



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

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS RAÍCES  
DE VETIVER (*Vetiveria zizanioides* Stapf), CULTIVADO EN GUATEMALA, A ESCALA  
LABORATORIO**

**Boris Rafael Elías Lucas**

Asesorado por Ing. Mario José Mérida Meