**

Área de cultivo	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo
Alta Verapaz	9	36,948	4,477	0,121	30,130
Petén	9	30,314	1,956	0,065	27,670
Total	18	33,631	4,783	0,142	27,670

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Anova para el rendimiento extractivo de los frutos de oleorresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) en función del área de cultivo**

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	198,005	1	198,005	16,590	0,0009
Intra grupos	190,915	16	11,932		
Total (Corr.)	388,920	17			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Prueba de múltiples rangos para el rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de oleorresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) en función del área de cultivo**

Área de cultivo	Casos	Media	Grupos homogéneos
Petén	9	30,314	X
Alta Verapaz	9	36,948	X

Fuente: análisis elaboración propia.

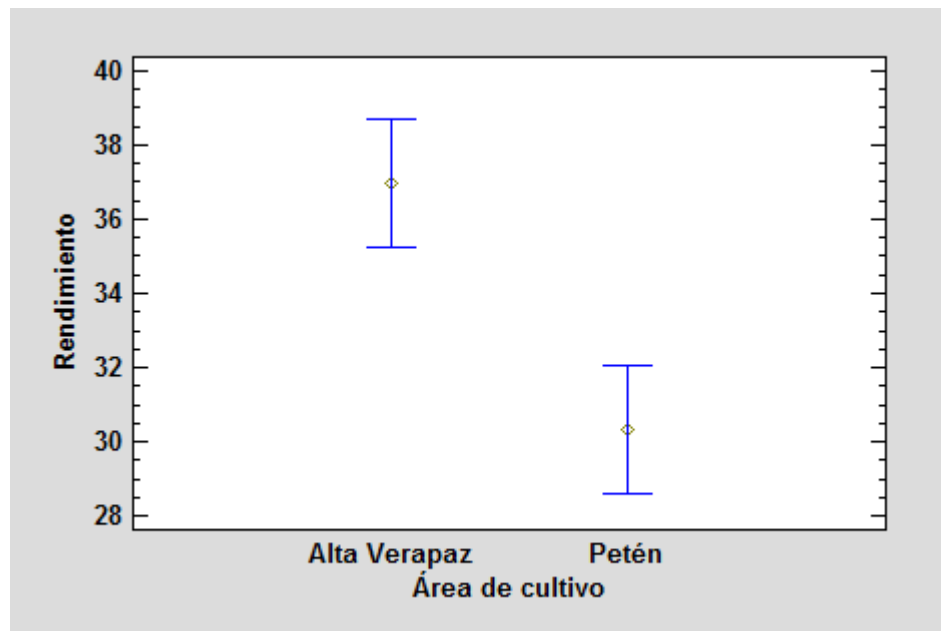
Tabla XLIV. **Contraste de la prueba de múltiples rangos para el rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de oleorresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) en función del área de cultivo**

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Alta Verapaz - Petén	*	6,633	3,452

* indica una diferencia significativa.

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Media 95 % y Fisher LSD para el rendimiento extractivo de los frutos de oleorresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) en función del área de cultivo**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Resumen estadístico del rendimiento extractivo de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Nivel altitudinal (msnm)	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo
Melchor de Mencos	75	3	28,643	1,529	5,337 %	27,030
Santa María Cahabón	238	3	30,190	0,643	2,129 %	29,770
Dolores	400	3	31,390	1,537	4,897 %	29,670
San Luis	575	3	30,420	2,094	6,882 %	28,030
San Pedro Carchá	1300	3	30,967	1,791	5,785 %	29,070
Campur	1475	3	32,017	0,417	1,302 %	31,650
	Total	18	30,604	1,647	5,383 %	27,030

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Anova para el rendimiento extractivo de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	20,383	5	4,077	1,900	0,168
Intra grupos	25,758	12	2,147		
Total (Corr.)	46,142	17			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Prueba de múltiples rangos para el rendimiento extractivo de oleoresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Nivel	Casos	Media	Grupos homogéneos
Melchor de Mencos	75	3	28,643	X
Santa María Cahabón	238	3	30,190	XX
Dolores	575	3	30,420	XX
San Luis	1300	3	30,967	XX
San Pedro Carchá	400	3	31,390	X
Campur	1475	3	32,017	X

Fuente: elaboración propia.

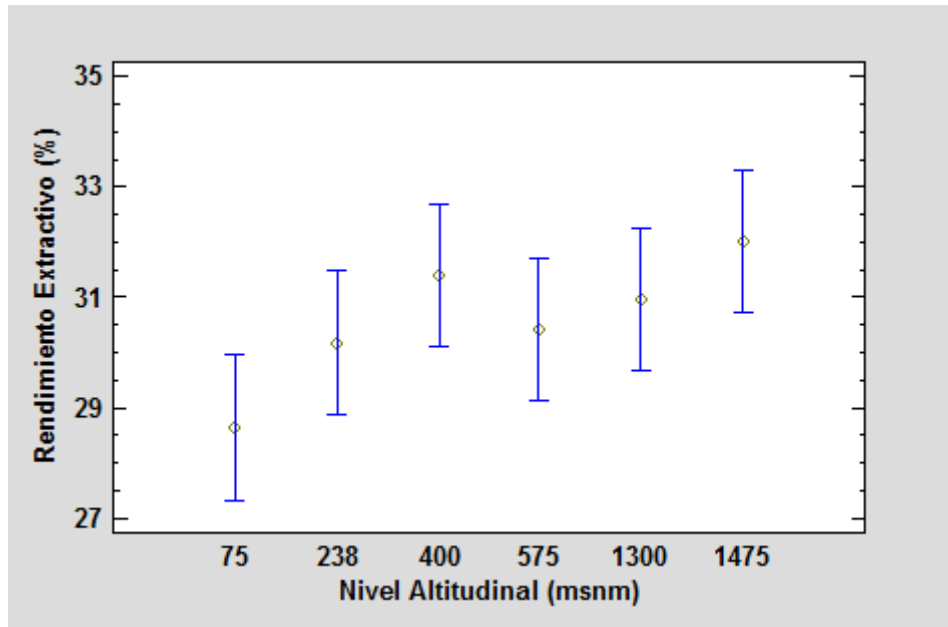
Tabla XLVIII. **Contraste de la prueba de múltiples rangos para el rendimiento extractivo de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Melchor de Mencos/Santa María Cahabón	75 – 238		-1,547	2,606
Melchor de Mencos/Dolores	75 – 400	*	-2,747	2,606
Melchor de Mencos/San Luis	75 – 575		-1,777	2,606
Melchor de Mencos/San Pedro Carchá	75 - 1300		-2,323	2,606
Melchor de Mencos/Campur	75 - 1475	*	-3,373	2,606
Santa María Cahabón/Dolores	238 - 400		-1,200	2,606
Santa María Cahabón/San Luis	238 - 575		-0,230	2,606
Santa María Cahabón/San Pedro Carchá	238 - 1300		-0,777	2,606
Santa María Cahabón/Campur	238 - 1475		-1,827	2,606
Dolores/San Luis	400 - 575		0,970	2,606
Dolores/San Pedro Carchá	400 - 1300		0,423	2,606
Dolores/Campur	400 - 1475		-0,627	2,606
San Luis/San Pedro Carchá	575 - 1300		-0,547	2,606
San Luis/Campur	575 - 1475		-1,597	2,606
San Pedro Carchá/Campur	1300 - 1475		-1,050	2,606

*indica que existe diferencia significativa entre grupos

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Media 95 % y Fisher LSD para el rendimiento extractivo de oleoresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. **Resumen estadístico del rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Nivel altitudinal (msnm)	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo
Melchor de Mencos	75	3	31,290	3,164	10,113 %	27,670
Santa María Cahabón	238	3	32,063	1,686	5,259 %	30,130
Dolores	400	3	29,063	0,978	3,366 %	28,430
San Luis	575	3	30,590	0,661	2,162 %	29,870
San Pedro Carchá	1300	3	37,257	1,812	4,863 %	35,170
Campur	1475	3	41,523	2,589	6,234 %	38,570
Total		18	33,631	4,783	14,222 %	27,670

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Anova para el rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	340,451	5	68,090	16,860	0
Intra grupos	48,470	12	4,039		
Total (Corr.)	388,920	17			

Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **Prueba de múltiples rangos para el rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Nivel	Casos	Media	Grupos homogéneos
Melchor de Mencos	400	3	29,063	X
Santa María Cahabón	575	3	30,590	X
Dolores	75	3	31,290	X
San Luis	238	3	32,063	X
San Pedro Carchá	1300	3	37,257	X
Campur	1475	3	41,523	X

Fuente: elaboración propia.

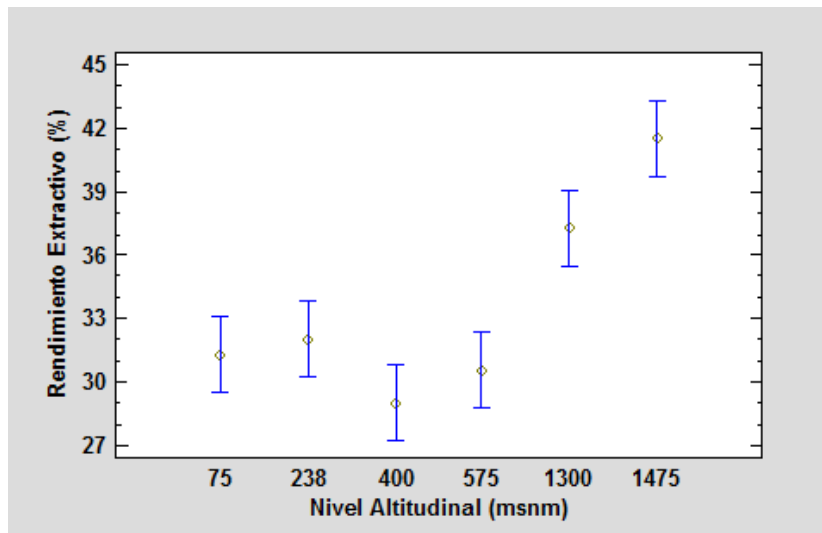
Tabla LII. **Contraste de la Prueba de Múltiples Rangos para el rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Melchor de Mencos/Santa María Cahabón	75 - 238		-0,773	3,575
Melchor de Mencos/Dolores	75 - 400		2,227	3,575
Melchor de Mencos/San Luis	75 - 575		0,700	3,575
Melchor de Mencos/San Pedro Carchá	75 - 1 300	*	-5,967	3,575
Melchor de Mencos/Campur	75 - 1 475	*	-10,233	3,575
Santa María Cahabón/Dolores	238 - 400		3,000	3,575
Santa María Cahabón/San Luis	238 - 575		1,473	3,575
Santa María Cahabón/San Pedro Carchá	238 - 1 300	*	-5,193	3,575
Santa María Cahabón/Campur	238 - 1 475	*	-9,460	3,575
Dolores/San Luis	400 - 575		-1,527	3,575
Dolores/San Pedro Carchá	400 - 1 300	*	-8,193	3,575
Dolores/Campur	400 - 1 475	*	-12,460	3,575
San Luis/ San Pedro Carchá	575 - 1 300	*	-6,667	3,575
San Luis/Campur	575 - 1 475	*	-10,933	3,575
San Pedro Carchá/Campur	1 300 - 1 475	*	-4,267	3,575

*indica que existe diferencia significativa entre grupos

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Media 95 % y Fisher LSD para el rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**



Fuente: elaboración propia.

Tabla LIII. **Resumen estadístico de la densidad de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Nivel altitudinal (msnm)	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo
Melchor de Mencos	75	3	1,107	0,006	0,005	1,101
Santa María Cahabón	238	3	1,116	0,004	0,004	1,112
Dolores	400	3	1,122	0,003	0,002	1,120
San Luis	575	3	1,114	0,004	0,004	1,110
San Pedro Carchá	1 300	3	1,131	0,008	0,007	1,122
Campur	1 475	3	1,141	0,005	0,004	1,136
	Total	18	1,122	0,012	0,011	1,101

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. **Anova para la densidad de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,002	5	0,0004	17,110	0
Intra grupos	0,000	12	2,64E-05		
Total (Corr.)	0,002	17			

Fuente: elaboración propia.

Tabla LV. **Prueba de múltiples rangos para la densidad de oleorresina de las hojas de pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Nivel	Casos	Media	Grupos homogéneos
Melchor de Mencos	75	3	1,107	X
Santa María Cahabón	575	3	1,114	XX
Dolores	238	3	1,116	XX
San Luis	400	3	1,122	XX
San Pedro Carchá	1 300	3	1,131	X
Campur	1 475	3	1,141	X

Fuente: elaboración propia.

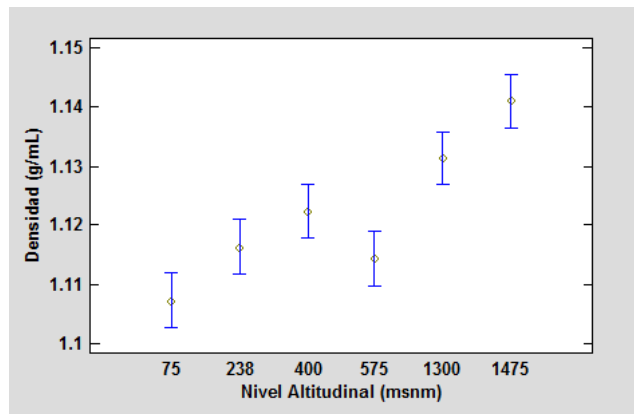
Tabla LVI. **Contraste de la Prueba de múltiples rangos para la densidad de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Melchor de Mencos /Santa María Cahabón	75 - 238		-0,009	0,009
Melchor de Mencos /San Pedro Carchá	75 - 400	*	-0,015	0,009
Melchor de Mencos/ Dolores	75 - 575		-0,007	0,009
Melchor de Mencos/ San Luis	75 – 1 300	*	-0,024	0,009
Melchor de Mencos/ Campur	75 – 1 475	*	-0,034	0,009
Santa María Cahabón/ San Pedro Carchá	238 - 400		-0,006	0,009
Santa María Cahabón/ Dolores	238 - 575		0,002	0,009
Santa María Cahabón/San Luis	238 – 1 300	*	-0,015	0,009
Santa María Cahabón/Campur	238 – 1 475	*	-0,025	0,009
San Pedro Carchá/Dolores	400 - 575		0,008	0,009
San Pedro Carchá/San Luis	400 – 1 300		-0,009	0,009
San Pedro Carchá/Campur	400 – 1 475	*	-0,019	0,009
Dolores/San Luis	575 – 1 300	*	-0,017	0,009
Dolores/Campur	575 – 1 475	*	-0,027	0,009
San Luis/Campur	1 300 – 1 475	*	-0,010	0,009

*indica que existe diferencia significativa entre grupos

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Media 95 % y Fisher LSD para la densidad de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**



Fuente: elaboración propia.

Tabla LVII. **Resumen estadístico de la densidad de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Nivel altitudinal (msnm)	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo
Melchor de Mencos	75	3	1,118	0,012	1,059 %	1,111
Santa María Cahabón	238	3	1,115	0,003	0,226 %	1,113
Dolores	400	3	1,086	0,005	0,415 %	1,082
San Luis	575	3	1,104	0,003	0,228 %	1,101
San Pedro Carchá	1 300	3	1,106	0,004	0,362 %	1,102
Campur	1 475	3	1,076	0,005	0,426 %	1,072
	Total	18	1,101	0,016	1,487 %	1,072

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVIII. **Anova para la densidad de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,004	5	0,001	23,590	0
Intra grupos	0,000	12	0,000		
Total (Corr.)	0,005	17			

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIX. **Prueba de múltiples rangos para la densidad de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Nivel	Casos	Media	Grupos homogéneos
Melchor de Mencos	75	3	1,118	X
Santa María Cahabón	238	3	1,115	XX
Dolores	400	3	1,086	X
San Luis	575	3	1,104	IX
San Pedro Carchá	1 300	3	1,106	XX
Campur	1 475	3	1,076	X

Fuente: elaboración propia.

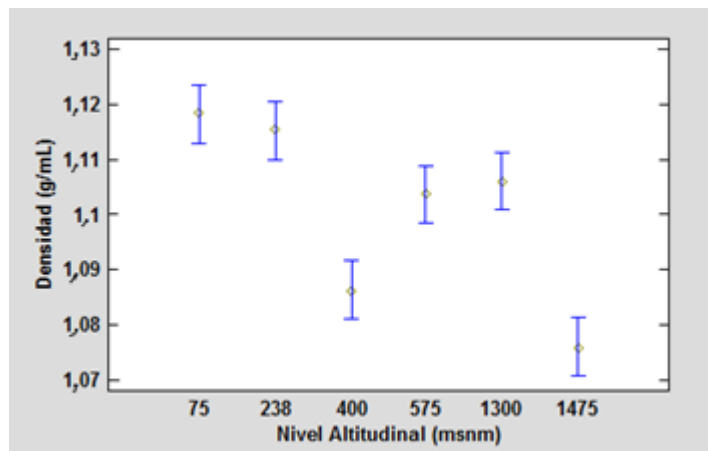
Tabla LX. **Contraste de la prueba de múltiples rangos para la densidad de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Melchor de Mencos/Santa María Cahabón	75 - 238		0,003	0,011
Melchor de Mencos/Dolores	75 - 400	*	0,032	0,011
Melchor de Mencos/San Luis	75 - 575	*	0,015	0,011
Melchor de Mencos/San Pedro Carchá	75 - 1 300	*	0,012	0,011
Melchor de Mencos/Campur	75 - 1 475	*	0,042	0,011
Santa María Cahabón/Dolores	238 - 400	*	0,029	0,011
Santa María Cahabón/San Luis	238 - 575	*	0,012	0,011
Santa María Cahabón/San Pedro Carchá	238 - 1 300		0,009	0,011
Santa María Cahabón/Campur	238 - 1 475	*	0,039	0,011
Dolores/San Luis	400 - 575	*	-0,017	0,011
Dolores/San Pedro Carchá	400 - 1 300	*	-0,020	0,011
Dolores/Campur	400 - 1 475		0,010	0,011
San Luis/San Pedro Carchá	575 - 1 300		-0,002	0,011
San Luis/Campur	575 - 1 475	*	0,028	0,011
San Pedro Carchá/Campur	1 300 - 1 475	*	0,030	0,011

*indica que existe diferencia significativa entre grupos

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Media 95 % y Fisher LSD para la densidad de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**



Fuente: elaboración propia.

Tabla LXI. **Resumen estadístico del índice de refracción de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Nivel altitudinal (msnm)	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo
Melchor de Mencos	75	3	1,440	0,004	0,003	1,436
Santa María Cahabón	238	3	1,444	0,002	0,001	1,442
Dolores	400	3	1,439	0,005	0,004	1,435
San Luis	575	3	1,443	0,002	0,001	1,442
San Pedro Carchá	1 300	3	1,452	0,003	0,002	1,450
Campur	1 475	3	1,443	0,003	0,002	1,439
	Total	18	1,444	0,005	0,004	1,435

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXII. **Anova para el índice de refracción de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,000	5	6,480E-05	5,890	0,006
Intra grupos	0,000	12	1,100E-05		
Total (Corr.)	0,000	17			

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIII. **Prueba de múltiples rangos para el índice de refracción de oleorresina de las hojas de pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Nivel	Casos	Media	Grupos homogéneos
Dolores	400	3	1,439	X
Melchor de Mencos	75	3	1,440	X
Campur	1 475	3	1,443	X
San Luis	575	3	1,443	X
Santa María Cahabón	238	3	1,444	X
San Pedro Carchá	1 300	3	1,452	X

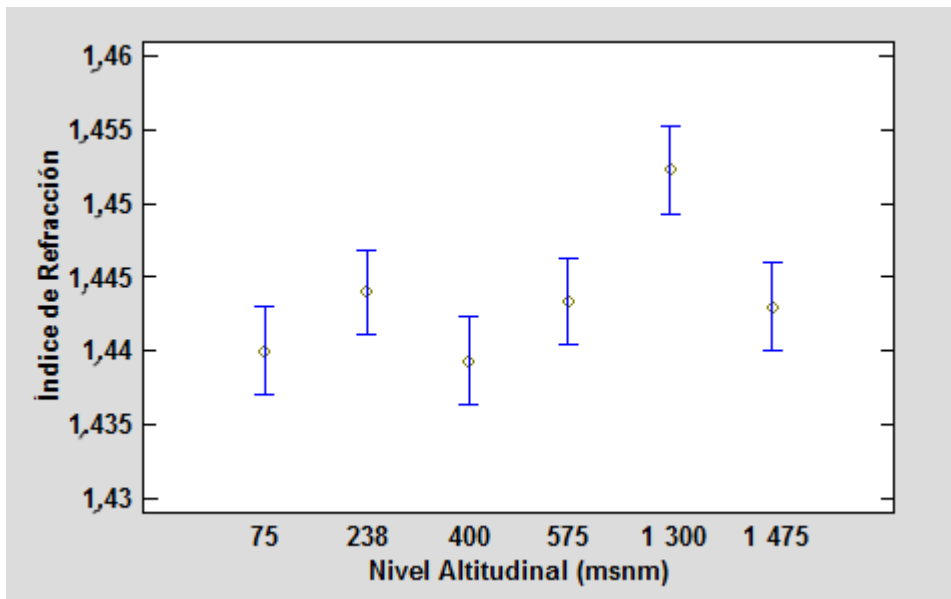
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIV. **Contraste de la Prueba de múltiples rangos para el índice de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Melchor de Mencos/Santa María Cahabón	75 - 238		-0,004	0,006
Melchor de Mencos/Dolores	75 - 400		0,001	0,006
Melchor de Mencos/San Luis	75 - 575		-0,003	0,006
Melchor de Mencos/San Pedro Carchá	75 - 1300	*	-0,012	0,006
Melchor de Mencos/Campur	75 - 1 475		-0,003	0,006
Santa María Cahabón/Dolores	238 - 400		0,005	0,006
Santa María Cahabón/San Luis	238 - 575		0,001	0,006
Santa María Cahabón/San Pedro Carchá	238 - 1 300	*	-0,008	0,006
Santa María Cahabón/Campur	238 - 1 475		0,001	0,006
Dolores/San Luis	400 - 575		-0,004	0,006
Dolores/San Pedro Carchá	400 - 1 300	*	-0,013	0,006
Dolores/Campur	400 - 1 475		-0,004	0,006
San Luis/San Pedro Carchá	575 - 1 300	*	-0,009	0,006
San Luis/Campur	575 - 1475		0,000	0,006
San Pedro Carchá/Campur	1300 - 1475	*	0,009	0,006

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Media 95 % y Fisher LSD para el índice de refracción de oleorresina de las hojas de pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**



Fuente: elaboración propia.

Tabla LXV. **Resumen estadístico del índice de refracción de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Nivel altitudinal (msnm)	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo
Melchor de Mencos	75	3	1,441	0,004	0,280 %	1,437
Santa María Cahabón	238	3	1,446	0,005	0,355 %	1,440
Dolores	400	3	1,441	0,004	0,280 %	1,437
San Luis	575	3	1,443	0,003	0,174 %	1,440
San Pedro Carchá	1 300	3	1,446	0,005	0,355 %	1,440
Campur	1 475	3	1,428	0,006	0,450 %	1,423
	Total	18	1,441	0,007	0,515 %	1,423

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVI. **Anova para el índice de refracción de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,001	5	0,000134	6,060	0,005
Intra grupos	0,000	12	2,22E-05		
Total (Corr.)	0,001	17			

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVII. **Prueba de múltiples rangos para el índice de refracción de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Nivel	Casos	Media	Grupos homogéneos
Campur	1 475	3	1,428	X
Dolores	400	3	1,441	X
Melchor de Mencos	75	3	1,441	X
San Luis	575	3	1,443	X
San Pedro Carchá	1 300	3	1,446	X
Santa María Cahabón	238	3	1,446	X

Fuente: elaboración propia.

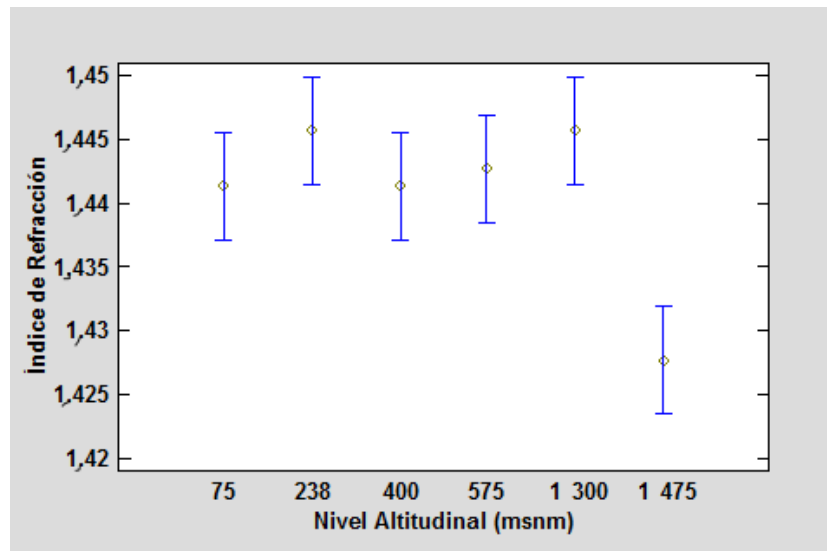
Tabla LXVIII. **Contraste de la prueba de múltiples rangos para el índice de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Municipio	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Melchor de Mencos/Santa María Cahabón	75 - 238		-0,004	0,008
Melchor de Mencos/Dolores	75 - 400		0,000	0,008
Melchor de Mencos/San Luis	75 - 575		-0,001	0,008
Melchor de Mencos/San Pedro Carchá	75 - 1 300		-0,004	0,008
Melchor de Mencos/Campur	75 - 1 475	*	0,014	0,008
Santa María Cahabón/Dolores	238 - 400		0,004	0,008
Santa María Cahabón/San Luis	238 - 575		0,003	0,008
Santa María Cahabón/San Pedro Carchá	238 - 1 300		0,000	0,008
Santa María Cahabón/Campur	238 - 1 475	*	0,018	0,008
Dolores/San Luis	400 - 575		-0,001	0,008
Dolores/San Pedro Carchá	400 - 1 300		-0,004	0,008
Dolores/Campur	400 - 1 475	*	0,014	0,008
San Luis/San Pedro Carchá	575 - 1 300		-0,003	0,008
San Luis/Campur	575 - 1 475	*	0,015	0,008
San Pedro Carchá/Campur	1 300 - 1 475	*	0,018	0,008

* indica una diferencia significativa.

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Media 95 % y Fisher LSD para el índice de refracción de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**



Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIX. **Resumen estadístico del componente químico eugenol en la oleorresina de pimienta gorda analizado mediante la parte vegetal**

Parte Vegetal	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo	Máximo	Rango
Frutos	6	28,093	21,259	75,673%	9,870	59,530	49,660
Hojas	6	3,297	2,945	89,324%	0,000	7,400	7,400
Total	12	15,695	19,418	123,722%	0,000	59,530	59,530

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXX. **Anova para el componente químico eugenol en la oleoresina de pimienta gorda analizado mediante la parte vegetal**

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1 844,620	1	1 844,620	8,010	0,018
Intra grupos	2 303,090	10	230,309		
Total (Corr.)	4 147,710	11			

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXI. **Prueba de múltiples rangos para el componente químico eugenol en la oleoresina de pimienta gorda analizado mediante la parte vegetal**

Parte vegetal	Casos	Media	Grupos homogéneos
Hojas	6	3,297	X
Frutos	6	28,093	X

Fuente: elaboración propia.

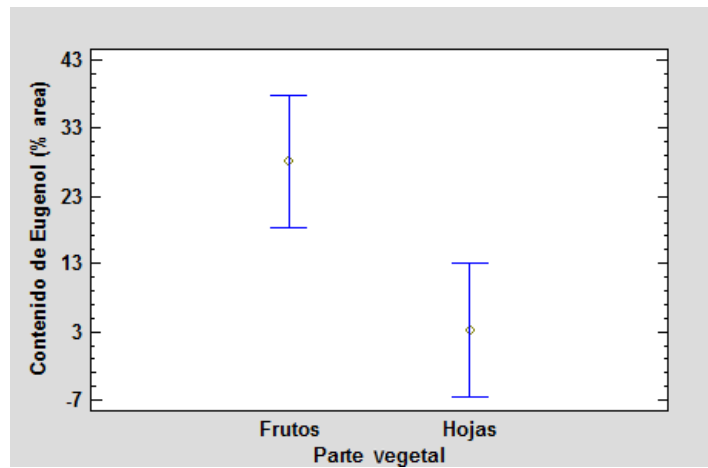
Tabla LXXII. **Contraste de la prueba de múltiples rangos para el componente químico eugenol en la oleoresina de la pimienta gorda analizado mediante la parte vegetal**

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Frutos - Hojas	*	24,797	19,523

*indica que existe diferencia significativa entre grupos

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Media 95 % y Fisher LSD para el componente químico Eugenol en la oleorresina de pimienta gorda analizado mediante la parte vegetal**



Fuente: elaboración propia.

4. RESULTADOS

4.1. Determinación del rendimiento extractivo de hojas de la oleorresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) por el método de maceración dinámica escala laboratorio

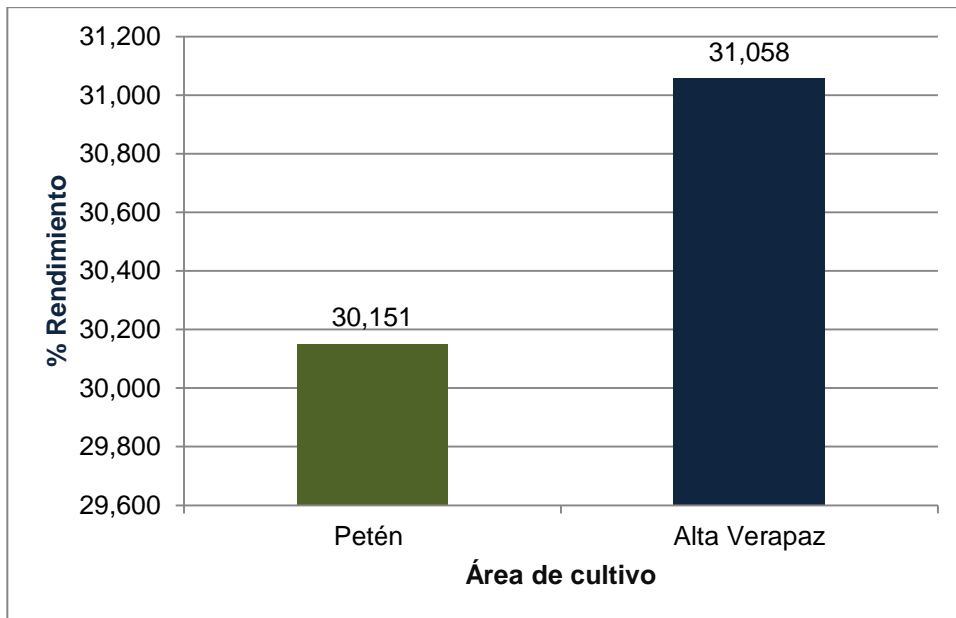
En las siguientes tablas y figuras se presentan los resultados correspondientes al rendimiento extractivo de las hojas y los frutos en función del área de cultivo de la materia prima.

Tabla LXXIII. **Rendimiento extractivo de las hojas de oleorresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) en función del área de cultivo**

Área de cultivo	Rendimiento (%)
Petén	30,057 ± 1,930
Alta Verapaz	31,151 ± 1,257

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Rendimiento extractivo de las hojas de oleorresina de pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) en función del área de cultivo**



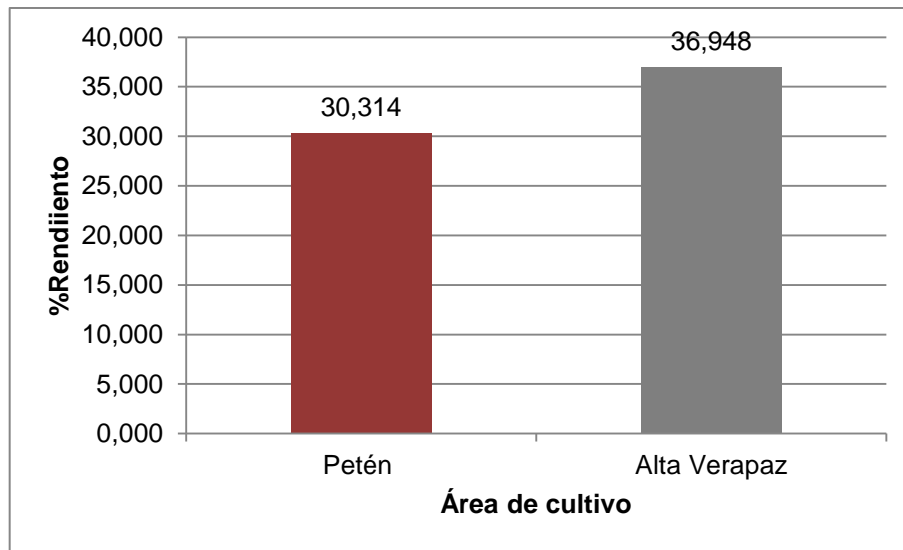
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIV. **Rendimiento extractivo de los frutos de oleorresina de pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) en función del área de cultivo**

Área de cultivo	Rendimiento (%)
Petén	30,314 ± 1,956
Alta Verapaz	36,948 ± 4,477

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Rendimiento extractivo de los frutos de oleorresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) en función del área de cultivo**



Fuente: elaboración propia.

4.2. **Evaluación del rendimiento extractivo de oleorresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) en función del nivel altitudinal**

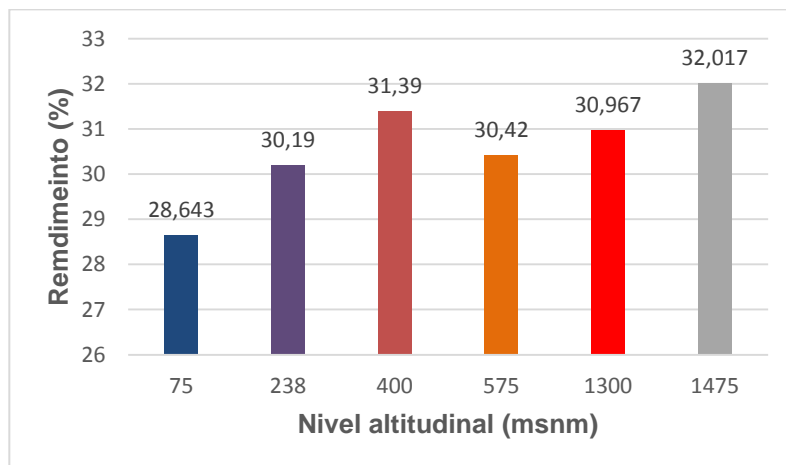
En las siguientes tablas y figuras se presentan los resultados correspondientes al rendimiento extractivo de las hojas y los frutos en función de los tres niveles altitudinales para cada departamento, Petén y Alta Verapaz.

Tabla LXXV. **Rendimiento extractivo de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Departamento	Municipio	Nivel altitudinal (msnm)	Rendimiento (%)
Petén	Melchor de Mencos	75	28,643 ± 1,527
Alta Verapaz	Santa María Cahabón	238	30,190 ± 0,643
Petén	Dolores	400	31,39 ± 1,537
Petén	San Luis	575	30,420 ± 2,093
Alta Verapaz	San Pedro Carchá	1 300	30,967 ± 1,791
Alta Verapaz	Campur	1 475	32,017 ± 0,417

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Rendimiento extractivo de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**



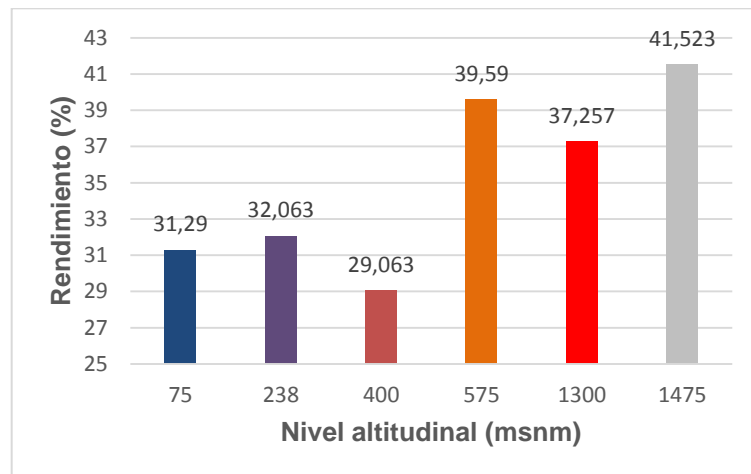
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVI. **Rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Departamento	Municipio	Nivel altitudinal (msnm)	Rendimiento (%)
Petén	Melchor de Mencos	75	31,290 ± 3,164
Alta Verapaz	Santa María Cahabón	238	32,063 ± 1,686
Petén	Dolores	400	29,063 ± 0,978
Petén	San Luis	575	39,590 ± 0,661
Alta Verapaz	San Pedro Carchá	1 300	37,257 ± 1,812
Alta Verapaz	Campur	1 475	41,523 ± 2,589

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**



Fuente: elaboración propia.

4.3. Caracterización fisicoquímica de densidad e índice de refracción para la oleoresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) de hojas y frutos

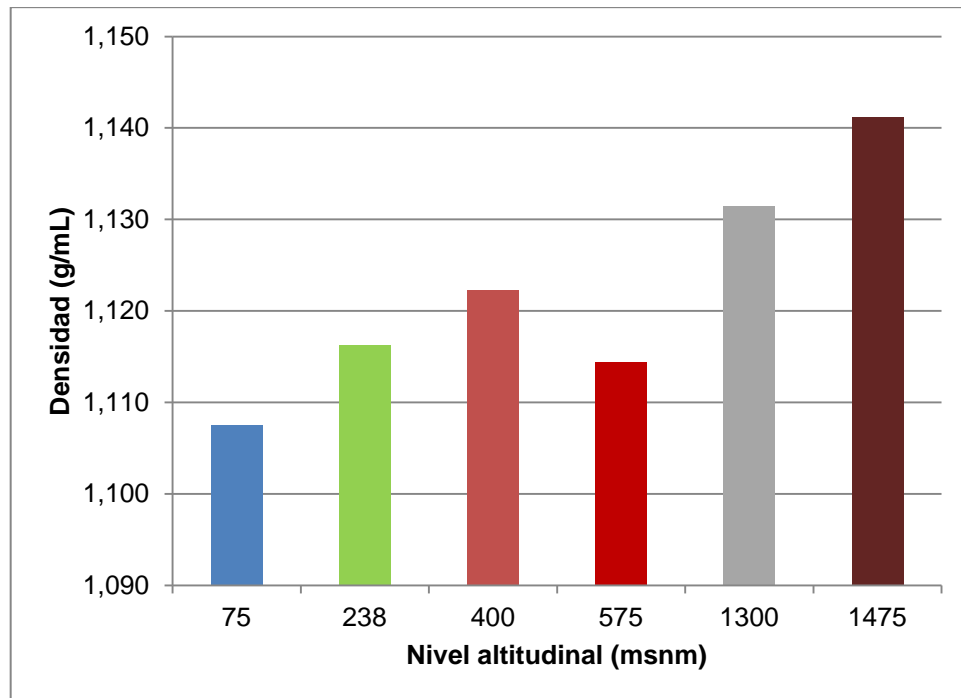
En las siguientes tablas y figuras se presentan los resultados correspondientes a la caracterización fisicoquímica de la oleoresina de pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.

Tabla LXXVII. Densidad de oleoresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz

Departamento	Municipio	Nivel altitudinal (msnm)	Densidad (g/mL)
Petén	Melchor de Mencos	75	1,107 ± 0,006
Alta Verapaz	Santa María Cahabón	238	1,116 ± 0,004
Petén	Dolores	400	1,122 ± 0,003
Petén	San Luis	575	1,114 ± 0,004
Alta Verapaz	San Pedro Carchá	1 300	1,131 ± 0,008
Alta Verapaz	Campur	1 475	1,141 ± 0,005

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Densidad de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**



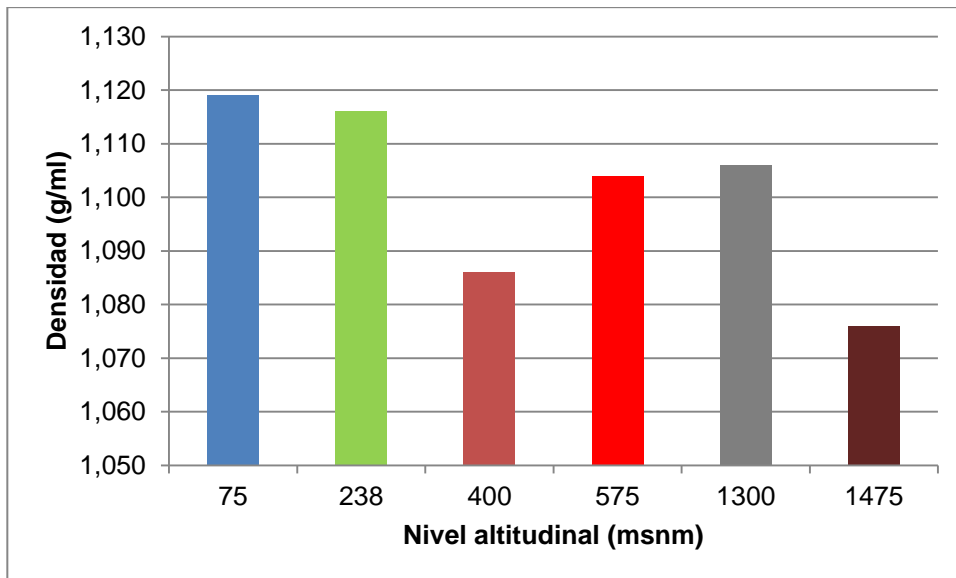
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVIII. **Densidad de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Departamento	Municipio	Nivel altitudinal (msnm)	Densidad (g/mL)
Petén	Melchor de Mencos	75	1,119 ± 0,012
Alta Verapaz	Santa María Cahabón	238	1,116 ± 0,002
Petén	Dolores	400	1,086 ± 0,005
Petén	San Luis	575	1,104 ± 0,003
Alta Verapaz	San Pedro Carchá	1 300	1,106 ± 0,004
Alta Verapaz	Campur	1 475	1,076 ± 0,004

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Densidad de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**



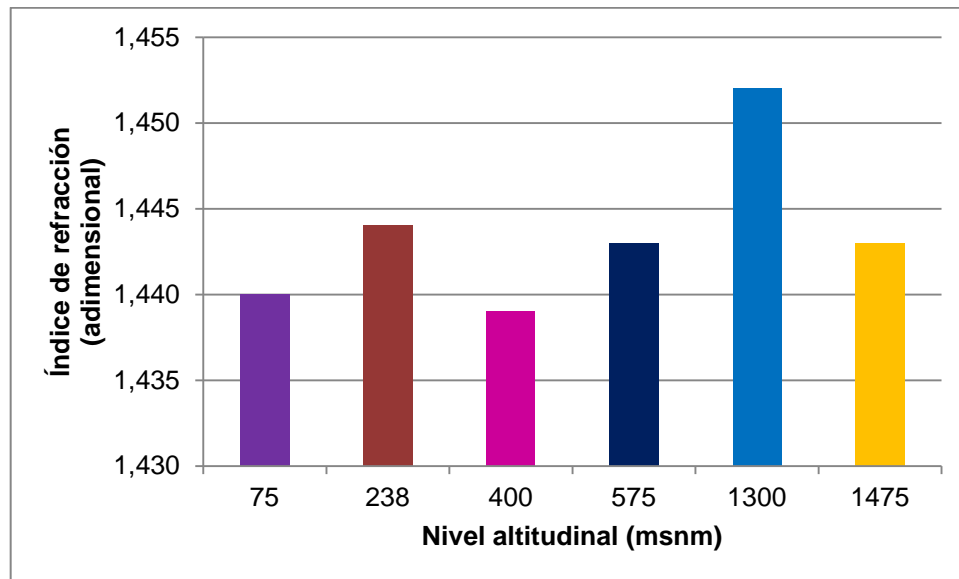
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIX. **Índice de refracción de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Departamento	Municipio	Nivel altitudinal (msnm)	Índice de refracción (adimensional)
Petén	Melchor de Mencos	75	1,440 ± 0,004
Alta Verapaz	Santa María Cahabón	238	1,444 ± 0,002
Petén	Dolores	400	1,439 ± 0,005
Petén	San Luis	575	1,443 ± 0,002
Alta Verapaz	San Pedro Carchá	1 300	1,452 ± 0,003
Alta Verapaz	Campur	1 475	1,443 ± 0,003

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Índice de refracción de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales**



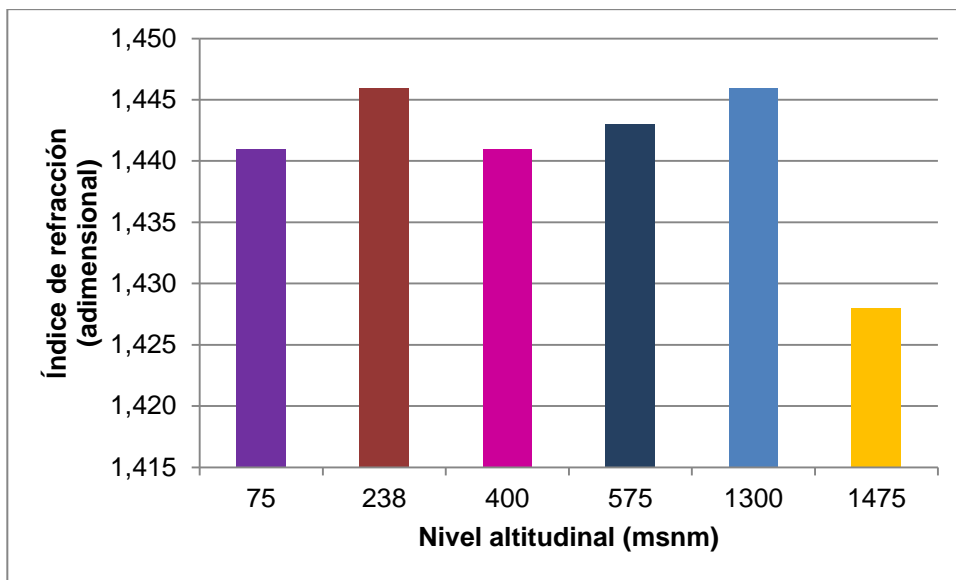
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXX. **Índice de refracción de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Departamento	Municipio	Nivel altitudinal (msnm)	Índice de refracción (adimensional)
Petén	Melchor de Mencos	75	1,441
Alta Verapaz	Santa María Cahabón	238	1,446
Petén	Dolores	400	1,441
Petén	San Luis	575	1,443
Alta Verapaz	San Pedro Carchá	1 300	1,446
Alta Verapaz	Campur	1 475	1,428

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Índice de refracción de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función de los tres niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**



Fuente: elaboración propia.

4.4. **Caracterización de la composición de oleorresina de pimienta gorda para los frutos y las hojas mediante la prueba de cromatografía gaseosa con acoplamiento en espectrometría de masas (GC/MS)**

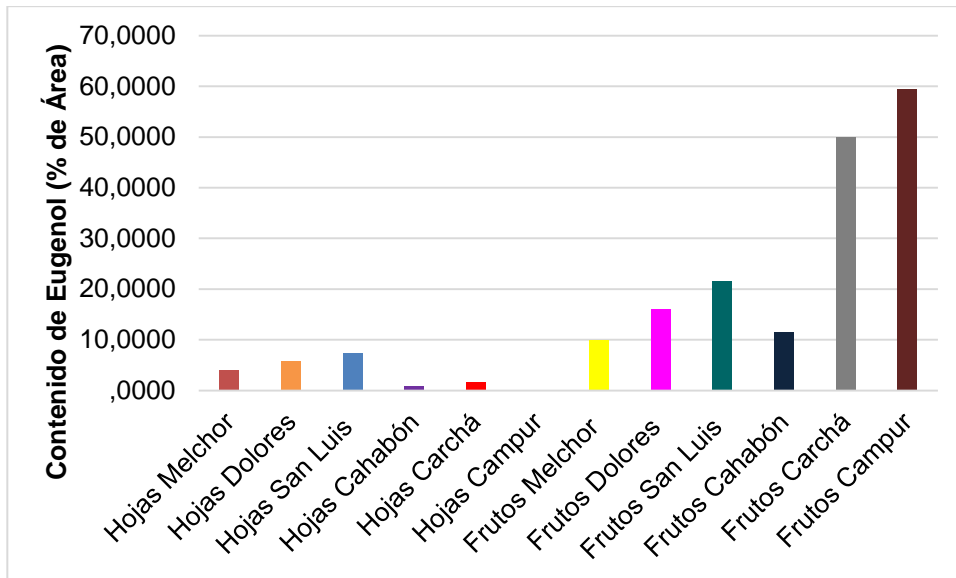
En la siguiente tabla y la figura siguiente, presentan los resultados correspondientes al contenido de eugenol en las hojas y los frutos de oleorresina de la pimienta gorda.

Tabla LXXXI. **Contenido de eugenol en la oleorresina de las hojas y los frutos de pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) respecto a los tres diferentes niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**

Departamento	Municipio	Nivel Altitudinal (msnm)	Parte vegetal	Contenido de eugenol (% de área)
Petén	Melchor de Mencos	75	Hojas	4,040
	Dolores	400		5,830
	San Luis	575		7,400
Alta Verapaz	Santa María Cahabón	238	Hojas	0,840
	San Pedro Carchá	1 300		1,670
	Campur	1 475		0
Petén	Melchor de Mencos	75	Frutos	9,870
	Dolores	400		16,050
	San Luis	575		21,540
Alta Verapaz	Santa María Cahabón	238	Frutos	11,590
	San Pedro Carchá	1 300		49,980
	Campur	1 475		59,530

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Contenido de eugenol en la oleorresina de las hojas y los frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) respecto a los tres diferentes niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz**



Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente trabajo de graduación se realizó la lixiviación de las hojas y los frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) con el objetivo de evaluar el rendimiento extractivo de la oleorresina por el método de maceración dinámica a escala laboratorio. Para llevar a cabo el estudio se recolectó la materia prima de tres diferentes niveles altitudinales de los departamentos de Petén y Alta Verapaz: Melchor de Mencos 75 msnm, Dolores 400 msnm, San Luis 575 msnm, pertenecientes al departamento de Petén; y Santa María Cahabón 238 msnm, San Pedro Carchá 1 300 msnm, Campur 1 475 msnm, pertenecientes al departamento de Alta Verapaz.

Luego de recolectar la materia prima (hojas y frutos), se trasladó al Laboratorio de Extracciones Vegetales, LIEXVE, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en donde se llevó a cabo el proceso de secado; luego, se redujo el tamaño de las partículas con la finalidad de tener un mejor contacto entre los sólidos y el solvente.

El proceso de extracción se llevó a cabo mediante el método de maceración dinámica y consistió en colocar en contacto directo dentro de un beacker 30 g de materia en una relación 1:15 con el solvente, alcohol etílico al 95 %, para luego darle agitación durante 4 horas; posteriormente, se realizó la filtración por un sistema de vacío y para luego obtener la oleorresina por medio de la rotaevaporación del solvente.

El rendimiento extractivo de oleorresina de las hojas de pimienta gorda en función del nivel altitudinal, se puede observar en la tabla LXXIII de la sección de resultados; para determinar el mejor rendimiento extractivo en función del nivel altitudinal se realizó el estudio de análisis de varianza Anova, que se observa en la tabla XL: indica que estadísticamente no existe una diferencia significativa entre grupos puesto el valor-P es mayor a 0,05.

En tabla LXXIV se observan los valores promedio y su desviación estándar del rendimiento extractivo de los frutos; para determinar el rendimiento óptimo de los frutos se realizó un análisis de varianza Anova en donde el valor de la prueba para la razón de coeficiente de Fisher es menor de 0,05 como se observa en la tabla XLII; esto significa que sí existe diferencias significativas entre grupos; con lo cual se realizó la prueba de múltiples rangos donde se analizan las medias que tiene significancia; los resultados obtenidos fueron de $30,314 \pm 1,956$ para los frutos provenientes de Petén, y $36,948 \pm 4,477$ para Alta Verapaz.

De igual forma, se evaluó el rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda en función del nivel altitudinal, resultados presentados en la tabla LXXIV; con análisis de varianza Anova se determinó que sí existen diferencias significativas entre grupos, ya que el valor de prueba para la razón del coeficiente de Fisher es menor a 0,05 como se observa en la tabla L; por tanto, se realizó la prueba de múltiples rangos donde se analiza que medias tienen significancia; según la tabla LI, existe diferencia estadísticamente significativa para los rendimientos obtenidos en las alturas de 75, 238, 400 y 575 msnm respecto a la altitudes de 1 300 y 1 475 msnm. Además, cabe mencionar que también existe diferencia significativa entre los rendimientos obtenidos para las alturas de 1 300 y 1 475 msnm; dio como resultado el mayor rendimiento a la altura

de 1 475 msnm perteneciente al municipio de Campur, Alta Verapaz, con un valor igual a $41,523 \% \pm 2,589$.

Se realizaron análisis fisicoquímicos como la densidad e índice de refracción al extracto de oleorresina de las hojas y los frutos en función de los distintos niveles altitudinales de cada departamento; en la tabla LIII se muestra el resumen estadístico de los datos obtenidos de las densidades de las hojas; se observa que existe diferencia entre los valores promedio; por ello se realizó un análisis de varianza Anova para verificar las diferencias desde el punto de vista estadístico, lo cual se muestra en la LIV; el valor de prueba para la razón de valor de coeficiente de Fisher es menor a 0,05, lo que significa que sí existe diferencia significativa entre grupos; se realizó la prueba de múltiples rangos que se analiza que medias tienen significancia; según la tabla LV, existe diferencia estadísticamente significativa para las densidades de Melchor de Mencos, respecto a San Pedro Carchá, San Luis y Campur. Además, existe diferencia significativa entre Santa María Cahabón, San Luis y Campur.

Al realizar el análisis de los valores de densidad de la oleorresina de los frutos se determinó que sí existe diferencia significativa entre grupos, ya que con el análisis de varianza Anova se determinó que el valor-P es menor a 0,05 como se observa en la tabla LVIII. Existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores obtenidos para la oleorresina obtenida de los frutos provenientes de Melchor de Mencos respecto a Dolores, San Luis, San Pedro Carchá y Campur. También, existe diferencia entre los valores de Santa María Cahabón respecto a los valores de Dolores, San Luis y Campur.

Respecto a los valores de índice de refracción para las hojas y los frutos analizado en función de los distintos niveles altitudinales, se determinó que sí existe diferencia significativa en ambos análisis, ya que el valor-P es menor a

0,05, como se observa en la tabla LXII para las hojas y en la tabla LXVI para los frutos. Luego de determinar que sí existe diferencia significativa entre grupos, se realizó la prueba de múltiples rangos para analizar que medias tienen significancia y según la tabla LXIII indica que existe diferencia significativa de la densidad de las hojas entre los niveles altitudinales de San Pedro Carchá respecto a Santa María Cahabón, Melchor de Mencos, Dolores, San Luis y Campur; según la tabla LXVII, existe diferencia significativa de la densidad de los frutos provenientes de Campur respecto a los frutos provenientes de Melchor de Mencos, Dolores, San Luis, Santa María Cahabón y San Pedro Carchá.

En la tabla LXXXI y en la figura 23 se presentan los resultados sobre el contenido de eugenol encontrado en la oleorresina de las hojas y los frutos de la pimienta gorda respecto a los tres diferentes niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz, obtenidos por medio de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS); como se observa en la figura 17 se obtuvo mayor contenido de eugenol en la oleorresina obtenida de los frutos, teniendo mayor valor para una altura de 1 475 msnm perteneciente al municipio de Campur, con un valor de 59,530 % de área. El contenido de eugenol en hojas de los tres niveles altitudinales fue bajo y cabe mencionar que para la oleorresina de las hojas del nivel de 1 475 msnm no se presentó dicho activo.

A su vez se realizó un análisis estadístico de varianza Anova con el que se determinó que sí existe una diferencia estadísticamente significativa entre grupos sobre el contenido de eugenol de hojas y frutos, ya que el valor-P de Fisher es igual a 0,018, se comprueba que existe un mayor contenido de eugenol en la oleorresina de frutos.

Por medio de la cromatografía gaseosa con acoplamiento en espectrometría de masas (GC/MS), se logró encontrar que en pequeñas cantidades existen diferentes formas de eugenol: tales como trans eugenol, cis eugenol, isoeugenol, meta eugenol, metil eugenol (éter metílico de eugenol) y metoxieugenol.

El isoeugenol es un fenilpropeno que se produce de los aceites esenciales de plantas, el cual se puede sintetizar a partir del eugenol; puede aparecer en que el régimen del isómero cis (*Z*) o trans (*E*). Trans (*E*) isoeugenol es cristalino mientras cis (*Z*) isoeugenol es un líquido.

Por otro lado, tanto en las extracciones de oleorresina de la pimienta gorda de las hojas y los frutos provenientes de Dolores y San Luis, Petén, se encuentra presente el ácido palmítico, el cual es considerado un ácido graso de cadena larga con 16 átomos de carbono.

CONCLUSIONES

1. No existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento extractivo de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) en función del área de cultivo.
2. Sí existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) en función del área de cultivo; con un un rendimiento de $30,314 \pm 1,956$ para el departamento de Petén y $36,948 \pm 4,477$ para el departamento de Alta Verapaz.
3. No existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento extractivo de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) analizado en función del nivel altitudinal.
4. Sí existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento extractivo de oleorresina de los frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) analizado en función del nivel altitudinal; el rendimiento más alto obtenido de materia prima es proveniente de la altitud de 1 475 msnm, perteneciente al municipio de Campur, Alta Verapaz, respecto al resto de altitudes analizadas.
5. Sí existe diferencia significativa al evaluar las propiedades fisicoquímicas: densidad e índice de refracción de la oleorresina de la pimienta gorda, (*Pimenta dioica* (L.) Merrill) en función de los niveles altitudinales de Petén y Alta Verapaz.

6. Si existe diferencia significativa al evaluar la cantidad de activo, eugenol, presente en la oleorresina de las hojas y los frutos; tiene un mayor contenido para la oleorresina de frutos, provenientes de la altitud de 1 475 msnm, perteneciente a Campur, Alta Verapaz.
7. Por medio de la cromatografía gaseosa con acoplamiento en espectrometría de masas (GC/MS) realizada a la extracción de oleorresina de la pimienta gorda se presentó el componente principal eugenol y además se presentó en su forma cis y trans. A su vez, se presentó en una pequeña cantidad iso eugenol, meta eugenol y metil eugenol.
8. Se presentó el ácido palmítico, el cual es considerado un ácido graso de cadena larga conformado por 16 átomos de carbono, en la oleorresina de la pimienta gorda proveniente de las hojas y frutos de los municipios de Dolores y San Luis, del departamento de Petén.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de extracción de la oleorresina de la pimienta gorda con materia prima proveniente de otras regiones.
2. Efectuar la extracción de la oleorresina de la pimienta gorda con otro solvente para evaluar el rendimiento extractivo y los componentes químicos extraídos.
3. Llevar a cabo la extracción de la oleorresina de la pimienta gorda a diferentes tiempos de extracción para evaluar el rendimiento extractivo.
4. Evaluar el rendimiento extractivo de la oleorresina de la pimienta gorda utilizando el método de maceración estática y maceración dinámica uno a continuación de otro a escala laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGEXPORT. *Fichas técnicas regionales de productos agroindustriales para asistencia técnica a pynes*. [en línea]. <www.export.com.gt>. [Consulta: 08 de octubre de 2015].
2. Botanical online. *Pimienta de Jamaica: características de la pimienta de Jamaica*. [en línea]. <http://www.botanical-online.com/pimienta_de_jamaica_planta.htm>. [Consulta: 24 de septiembre de 2015].
3. CANO MORALES, Telma Maricela. *Determinación de la calidad del aceite esencial y oleorresina obtenidos de 3 especies vegetales nativas a nivel planta piloto. Proyecto FODECYT No.111-2006*. México: CONCYT, 2009. 293 p.
4. _____. *Obtención y caracterización del aceite esencial y oleorresina de la pimienta negra (piper nigrum l.) cultivada en Guatemala, una alternativa de desarrollo agroindustrial para el agricultor guatemalteco*. Guatemala: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), Universidad de San Carlos de Guatemala, Proyecto DIGI, 2002. 69 p.
5. Consultores para el Desarrollo Rural Sostenible. (CODERSA). *Caracterización general del recurso forestal no maderable Pimienta (Pimenta dioica)*. [en línea]. <<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Caracterizacion%20General>>

%20del%20Recurso%20Forestal%20No%20Maderable%20Pimie
nta%20-Diodica%20(1).pdf>. [Consulta: 25 de septiembre de
2015].

6. Depósito de documentos de la FAO. *Evaluación de los productos forestales no madereros en Guatemala*. [en línea]. <<http://www.fao.org/docrep/007/ae159s/ae159s06.htm>>. [Consulta: 10 de octubre de 2015].
7. GEANKOPLIS, Christie. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. 3a ed. México: CECSA, 1998. 392 p.
8. GREEN, Aliza. *El libro de las especias, hierbas aromáticas y especias*. España: Robinbook, 2007. 299 p.
9. Gobierno Federal de México, Institución Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). *Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región sur –sureste de México: trópico húmedo 2011: paquete tecnológico pimienta gorda (Pimienta dioica L. Merrill)*. [en línea]. <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/pimienta_gorda.pdf>. [Consulta: 2 de octubre de 2015].
10. JHONSON, Carl R.; PASTO Daniel J. *Determinación de estructuras orgánicas*. España: Reverté, S.A., 2003. 283 p.
11. LÓPEZ LOBOS, Anabella. *Estudios de factibilidad de una planta de extracción de aceite esencial y oleorresina de pimienta gorda,*

pimienta dioica. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Facultad de Agronomía, 2003. 114 p.

12. MACÍA BARCO, Manuel Juan. *La pimienta de Jamaica (Pimienta dioica L. Merill, Myrtaceae) en la sierra norte de Puebla*. México: Dialnet, 1998. 13 p.
13. METCALFE COULSON, John. *Ingeniería química*. 3a ed. España: Reverté, S.A., 2003. 193 p.
14. PONS RIBÉ, Josep. *Estudio de los parámetros para la determinación de los compuestos orgánicos volátiles de la oleoresina de pimentón*. España: Universidad Politécnica de Catalunya, 1934. 116 p.
15. RIVERA DE LEÓN, Servando. *Algunas recomendaciones para el cultivo de la pimienta gorda*. Guatemala: Estación de Fomento los Brillantes. 1976. 38 p.
16. SAGASTUME ORELLANA, Edwin. *Situación actual del cultivo de pimienta gorda (Pimienta Officinallis) en el departamento de Alta Verapaz*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1979. 291 p.

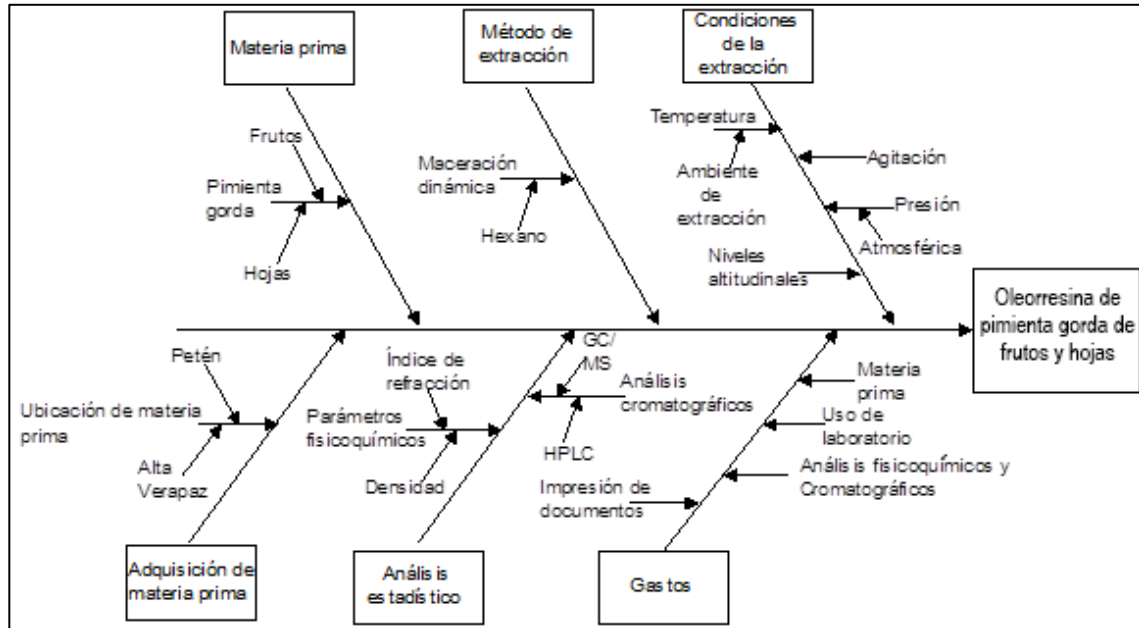
APÉNDICES

Apéndice 1. **Tabla descriptiva**

Área	Curso	Tema
Química	Química 3 y 4	Soluciones
	Análisis cuantitativo	Errores de medición
	Microbiología	Control microbiológico
Operaciones unitarias	Transferencia de masa IQ-4	Destilación, secado
	Operaciones unitarias complementarias IQ-6	Manejo de sólidos
Fisicoquímica	Termodinámica 3	Leyes de la termodinámica
	Termodinámica 4	Equilibrio químico
Especialización	Tecnología de los alimentos	Inocuidad
	Extracciones industriales	Extracción de oleoresina Método de extracción sólido-líquido
Área de ciencias básicas y complementarias	Técnicas de estudio e investigación	Método de investigación
	Ingeniería económica	Presupuesto
	Estadística 1	Análisis de datos

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Método de maceración dinámica para la extracción de oleoresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merril) a escala laboratorio



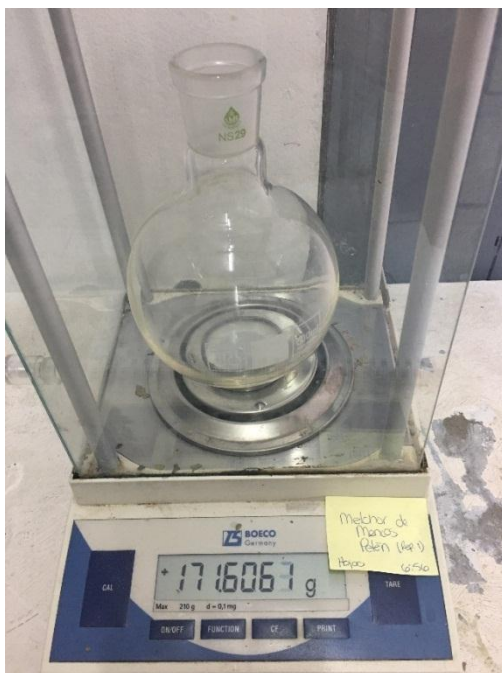
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Filtración al vacío de oleorresina de hojas y frutos de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill)**

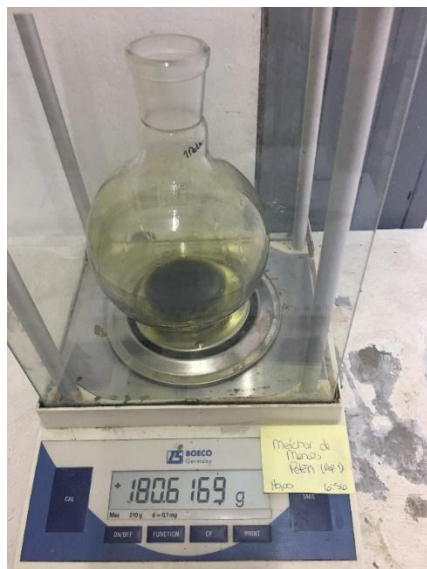


Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Extracción de oleorresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill)**



Continuación del apéndice 5.

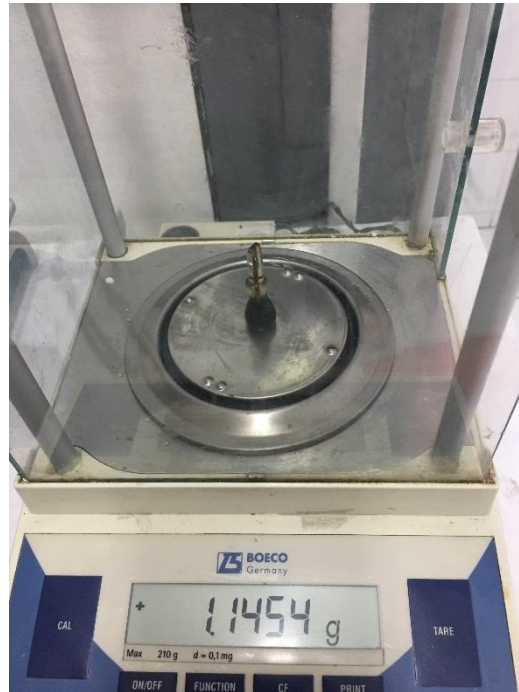


Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Caracterización fisicoquímica de oleoresina de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merrill)**



Continuación del apéndice 6.

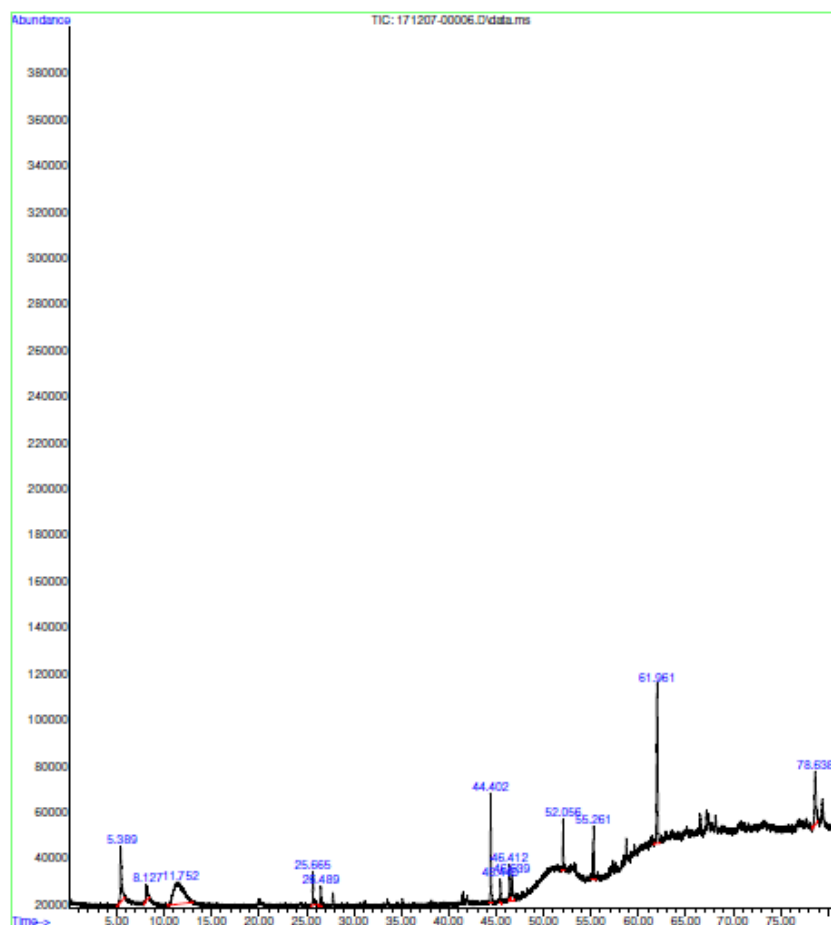


Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. **Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas GC/MS para el extracto de oleoresina de las hojas de la pimienta gorda provenientes de Melchor de Mencos, Petén**

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta gorda 2\171207-00006.D
...
Operator : AdaM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 8 Dec 2017 12:06 using AcqMethod ACRITES ESENCIALES MCS DB-WAX SCAN 2.M
Sample Name: Oleoresina pimienta gorda
Misc Info : 1:15 4 hr repeticion 1 Melchor de mencos hoja



Continuación del anexo 1.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
 Data File : 171207-00006.D
 Title :
 Acq On : 8 Dec 2017 12:06
 Operator : AdeM
 Sample : Oleoresina pimienta qorda
 Misc : 1:15 4 hr repetición 1 Malchor da mancos hoja
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	5.387	9.67	C:\Database\NIST05a.L Carbon dioxide Carbon dioxide Ethyne, fluoro-	81 80 76	000124-38-9 000124-38-9 002713-09-9	3 3 3
2	8.129	3.00	C:\Database\NIST05a.L Ethyl alcohol Ethyl alcohol Ethyl alcohol	95 94 93	000064-17-5 000064-17-5 000064-17-5	72 72 64
3	11.750	24.65	C:\Database\NIST05a.L Ammonia Water	6 7	007664-41-7 007732-18-5	2 1
4	25.664	3.44	C:\Database\NIST05a.L Acetic acid Acetic acid Acetic acid	258 254 256	000064-19-7 000064-19-7 000064-19-7	86 80 78
5	26.488	1.80	C:\Database\NIST05a.L 2(1H)-Pyridinone 2(1H)-Pyridinone 1H-Pyrazole-4-carboxylic acid	2609 2608 6061	000142-08-5 000142-08-5 1000316-44-9	47 30 9
6	44.400	9.46	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.1]heptane, 2,6,6-trimethyl-, (1.alpha.,2.beta.,5.alpha.) Bicyclo[3.1.1]heptane, 2,6,6-trimethyl- 11-Dodecanol	16444 16398 45968	006876-13-7 000473-55-2 035289-31-7	70 58 38
7	45.442	1.74	C:\Database\NIST05a.L 1,13-Tetradecadiene Dodeca-1,6-dien-12-ol, 6,10-dimethyl- Cyclohexanol, 1-ethynyl-	52920 64394 10171	021964-49-8 1000156-13-8 000078-27-3	47 47 35
8	46.411	2.66	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexanol, 1-ethynyl- 7-Heptadecyne, 1-chloro- Cycloheptanemethanol	10169 105607 12094	000078-27-3 056554-74-6 004448-75-3	52 43 38
9	46.638	3.75	C:\Database\NIST05a.L Phenol Carbamic acid, methyl-, phenyl ester or Vinylfuran	2531 23877 2534	000108-95-2 001943-79-9 001487-18-9	52 45 40
10	52.056	4.04	C:\Database\NIST05a.L Phenol, 2-methoxy-3-(2-propenyl)- Eugenol Eugenol	31835 31717 31715	001941-12-4 000097-53-0 000097-53-0	91 91 90
11	55.262	7.08	C:\Database\NIST05a.L 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl- 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-	19887 19886	028564-83-2 028564-83-2	52 47

Chinner.M Thu Dec 14 14:21:15 2017 Page: 1

Continuación del anexo 1.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
 Data File : 171207-00006.D
 Title :
 Acq On : 8 Dec 2017 12:06
 Operator : AdaM
 Sample : Oleoresina pimienta qorda
 Misc : 1:15 4 hr repetición 1 Malchor de mocos hoja
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

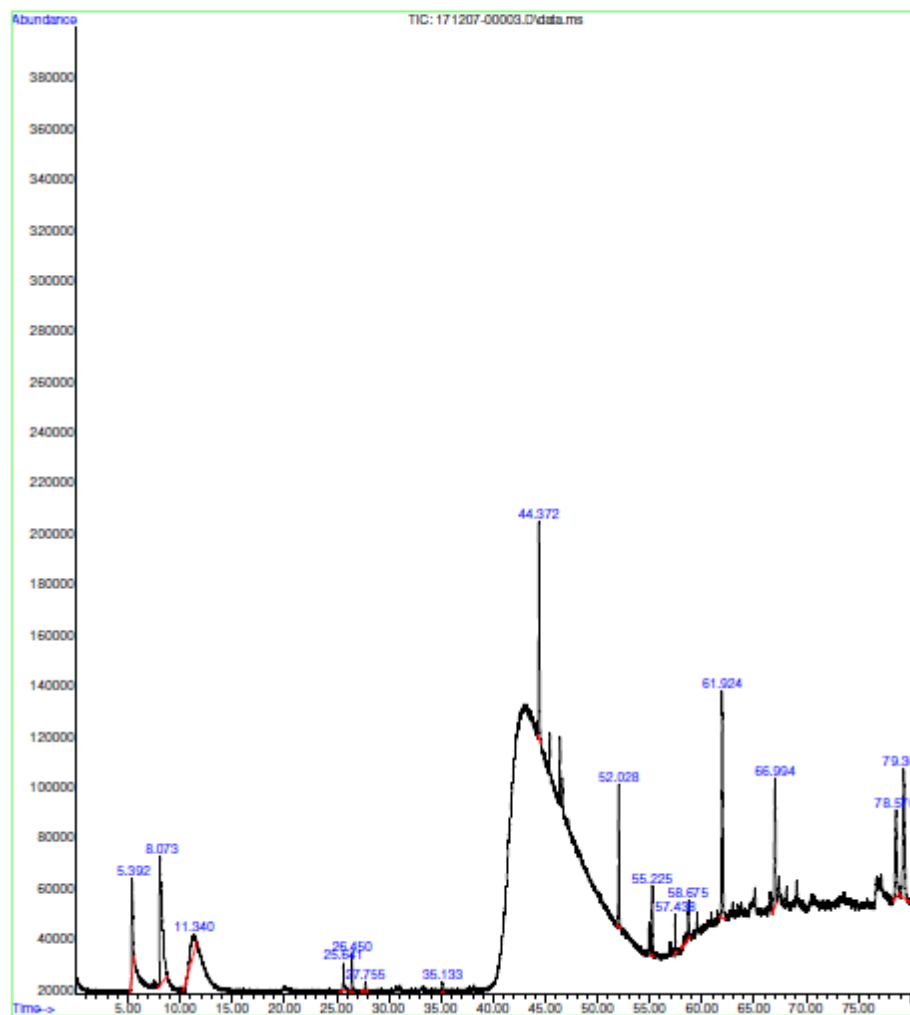
PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			hydroxy-6-methyl-15-Crown-5	70736	033100-27-5	38
12	61.963	19.85	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)-	10777	000067-47-0	83
			2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)-	10778	000067-47-0	83
			Thiophene, 2-propyl-	10870	001551-27-5	53
13	78.638	8.86	C:\Database\NIST05a.L			
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100938	017455-13-9	58
			Hexaethylene glycol monododecyl ether	179948	003055-96-7	58
			Octaethylene glycol	161142	1000289-34-2	58

Thinner.M Thu Dec 14 14:21:15 2017 Page: 2

Fuente: CIB/Departamento de Química, LIQA/UVG. Fecha: 20 de septiembre de 2018.

Anexo 2. **Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas GC/MS para el extracto de oleoresina de las hojas de la pimienta gorda provenientes de Dolores, Petén**

File :C:\msdchan\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta gorda 2\17120
... 7-00003.D
Operator : AdaM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 7 Dec 2017 13:40 using AcqMethod ACRITES ESENCIALES MCS DB-WAX SCAN 2.M
Sample Name: Oleoresina pimienta gorda
Misc Info : 1:15 4 hr repeticion 1 dolores hoja



Continuación del anexo 2.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
 Data File : 171207-00003.D
 Title :
 Acq On : 7 Dec 2017 13:40
 Operator : AdeM
 Sample : Oleoresina pimienta qorda
 Misc : 1:15 4 hr repeticion 1 dolores hoja
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	5.391	5.80	C:\Database\NIST05a.L			
			Carbon dioxide	80	000124-38-9	4
			Carbon dioxide	81	000124-38-9	3
			Nitrous Oxide	83	010024-97-2	3
2	8.075	19.08	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
3	11.341	4.91	C:\Database\NIST05a.L			
			Ammonia	6	007664-41-7	3
			Water	7	007732-18-5	1
4	25.642	1.53	C:\Database\NIST05a.L			
			Acetic acid	258	000064-19-7	86
			Acetic acid	255	000064-19-7	80
5	26.451	1.72	C:\Database\NIST05a.L			
			Furfural	2674	000098-01-1	86
			Furfural	2677	000098-01-1	83
6	27.757	0.41	C:\Database\NIST05a.L			
			Formic acid	99	000064-18-6	78
			Ethane, fluoro-	92	000075-02-5	9
7	35.135	0.38	C:\Database\NIST05a.L			
			Hydrazine, methyl-	103	000060-34-4	9
			Methylphosphonyldifluoride	3915	000676-99-3	9
8	44.373	9.20	C:\Database\NIST05a.L			
			Macrylate	5904	000137-05-3	9
			Hexanoic acid, 6-amino-6-oxo-	20523	000334-25-8	9
9	52.028	5.83	C:\Database\NIST05a.L			
			Propylene Glycol	916	000057-55-6	55
			Propylene Glycol	915	000057-55-6	55
10	55.226	3.78	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Pentanol, 3-methyl-	4351	000565-60-6	47
			Phenol, 2-methoxy-3-(2-propenyl)-	31835	001941-12-4	98
11	57.437	1.58	C:\Database\NIST05a.L			
			Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (E)-	31714	000097-53-0	98
			Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (Z)-	31881	005912-86-7	97
10	55.226	3.78	C:\Database\NIST05a.L			
			4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-di	19887	028564-83-2	52
			hydroxy-6-methyl-	19886	028564-83-2	47
10	55.226	3.78	C:\Database\NIST05a.L			
			4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-di	19886	028564-83-2	47
			hydroxy-6-methyl-	19886	028564-83-2	47
11	57.437	1.58	C:\Database\NIST05a.L			
			Butane, 1-(1-methylethoxy)-	8163	001860-27-1	43
			Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (E)-	31883	005932-68-3	95
11	57.437	1.58	C:\Database\NIST05a.L			
			Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (Z)-	31881	005912-86-7	95
			Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (Z)-	31881	005912-86-7	95

Continuación del anexo 2.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
 Data File : 171207-00003.D
 Title :
 Acq On : 7 Dec 2017 13:40
 Operator : Adem
 Sample : Oleoresina pimienta qorda
 Misc : 1:15 4 hr repeticion 1 dolores hoja
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

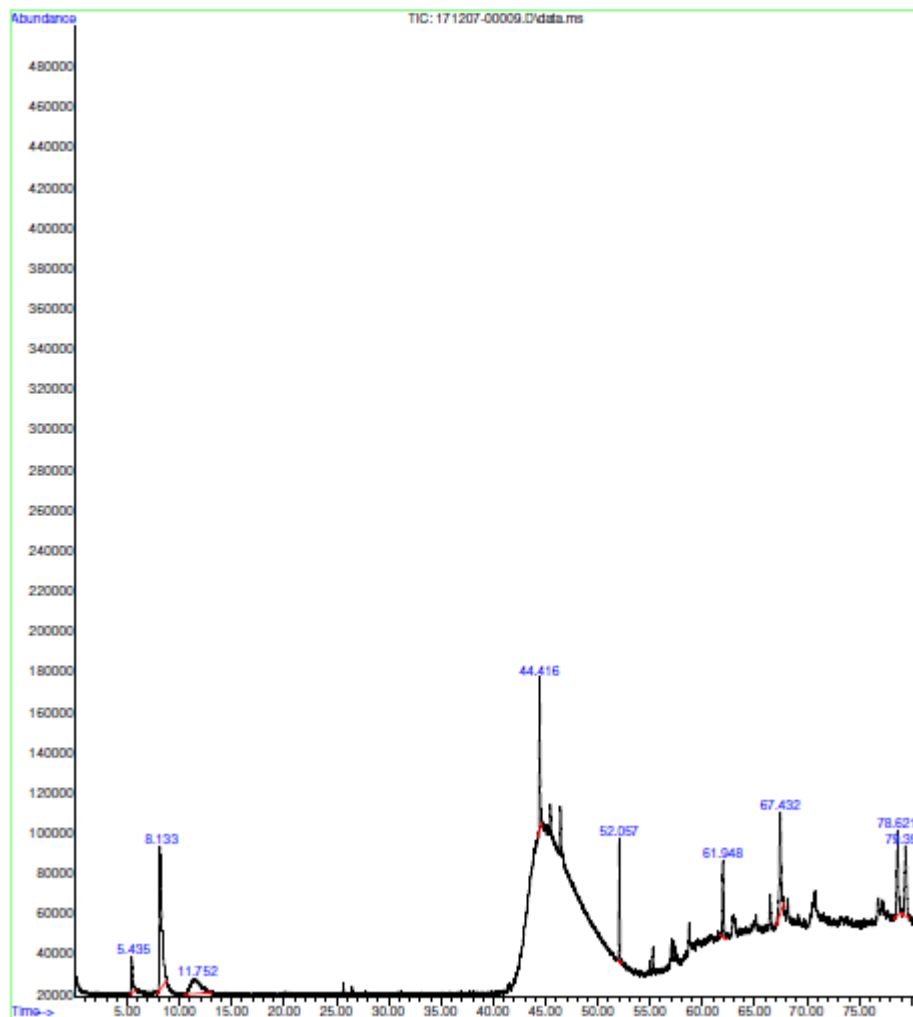
Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-	31847	000097-54-1	80
12	58.674	2.91	C:\Database\NIST05a.L 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec ane	100942	017455-13-9	43
			1,1-Dimethyl-1-silacyclo-2,4-hexad icane	10062	052023-18-4	38
			2-Cyclopenten-1-one, 3,4,5-trimeth yl-	10239	055683-21-1	30
13	61.922	14.14	C:\Database\NIST05a.L 4-Mercaptophenol	10783	000637-89-8	64
			2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxym ethyl)-	10778	000067-47-0	60
			2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxym ethyl)-	10777	000067-47-0	60
14	66.993	7.50	C:\Database\NIST05a.L 4-Amino-2,3-xyleneol	16147	003096-69-3	49
			Homovanillyl alcohol	35472	002380-78-1	47
			Phenol, 3-(dimethylamino)-	16181	000099-07-0	43
15	78.570	8.07	C:\Database\NIST05a.L n-Hexadecanoic acid	96235	000057-10-3	94
			n-Hexadecanoic acid	96233	000057-10-3	49
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec ane	100938	017455-13-9	49
16	79.306	13.18	C:\Database\NIST05a.L Methoxyacetic acid, 2-tridacyl est er	106883	1000282-04-5	68
			Tetratetracontane	188836	007098-22-8	50
			Heptacosane	165300	000593-49-7	50

Anexo 3. **Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas GC/MS para el extracto de oleoresina de las hojas de la pimienta gorda provenientes de San Luis, Petén**

File :C:\msdchan\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta gorda 2\17120
... 7-00009.D
Operator : AdaM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 11 Dec 2017 15:25 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES MCS DB-WAX SCAN 2.M
Sample Name: Oleoresina pimienta gorda
Misc Info : 1:15 4 hr repeticion 1 San Luis hoja



Continuación del anexo 3.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
 Data File : 171207-00009.D
 Title :
 Acq On : 11 Dec 2017 15:25
 Operator : AdaM
 Sample : Oleorresina pimienta qorda
 Misc : 1:15 4 hr repetition 1 San Luis hoja
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

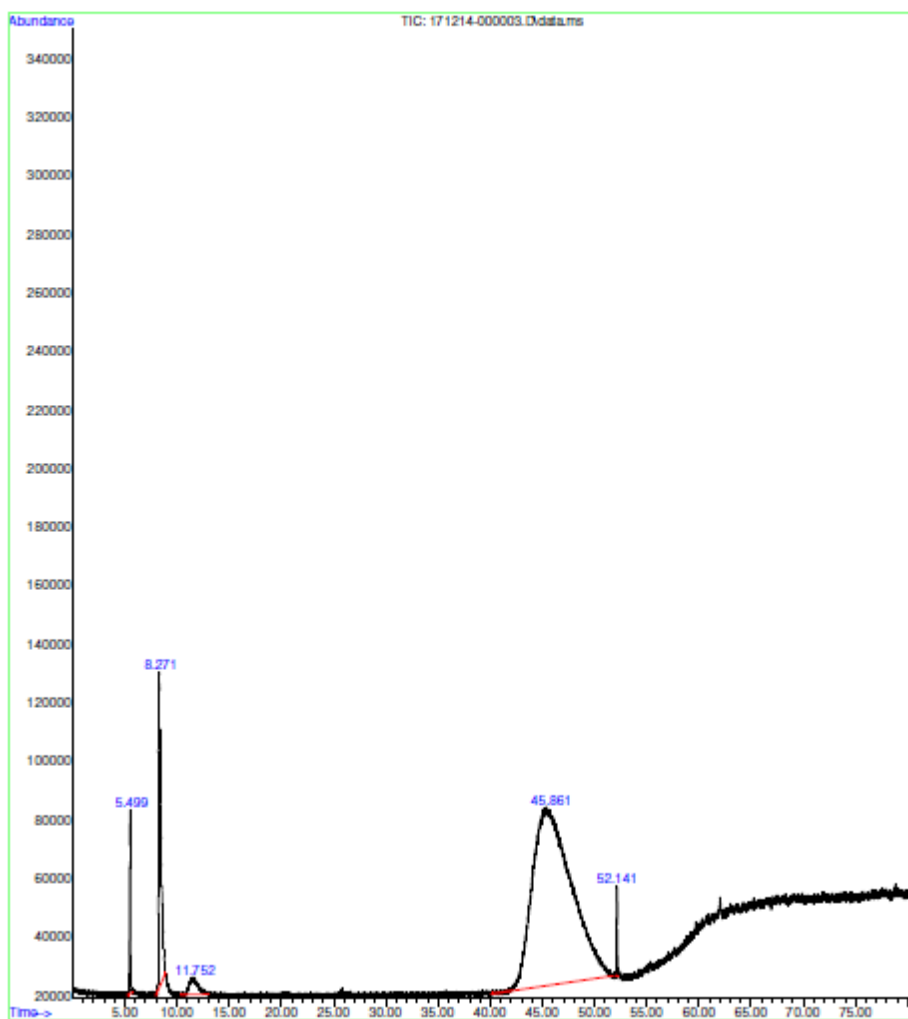
Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - autoint1.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	5.437	3.86	C:\Database\NIST05a.L			
			Carbon dioxide	81	000124-38-9	3
			Carbon dioxide	80	000124-38-9	3
			Ethyne, fluoro-	76	002713-09-9	3
2	8.134	26.07	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	50
3	11.750	11.13	C:\Database\NIST05a.L			
			Ammonia	6	007664-41-7	2
			Water	7	007732-18-5	1
4	44.419	10.47	C:\Database\NIST05a.L			
			Propylene Glycol	915	000057-55-6	60
			Propylene Glycol	916	000057-55-6	60
			2-Undecanol	37778	001653-30-1	53
5	52.056	7.40	C:\Database\NIST05a.L			
			Eugenol	31714	000097-53-0	98
			3-Allyl-6-methoxyphenol	31757	000501-19-9	96
			Phenol, 2-methoxy-6-(1-propenyl)-, (E)-	31883	005932-68-3	96
6	61.949	6.85	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)-	10777	000067-47-0	80
			2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)-	10778	000067-47-0	49
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100938	017455-13-9	42
7	67.430	13.27	C:\Database\NIST05a.L			
			Octadecanoic acid	114822	000057-11-4	95
			Octadecanoic acid	114820	000057-11-4	64
			Octadecanoic acid	114821	000057-11-4	64
8	78.620	10.80	C:\Database\NIST05a.L			
			n-Hexadecanoic acid	96234	000057-10-3	86
			n-Hexadecanoic acid	96235	000057-10-3	74
			n-Hexadecanoic acid	96233	000057-10-3	47
9	79.398	10.15	C:\Database\NIST05a.L			
			Methoxyacetic acid, 3-tetradecyl ester	116041	1000282-04-9	62
			Methoxyacetic acid, 2-tetradecyl ester	116043	1000282-04-8	62
			Methoxyacetic acid, 4-tetradecyl ester	116042	1000282-05-0	58

Fuente: Instituto de Investigaciones, CIB/Departamento de Química, LIQA/UVG. Fecha: 23 de septiembre de 2018.

Anexo 4. **Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas GC/MS para el extracto de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda proveniente de Santa María Cahabón, Alta Verapaz**

```
File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta gorda 2\17121
... 4-000003.D
Operator : AdaM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 14 Dec 2017 17:50 using AcqMethod ACRITES ESENCIALES MCS DB-WAX SCAN 2.M
Sample Name: 115 4 hr rep 1
Misc Info : Cahabon Hojas
```



Continuación del anexo 4.

```

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
Data File : 171214-000003.D
Title :
Acq On : 14 Dec 2017 17:50
Operator : AdaM
Sample : 115 4 hr rep 1
Misc : Cahabon Hojas
ALS Vial : 3 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0
Unknown Spectrum: Apex
Integration Events: ChemStation Integrator - autoint1.e

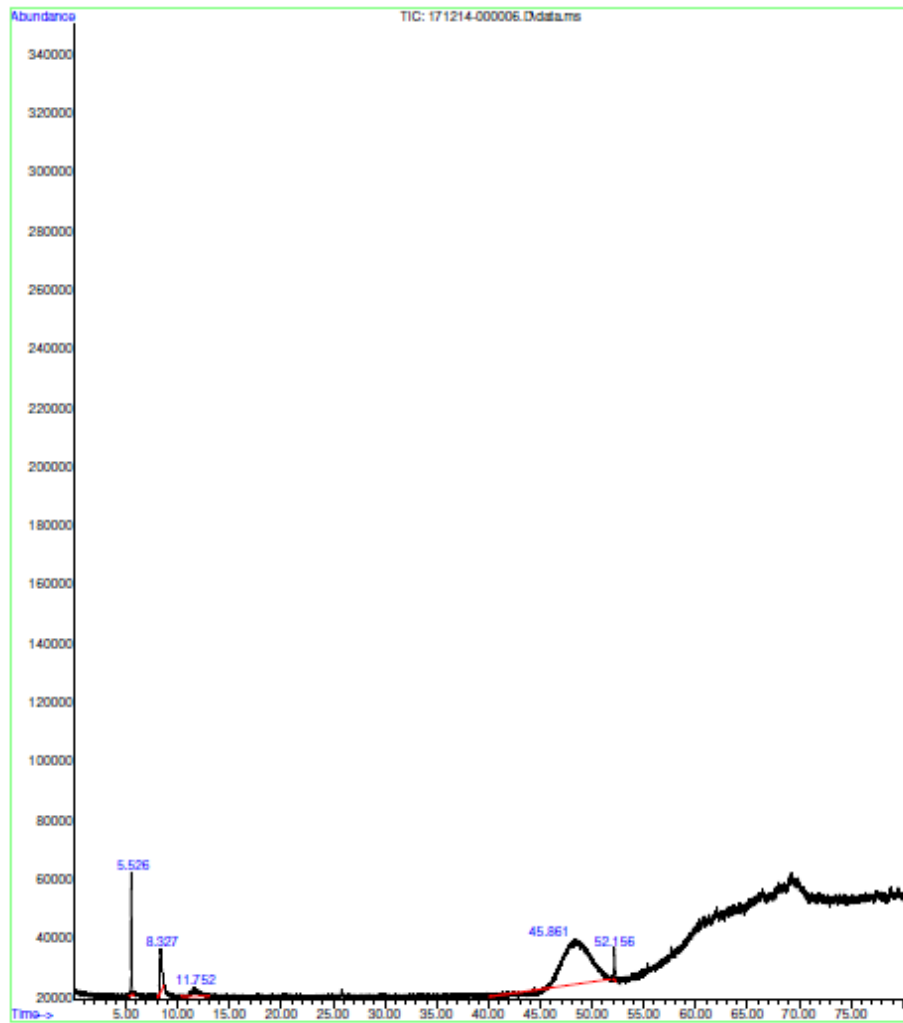
```

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	5.500	1.39	C:\Database\NIST05a.L			
			Nitrous Oxide	83	010024-97-2	2
			Nitrous Oxide	82	010024-97-2	2
			Carbon dioxide	81	000124-38-9	2
2	8.270	9.39	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	90
3	11.750	1.74	C:\Database\NIST05a.L			
			Water	7	007732-18-5	1
4	45.860	86.64	C:\Database\NIST05a.L			
			Propylene Glycol	916	000057-55-6	91
			Propylene Glycol	915	000057-55-6	91
			(S)-(+)-1,2-Propanediol	928	004254-15-3	83
5	52.142	0.84	C:\Database\NIST05a.L			
			Eugenol	31714	000097-53-0	98
			Eugenol	31716	000097-53-0	96
			Eugenol	31715	000097-53-0	95

Fuente: Instituto de Investigaciones, CIB/Departamento de Química, LIQA/UVG. Fecha: 23 de septiembre de 2018.

Anexo 5. **Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas GC/MS para el extracto de oleorresina de las hojas de la pimienta gorda provenientes de San Pedro Carchá, Alta Verapaz**

```
File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta gorda 2\17121
... 4-000006.D
Operator : AdaM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 14 Dec 2017 22:12 using AcqMethod ACRITES ESENCIALES MCS DB-WAX SCAN 2.M
Sample Name: 115 4 hr rep 1
Misc Info : San Pedro Carcha Hojas
```



Continuación del anexo 5.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
 Data File : 171214-000006.D
 Title :
 Acq On : 14 Dec 2017 22:12
 Operator : AdaM
 Sample : 115 4 hr rep 1
 Misc : San Pedro Carcha Hojas
 ALS Vial : 6 Sample Multiplier: 1

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

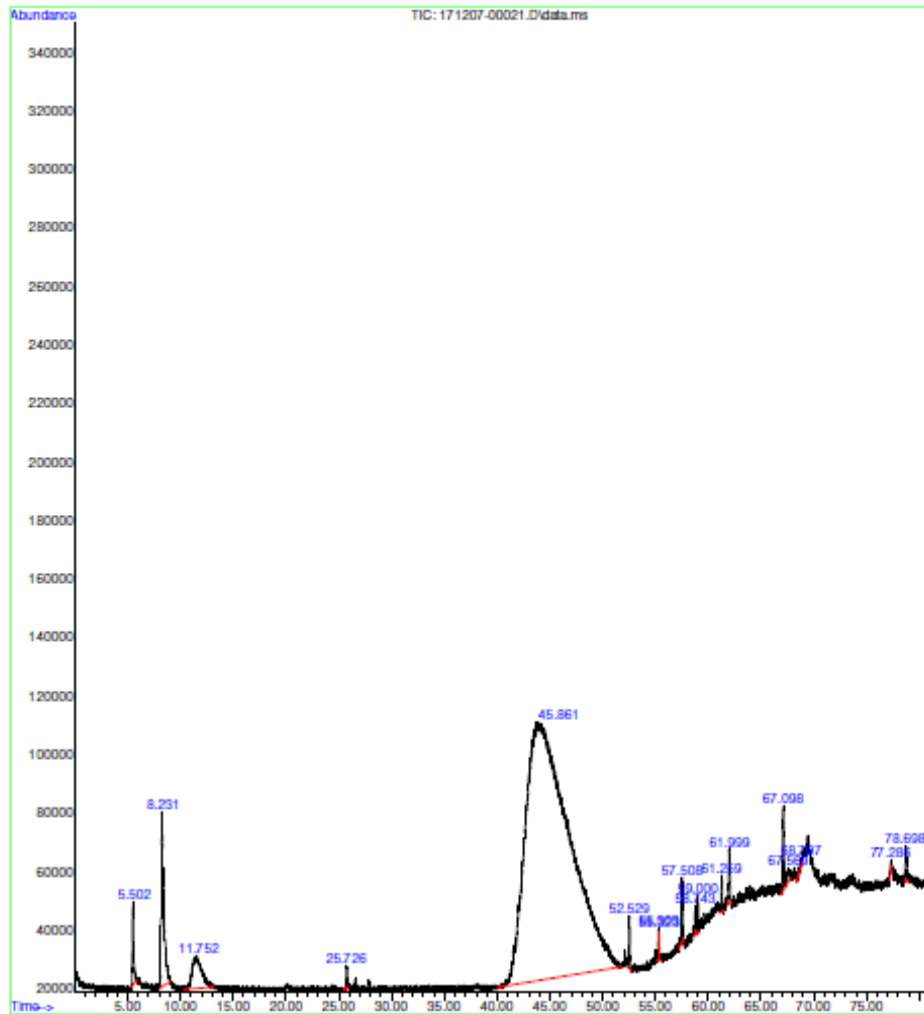
Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - autoint1.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	5.527	5.30	C:\Database\NIST05a.L			
			Nitrous Oxide	83	010024-97-2	2
			Nitrous Oxide	82	010024-97-2	2
			Carbon dioxide	81	000124-38-9	2
2	8.329	6.81	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	86
			Ethyl alcohol	94	000064-17-5	86
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	80
3	11.750	3.98	C:\Database\NIST05a.L			
			Water	7	007732-18-5	1
4	45.860	82.23	C:\Database\NIST05a.L			
			Formamide	89	000075-12-7	59
			Ethanol, 2-[2-(2-propenyloxy)ethoxy]-	21130	015075-50-0	36
			Triethylene glycol	23194	000112-27-6	9
5	52.156	1.67	C:\Database\NIST05a.L			
			Eugenol	31714	000097-53-0	93
			Eugenol	31715	000097-53-0	91
			3-Allyl-6-methoxyphenol	31757	000501-19-9	64

Fuente: Instituto de Investigaciones, CIB/Departamento de Química, LIQA/UVG. Fecha: 23 de septiembre de 2018.

Anexo 6. **Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas GC/MS para el extracto de oleoresina de las hojas de la pimienta gorda provenientes de Campur, Alta Verapaz**

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta gorda 2\17120
... 7-00021.D
Operator : AdaM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 14 Dec 2017 13:28 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES MCS DB-WAX SCAN 2.M
Sample Name: Oleoresina pimienta gorda
Misc Info : 1:15 4hr repeticion 1 Campur Hoja



Continuación del anexo 6.

APEX LIBRARY SEARCH REPORT

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
 Data File : 171207-00021.D
 Title :
 Acq On : 14 Dec 2017 13:28
 Operator : AdaM
 Sample : Oleoresina pimienta qorda
 Misc : 1:15 4hr repeticion 1 Campur Hoja
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0
 Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - autoint1.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	5.500	0.70	C:\Database\NIST05a.L Carbon dioxide Carbon dioxide Ethyne, fluoro-	81 80 76	000124-38-9 000124-38-9 002713-09-9	3 3 3
2	8.229	3.58	C:\Database\NIST05a.L Ethyl alcohol Ethyl alcohol Ethyl alcohol	95 94 93	000064-17-5 000064-17-5 000064-17-5	91 91 83
3	11.750	2.41	C:\Database\NIST05a.L Ammonia Water	6 7	007664-41-7 007732-18-5	2 1
4	25.728	0.16	C:\Database\NIST05a.L Acetic acid Acetic acid Acetic acid	254 258 256	000064-19-7 000064-19-7 000064-19-7	80 72 72
5	45.860	89.55	C:\Database\NIST05a.L Propylene Glycol Propylene Glycol (S)-(+)-1,2-Propanediol	915 916 928	000057-55-6 000057-55-6 004254-15-3	91 91 78
6	52.529	0.30	C:\Database\NIST05a.L Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(1-propenyl)- Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(1-propenyl)- Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(1-propenyl)-	41489 41485 41491	000093-16-3 000093-16-3 000093-16-3	86 70 58
7	55.303	0.13	C:\Database\NIST05a.L 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl- Tetraethylene glycol diethyl ether Ethanol, 2-[2-(2-ethoxyethoxy)ethoxy]-	19886 91720 42059	028564-83-2 004353-28-0 000112-50-5	43 43 43
8	55.321	0.11	C:\Database\NIST05a.L Ethanol, 2-[2-(2-ethoxyethoxy)ethoxy]- Ethanol, 2-[2-(2-ethoxyethoxy)ethoxy]- 12-Crown-4	42057 42058 40670	000112-50-5 000112-50-5 000294-93-9	38 38 35
9	57.509	0.48	C:\Database\NIST05a.L Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (Z)- Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (E)- Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-	31881 31883 31833	005912-86-7 005932-68-3 000097-54-1	97 97 95
10	58.742	0.19	C:\Database\NIST05a.L 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane 15-Crown-5	100938 70735	017455-13-9 033100-27-5	46 46

Continuación del anexo 6.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
 Data File : 171207-00021.D
 Title :
 Acq On : 14 Dec 2017 13:28
 Operator : Adem
 Sample : Oleoresina pimienta qorda
 Misc : 1:15 4hr repeticion 1 Campur Hoja
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

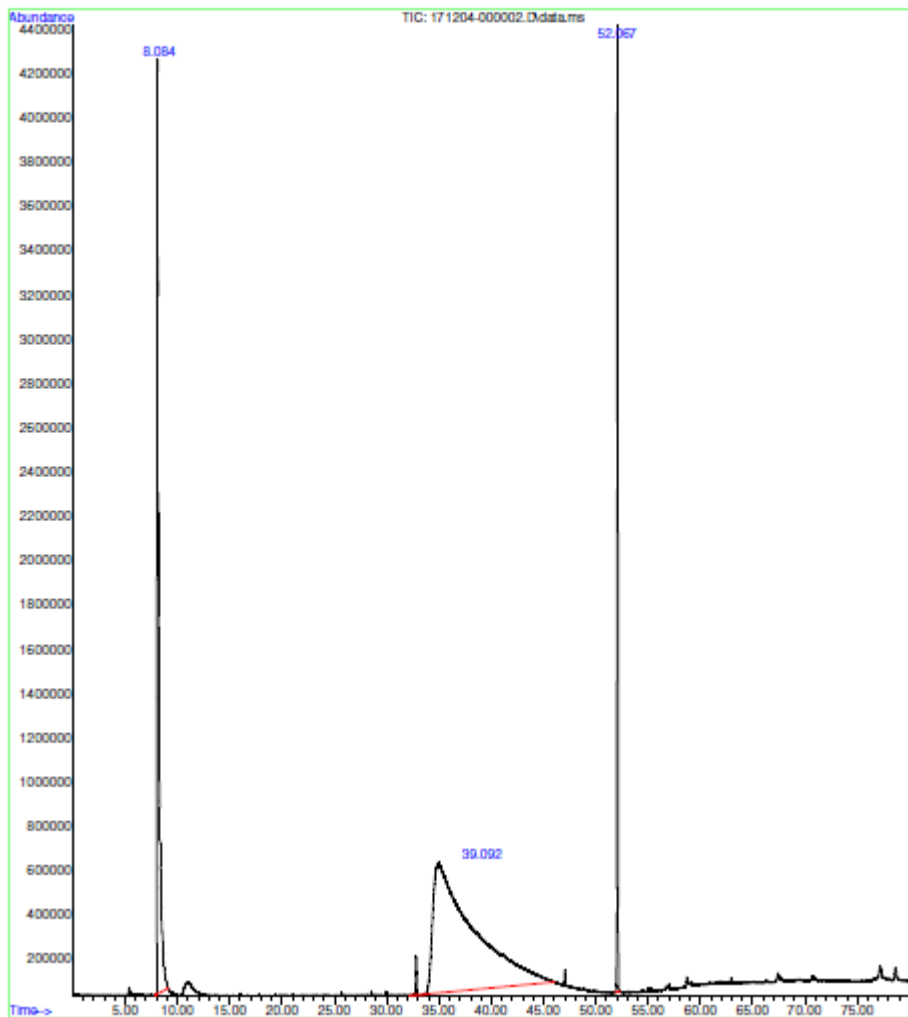
Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - autoint1.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100942	017455-13-9	46
11	59.001	0.22	C:\Database\NIST05a.L 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100938	017455-13-9	43
			Pentaethylene glycol	83340	004792-15-8	43
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100941	017455-13-9	43
12	61.257	0.28	C:\Database\NIST05a.L 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100938	017455-13-9	43
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100940	017455-13-9	43
			Octaethylene glycol monododecyl ether	186450	003055-98-9	43
13	61.999	0.49	C:\Database\NIST05a.L 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100938	017455-13-9	53
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100942	017455-13-9	49
			Hexagol	112857	002615-15-8	43
14	67.098	0.78	C:\Database\NIST05a.L 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100938	017455-13-9	41
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100941	017455-13-9	38
			Octaethylene glycol	161142	1000289-34-2	38
15	67.571	0.19	C:\Database\NIST05a.L 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100942	017455-13-9	64
			Octaethylene glycol	161142	1000289-34-2	64
			15-Crown-5	70738	033100-27-5	64
16	68.795	0.02	C:\Database\NIST05a.L 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100938	017455-13-9	58
			Octaethylene glycol	161142	1000289-34-2	52
			15-Crown-5	70736	033100-27-5	50
17	77.287	0.03	C:\Database\NIST05a.L 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100942	017455-13-9	72
			15-Crown-5	70738	033100-27-5	72
			Octaethylene glycol	161142	1000289-34-2	64
18	78.697	0.39	C:\Database\NIST05a.L 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100941	017455-13-9	64
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100942	017455-13-9	64
			3,6,9,12,15-Pentaoxanonadecan-1-ol	120685	001786-94-3	59

Fuente: Instituto de Investigaciones, CIB/Departamento de Química, LIQA/UVG. Fecha: 23 de septiembre de 2018.

Anexo 7. **Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas GC/MS para el extracto de oleoresina de los frutos de la pimienta gorda provenientes Melchor de Mencos, Petén**

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta gorda 2\17120
... 4-000002.D
Operator : AdaM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 4 Dec 2017 10:21 using AcqMethod ACSITES ESENCIALES MCS DB-WAX SCAN 2.M
Sample Name: Oleoresina pimienta gorda
Misc Info : 1:15 4 hrs rep 1 Melchor de mencos Fruto



Continuación del anexo 7.

```

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
Data File : 171204-000002.D
Title :
Acq On : 4 Dec 2017 10:21
Operator : AdaM
Sample : Oleoresina pimienta qorda
Misc : 1:15 4 hrs rep 1 Malchor de mocos Fruto
ALS Vial : 12 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

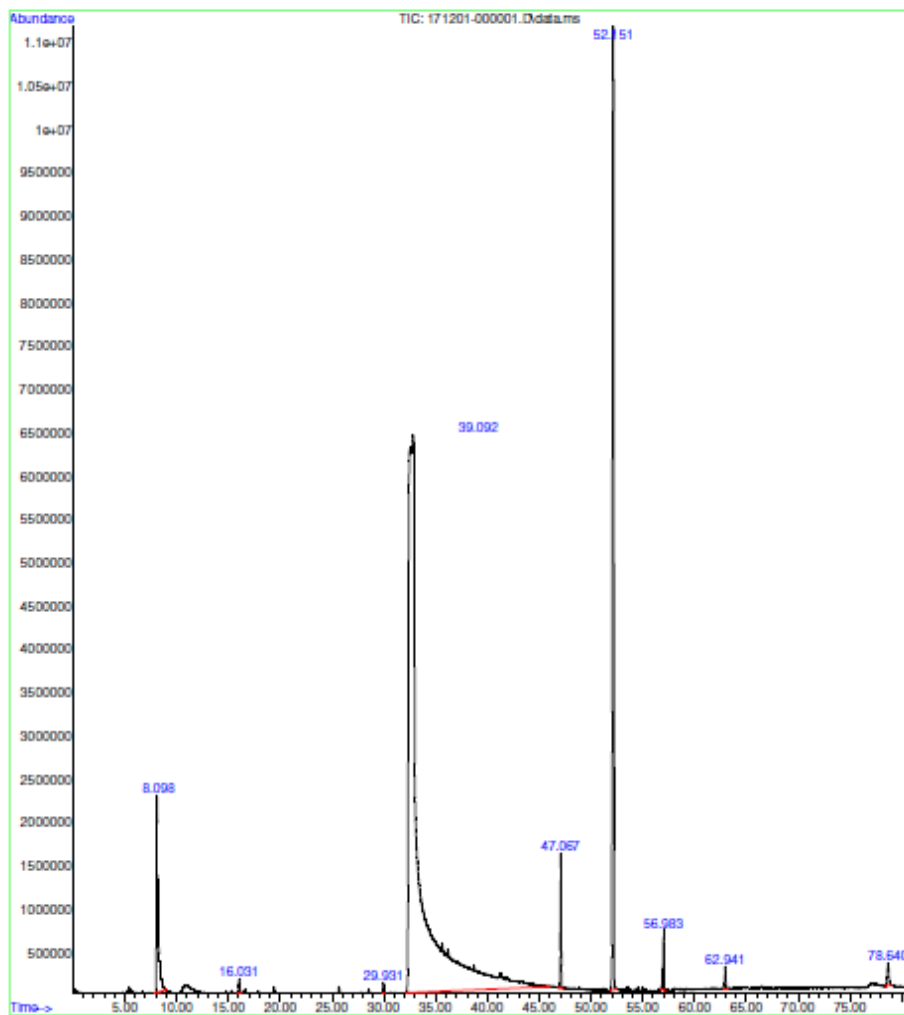
Unknown Spectrum: Apex
Integration Events: ChemStation Integrator - autoint1.e

```

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	8.084	20.70	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	25
2	39.092	69.42	C:\Database\NIST05a.L			
			Propylene Glycol	915	000057-55-6	91
			Propylene Glycol	916	000057-55-6	91
			Propylene Glycol	917	000057-55-6	91
3	52.069	9.87	C:\Database\NIST05a.L			
			Phenol, 2-methoxy-3-(2-propenyl)-	31835	001941-12-4	97
			Eugenol	31714	000097-53-0	97
			Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (E)-	31883	005932-68-3	97

Anexo 8. **Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas GC/MS para el extracto de oleoresina de los frutos de la pimienta gorda provenientes de Dolores, Petén**

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta gorda 2\17120
... 1-000001.D
Operator : AdaM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 1 Dec 2017 12:22 using AcqMethod ACEBITES ESENCIALES MCS DB-WAX SCAN 2.M
Sample Name: Oleoresina pimienta gorda
Misc Info : 1:15 4 hrs rep 1



Continuación del anexo 8.

```

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta gorda 2\
Data File : 171201-000001.D
Title :
Acq On : 1 Dec 2017 12:22
Operator : AdaM
Sample : Oleoresina pimienta gorda
Misc : 1:15 4 hrs rep 1
ALS Vial : 12 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

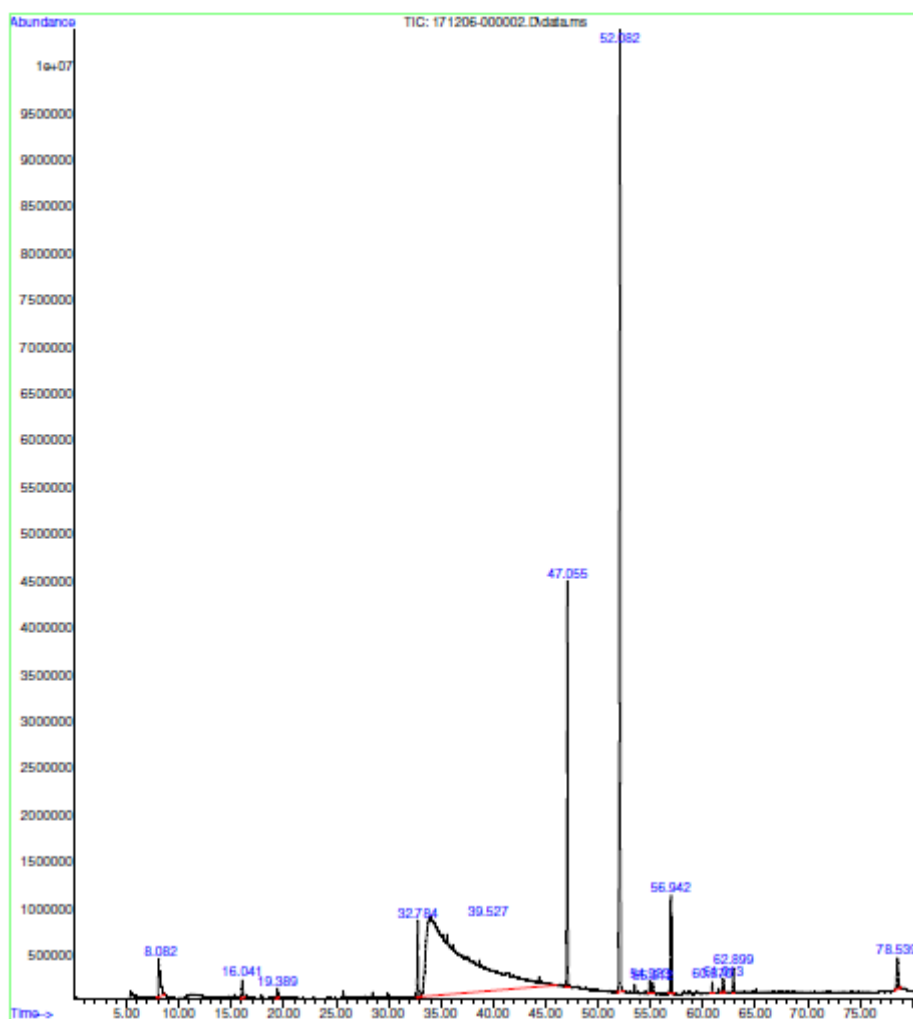
```

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	8.097	3.84	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	94	000064-17-5	90
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	25
2	16.030	0.14	C:\Database\NIST05a.L			
			D-Limonene	15162	005989-27-5	97
			D-Limonene	15164	005989-27-5	96
			D-Limonene	15165	005989-27-5	96
3	29.931	0.11	C:\Database\NIST05a.L			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25636	000078-70-6	90
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25643	000078-70-6	90
			Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,3,3-trimethyl-	15345	000488-97-1	55
4	39.092	77.34	C:\Database\NIST05a.L			
			Propylene Glycol	915	000057-55-6	91
			Propylene Glycol	916	000057-55-6	91
			Propylene Glycol	917	000057-55-6	91
5	47.066	1.19	C:\Database\NIST05a.L			
			Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	41492	000093-15-2	97
			Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	41487	000093-15-2	96
			Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	41486	000093-15-2	94
6	52.151	16.05	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Allyl-6-methoxyphenol	31757	000501-19-9	98
			Eugenol	31716	000097-53-0	98
			Phenol, 2-methoxy-3-(2-propenyl)-	31835	001941-12-4	97
7	56.982	0.65	C:\Database\NIST05a.L			
			Phenol, 4-(2-propenyl)-	14802	000501-92-8	97
			Phenol, 4-(2-propenyl)-	14803	000501-92-8	94
			Benzaldehyde, 4-ethyl-	14797	004748-78-1	68
8	62.940	0.24	C:\Database\NIST05a.L			
			Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	52459	006627-88-9	98
			Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	52464	006627-88-9	96
			1-Phenanthrenol	52884	002433-56-9	46
9	78.642	0.44	C:\Database\NIST05a.L			
			n-Hexadecanoic acid	96235	000057-10-3	99
			n-Hexadecanoic acid	96234	000057-10-3	98
			n-Hexadecanoic acid	96233	000057-10-3	96

Fuente: Instituto de Investigaciones, CIB/Departamento de Química, LIQA/UVG. Fecha: 23 de septiembre de 2018.

Anexo 9. **Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas GC/MS para el extracto de oleoresina de los frutos de la pimienta gorda proveniente de San Luis, Petén**

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta gorda 2\17120
... 6-000002.D
Operator : AdaM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 6 Dec 2017 12:35 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES MCS DB-WAX SCAN 2.M
Sample Name: Oleoresina pimienta gorda
Misc Info : 1:15 4h rep 1 San Luis frutos



Continuación del anexo 9.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
 Data File : 171206-000002.D
 Title :
 Acq On : 6 Dec 2017 12:35
 Operator : AdaM
 Sample : Oleoresina pimienta qorda
 Misc : 1:15 4h rep 1 San Luis frutos
 ALS Vial : 9 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	8.084	1.53	C:\Database\NIST05a.L Ethyl alcohol	95	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	37
2	16.039	0.41	C:\Database\NIST05a.L D-Limonene	15162	005989-27-5	97
			D-Limonene	15164	005989-27-5	96
			D-Limonene	15165	005989-27-5	96
3	19.387	0.19	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15317	000554-61-0	97
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylthylidene)-	15340	000586-62-9	96
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylthylidene)-	15338	000586-62-9	96
4	32.783	1.30	C:\Database\NIST05a.L Caryophyllene	59797	000087-44-5	99
			Caryophyllene	59802	000087-44-5	99
			Caryophyllene	59800	000087-44-5	94
5	39.529	64.39	C:\Database\NIST05a.L Propylene Glycol	915	000057-55-6	91
			Propylene Glycol	916	000057-55-6	91
			R-(-)-1,2-propanediol	926	004254-14-2	87
6	47.057	6.53	C:\Database\NIST05a.L Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propeny1)-	41487	000093-15-2	97
			Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propeny1)-	41492	000093-15-2	97
			Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propeny1)-	41488	000093-15-2	94
7	52.083	21.54	C:\Database\NIST05a.L 3-Allyl-6-methoxyphenol	31757	000501-19-9	98
			Eugenol	31716	000097-53-0	98
			Phenol, 2-methoxy-3-(2-propeny1)-	31835	001941-12-4	97
8	54.921	0.20	C:\Database\NIST05a.L Hexadecanoic acid, ethyl ester	114844	000628-97-7	96
			Hexadecanoic acid, ethyl ester	114848	000628-97-7	92
			Hexadecanoic acid, ethyl ester	114847	000628-97-7	78
9	55.212	0.22	C:\Database\NIST05a.L 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-	19887	028564-83-2	70
			1,3-Dioxan-5-ol	4566	004740-78-7	43
			15-Crown-5	70736	033100-27-5	35
10	56.941	1.72	C:\Database\NIST05a.L Phenol, 4-(2-propeny1)-	14802	000501-92-8	97
			Phenol, 4-(2-propeny1)-	14803	000501-92-8	94
			Benzaldehyde, 4-ethyl-	14797	004748-78-1	70

Continuación del anexo 9.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta gorda 2\
 Data File : 171206-000002.D
 Title :
 Acq On : 6 Dec 2017 12:35
 Operator : AdaM
 Sample : Oleoresina pimienta gorda
 Misc : 1:15 4h rep 1 San Luis frutos
 ALS Vial : 9 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

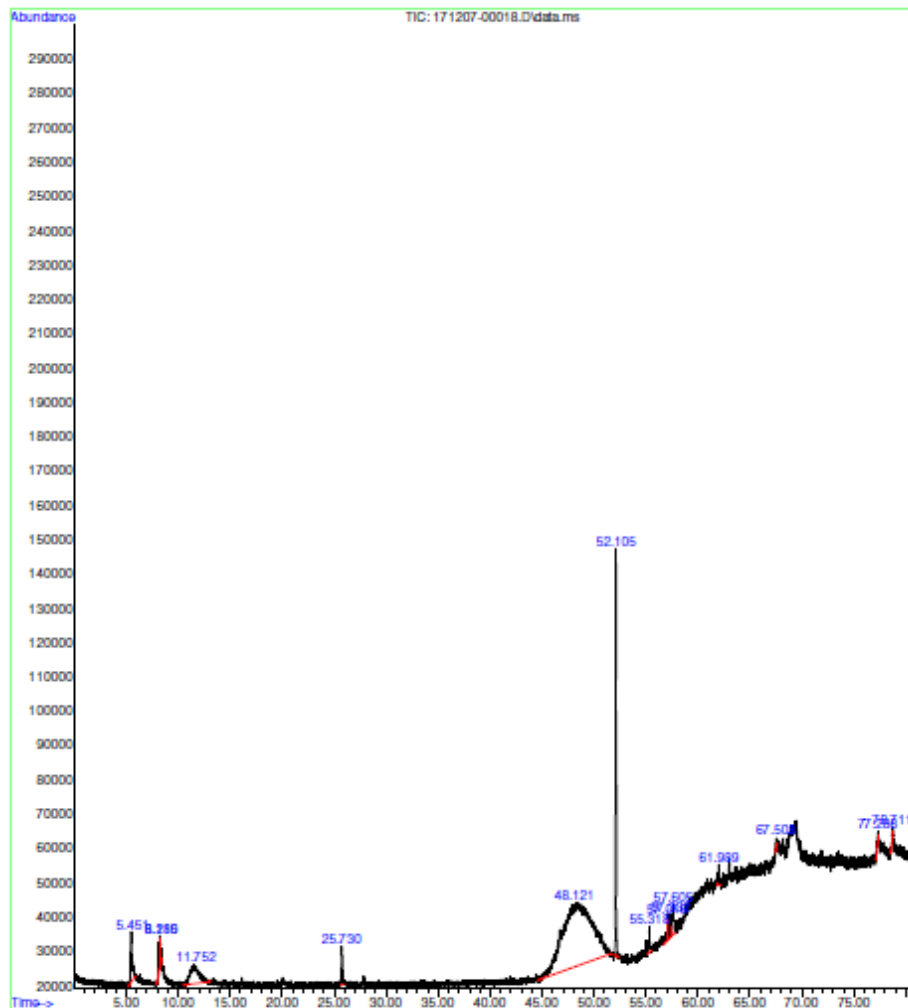
Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
11	60.871	0.16	C:\Database\NIST05a.L Octadecanoic acid, ethyl ester	132323	000111-61-5	96
			Octadecanoic acid, ethyl ester	132325	000111-61-5	91
			Octadecanoic acid, ethyl ester	132324	000111-61-5	83
12	61.912	0.33	C:\Database\NIST05a.L 2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)-	10778	000067-47-0	93
			2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)-	10777	000067-47-0	89
			Benzene, 3-fluoro-	10942	000456-47-3	50
13	62.899	0.43	C:\Database\NIST05a.L Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	52459	006627-88-9	95
			Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	52464	006627-88-9	70
			2-Hydroxy-4-isopropyl-7-methoxytropane	52474	089647-85-8	59
14	78.538	1.05	C:\Database\NIST05a.L n-Hexadecanoic acid	96235	000057-10-3	99
			n-Hexadecanoic acid	96234	000057-10-3	97
			n-Hexadecanoic acid	96233	000057-10-3	97

Anexo 10. **Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas GC/MS para el extracto de oleoresina de los frutos de la pimienta gorda proveniente de Santa María Cahabón, Alta Verapaz**

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta gorda 2\17120
... 7-00018.D
Operator : AdaM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 13 Dec 2017 14:25 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES MCS DB-WAX SCAN 2.M
Sample Name: Oleoresina pimienta gorda
Misc Info : 1:15 4hr repeticion 1 Cahabon frutos



Continuación del anexo 10.

NIST LIBRARY SEARCH REPORT

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
 Data File : 171207-00018.D
 Title :
 Acq On : 13 Dec 2017 14:25
 Operator : AdeM
 Sample : Oleoresina pimienta qorda
 Misc : 1:15 4hr repeticion 1 Cahabon frutos
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0
 Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - autoint1.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	5.450	3.25	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyne, fluoro-	76	002713-09-9	3
			Ethyne, fluoro- 1,2-Propanediamine	75 775	002713-09-9 000078-90-0	3 2
2	8.184	0.73	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	86
			Ethyl alcohol Ethyl alcohol	94 93	000064-17-5 000064-17-5	86 78
3	8.211	1.17	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	80
			Ethyl alcohol Ethyl alcohol	94 93	000064-17-5 000064-17-5	80 72
4	11.750	5.85	C:\Database\NIST05a.L			
			Ammonia Water	6 7	007664-41-7 007732-18-5	2 1
5	25.728	1.37	C:\Database\NIST05a.L			
			Acetic acid	258	000064-19-7	86
			Acetic acid Acetic acid	257 256	000064-19-7 000064-19-7	83 80
6	48.121	69.93	C:\Database\NIST05a.L			
			Propylene Glycol	915	000057-55-6	78
			(S)-(+)-1,2-Propanediol Propylene Glycol	928 916	004254-15-3 000057-55-6	78 78
7	52.105	11.59	C:\Database\NIST05a.L			
			Eugenol	31714	000097-53-0	98
			Phenol, 2-methoxy-3-(2-propenyl)-	31835	001941-12-4	97
			Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (E)-	31883	005932-68-3	97
8	55.317	0.97	C:\Database\NIST05a.L			
			3,6,9,12-Tetraoxahexadecan-1-ol	91718	001559-34-8	50
			15-Crown-5 Ethanol, 2-[(2-(2-ethoxyethoxy)ethoxy)- yl]-	70736 42057	033100-27-5 000112-50-5	38 38
9	57.018	0.82	C:\Database\NIST05a.L			
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100942	017455-13-9	50
			15-Crown-5 12-Crown-4	70735 40673	033100-27-5 000294-93-9	50 43
10	57.332	1.09	C:\Database\NIST05a.L			
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100938	017455-13-9	58
			15-Crown-5 12-Crown-4	70736 40671	033100-27-5 000294-93-9	49 47
11	57.605	1.61	C:\Database\NIST05a.L			
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100938	017455-13-9	49
			15-Crown-5 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane	100942	017455-13-9	49

Continuación del anexo 10.

```

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
Data File : 171207-00018.D
Title :
Acq On : 13 Dec 2017 14:25
Operator : Adem
Sample : Oleoresina pimienta qorda
Misc : 1:15 4hr repeticion 1 Cahabon frutos
ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0
Unknown Spectrum: Apex
Integration Events: ChamStation Integrator - autoint1.e

```

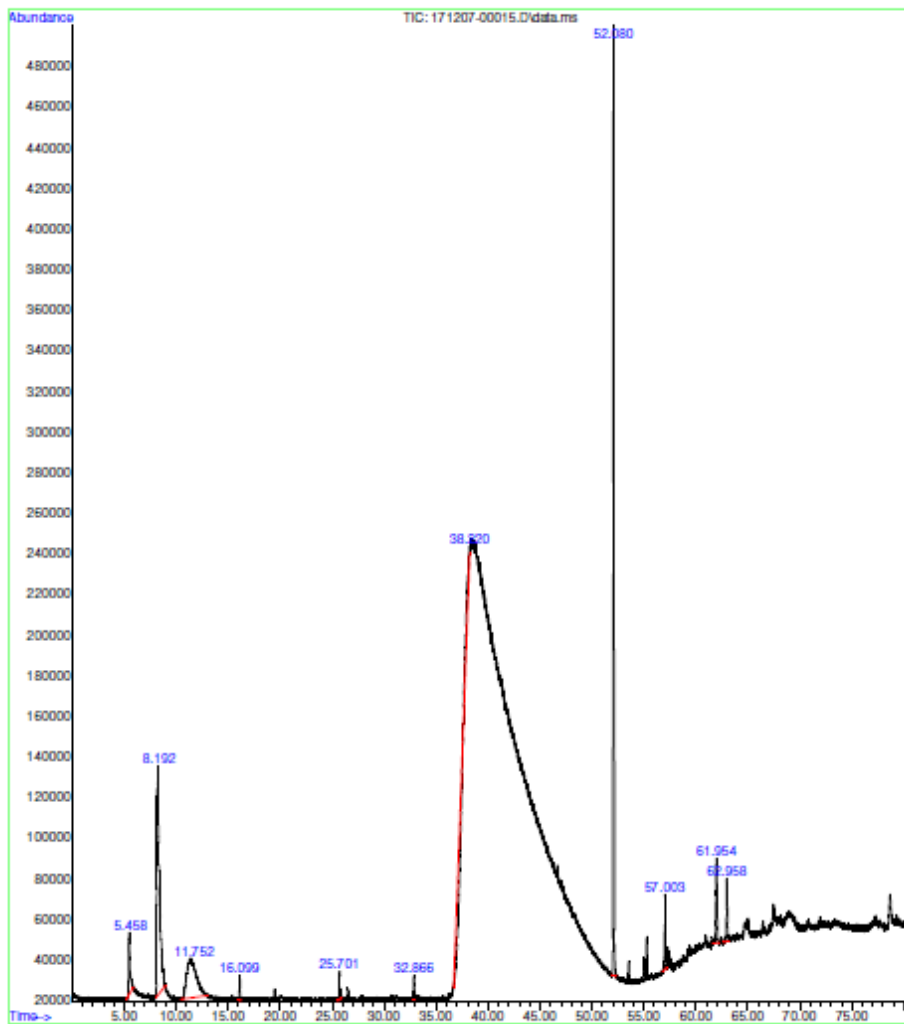
PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			ane 15-Crown-5	70736	033100-27-5	47
12	61.990	0.76	C:\Database\NIST05a.L 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec	100941	017455-13-9	72
			ane 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec	100942	017455-13-9	72
			ane 15-Crown-5	70736	033100-27-5	64
13	67.507	0.22	C:\Database\NIST05a.L 15-Crown-5	70738	033100-27-5	58
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec	100942	017455-13-9	58
			ane Octaethylene glycol	161142	1000289-34-2	53
14	77.287	0.33	C:\Database\NIST05a.L 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec	100938	017455-13-9	83
			ane Octaethylene glycol	161142	1000289-34-2	72
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec	100942	017455-13-9	72
			ane			
15	78.710	0.28	C:\Database\NIST05a.L 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec	100941	017455-13-9	64
			ane 15-Crown-5	70738	033100-27-5	64
			Octaethylene glycol	161142	1000289-34-2	64

Thinner.M Wed Jan 17 09:35:07 2018 Page: 2

Fuente: Instituto de Investigaciones, CIB/Departamento de Química, LIQA/UVG. Fecha: 23 de septiembre de 2018.

Anexo 11. **Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas GC/MS para el extracto de oleoresina de los frutos de la pimienta gorda proveniente de San Pedro Carchá, Alta Verapaz**

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta gorda 2\17120
... 7-00015.D
Operator : AdaM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 13 Dec 2017 9:54 using AcqMethod ACEITES ESSENCIALES MCS DB-WAX SCAN 2.M
Sample Name: Oleoresina pimienta gorda
Misc Info : 1:15 4 hr repeticion San Pedro Carcha frutos



Continuación del anexo 11.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
 Data File : 171207-00015.D
 Title :
 Acq On : 13 Dec 2017 9:54
 Operator : AdaM
 Sample : Oleoresina pimienta qorda
 Misc : 1:15 4 hr repeticion San Pedro Carcha frutos
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	5.459	3.41	C:\Database\NIST05a.L Carbon dioxide	81	000124-38-9	3
			Carbon dioxide	80	000124-38-9	3
			Ethyna, fluoro-	76	002713-09-9	3
2	8.193	25.22	C:\Database\NIST05a.L Ethyl alcohol	95	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	59
3	11.750	16.00	C:\Database\NIST05a.L Ammonia	6	007664-41-7	2
			Water	7	007732-18-5	1
4	16.099	0.70	C:\Database\NIST05a.L D-Limonene	15165	005989-27-5	95
			Limonene	15153	000138-86-3	95
			D-Limonene	15164	005989-27-5	95
5	25.701	1.19	C:\Database\NIST05a.L Acetic acid	258	000064-19-7	86
			Acetic acid	254	000064-19-7	80
			Acetic acid	255	000064-19-7	78
6	32.865	0.73	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexane, 1,2,4-triethenyl- 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-tri-	30838	002855-27-8	38
			imethyl-, (E)-	72942	040716-66-3	27
			1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-tri-	72953	000142-50-7	22
			imethyl-, [S-(Z)]-			
7	38.219	-6.55	C:\Database\NIST05a.L Propylene Glycol	916	000057-55-6	91
			Propylene Glycol	915	000057-55-6	91
			R-(-)-1,2-propanediol	926	004254-14-2	87
8	52.078	49.98	C:\Database\NIST05a.L 3-Allyl-6-methoxyphenol	31757	000501-19-9	98
			Eugenol	31714	000097-53-0	98
			Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (E)-	31883	005932-68-3	97
9	57.004	2.60	C:\Database\NIST05a.L Phenol, 4-(2-propenyl)-	14802	000501-92-8	95
			Phenol, 4-(2-propenyl)-	14803	000501-92-8	93
			Benzaldehyde, 2,5-dimethyl-	14828	005779-94-2	60
10	61.953	4.21	C:\Database\NIST05a.L 2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)-	10777	000067-47-0	46
			2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)-	10778	000067-47-0	35
			3,5-Dimethyl-3-heptane	11189	059643-68-4	30
11	62.959	2.51	C:\Database\NIST05a.L Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	52459	006627-88-9	93

Continuación del anexo 11.

Apex Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
 Data File : 171207-00015.D
 Title :
 Acq On : 13 Dec 2017 9:54
 Operator : AdaM
 Sample : Oleoresina pimienta qorda
 Misc : 1:15 4 hr repeticion San Pedro Carcha frutos
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

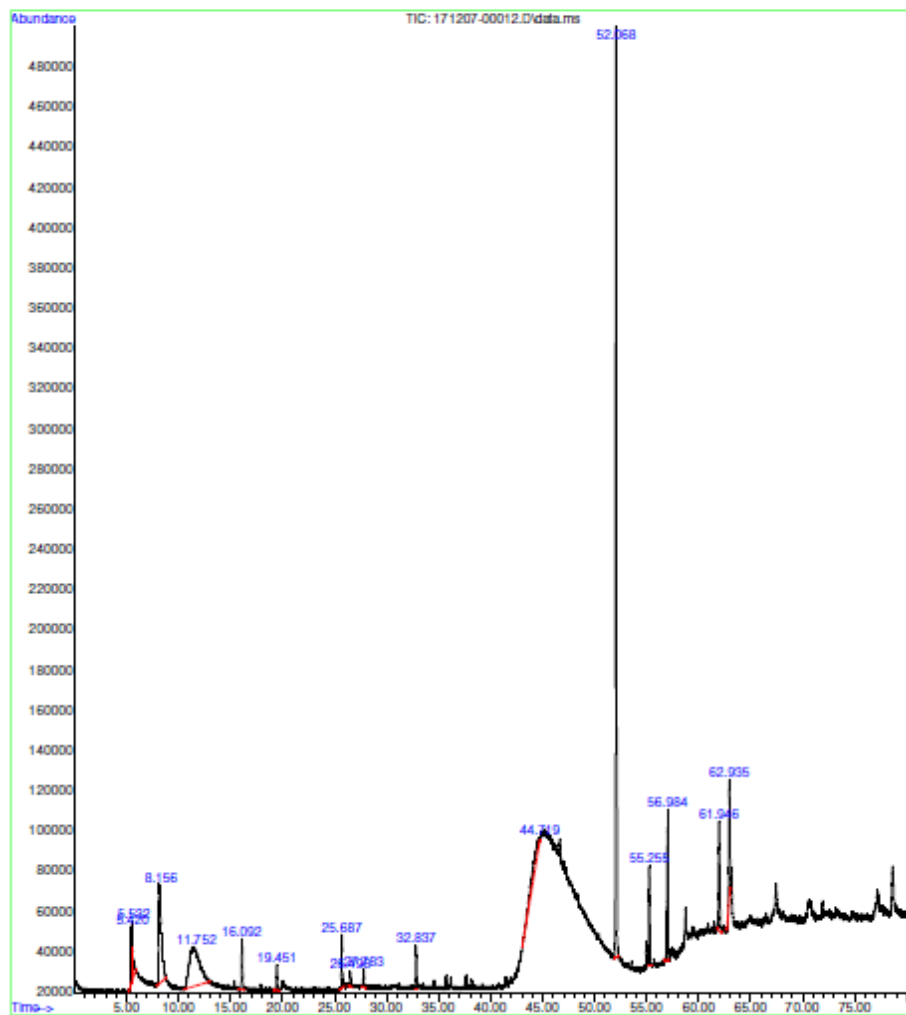
Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propeny 1)-	52464	006627-88-9	86
			3(2H)-Benzofuranone, 4,6-dimethoxy	52279	004225-35-8	80

Thinner.M Thu Dec 14 14:47:21 2017 Page: 2

Fuente: Instituto de Investigaciones, CIB/Departamento de Química, LIQA/UVG. Fecha: 23 de septiembre de 2018.

Anexo 12. **Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de gases GC/MS para el extracto de oleoresina de los frutos de la pimienta gorda de Campur, Alta Verapaz**

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta gorda 2\17120
... 7-00012.D
Operator : AdaM
Instrument : GC-MSD
Acquired : 12 Dec 2017 12:41 using AcqMethod ACRITES ESENCIALES MCS DB-WAX SCAN 2.M
Sample Name: Oleoresina pimienta gorda
Misc Info : 1:15 4 hr repeticion 1 Campur frutos



Continuación del anexo 12.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
 Data File : 171207-00012.D
 Title :
 Acq On : 12 Dec 2017 12:41
 Operator : AdaM
 Sample : Oleoresina pimienta qorda
 Misc : 1:15 4 hr repeticion 1 Campur frutos
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	5.418	0.94	C:\Database\NIST05a.L			
			Carbon dioxide	80	000124-38-9	4
			Ethyna, fluoro-	76	002713-09-9	3
2	5.532	2.06	C:\Database\NIST05a.L			
			Carbon dioxide	80	000124-38-9	4
			Ethyna, fluoro-	76	002713-09-9	3
3	8.157	6.69	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	90
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	64
4	11.750	10.58	C:\Database\NIST05a.L			
			Ammonia	6	007664-41-7	3
5	16.094	1.23	C:\Database\NIST05a.L			
			D-Limonene	15164	005989-27-5	97
			D-Limonene	15165	005989-27-5	96
6	19.451	0.56	C:\Database\NIST05a.L			
			Cyclohexane, 1-methyl-4-(1-methyle	15340	000586-62-9	97
			Cyclohexane, 1-methyl-4-(1-methyle	15338	000586-62-9	96
7	25.687	1.43	C:\Database\NIST05a.L			
			Acetic acid	258	000064-19-7	90
			Acetic acid	256	000064-19-7	83
8	26.497	0.34	C:\Database\NIST05a.L			
			1H-Pyrazole, 3,4-dimethyl-	2696	002820-37-3	64
			Furfural	2677	000098-01-1	47
9	27.784	0.51	C:\Database\NIST05a.L			
			Formic acid	99	000064-18-6	64
			Hydrazine, methyl-	103	000060-34-4	9
10	32.838	0.76	C:\Database\NIST05a.L			
			Cyclohexane, 1,2,4-triethenyl-	30837	002855-27-8	25
			1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-tr	72943	040716-66-3	22
11	44.719	3.57	C:\Database\NIST05a.L			
			Propylene Glycol	915	000057-55-6	91
			Propylene Glycol	916	000057-55-6	91

Continuación del anexo 12.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Pimienta qorda 2\
 Data File : 171207-00012.D
 Title :
 Acq On : 12 Dec 2017 12:41
 Operator : AdaM
 Sample : Oleoresina pimienta qorda
 Misc : 1:15 4 hr repetición 1 Campur frutos
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			R-(-)-1,2-propanediol	926	004254-14-2	87
12	52.069	59.53	C:\Database\NIST05a.L Eugenol	31714	000097-53-0	98
			Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (E)-	31883	005932-68-3	97
			3-Allyl-6-methoxyphenol	31757	000501-19-9	97
13	55.253	2.45	C:\Database\NIST05a.L 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-di hydroxy-6-methyl-	19887	028564-83-2	87
			4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-di hydroxy-6-methyl-	19886	028564-83-2	72
			Oxirane, 2,3-dimethyl-	683	003266-23-7	46
14	56.986	3.35	C:\Database\NIST05a.L Phenol, 4-(2-propenyl)-	14802	000501-92-8	97
			Phenol, 4-(2-propenyl)-	14803	000501-92-8	94
			Benzaldehyde, 2-ethyl-	14796	022927-13-5	68
15	61.944	3.22	C:\Database\NIST05a.L 2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxym ethyl)-	10777	000067-47-0	78
			2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxym ethyl)-	10778	000067-47-0	78
			Thiophene, 2-propyl-	10870	001551-27-5	64
16	62.936	2.78	C:\Database\NIST05a.L Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propeny l)-	52464	006627-88-9	92
			Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propeny l)-	52459	006627-88-9	90
			2-Propanoic acid, 3-(4-hydroxy-3-m ethoxyphenyl)-	52319	001135-24-6	50

Fuente: Instituto de Investigaciones, CIB/Departamento de Química, LIQA/UVG. Fecha: 23 de septiembre de 2018.

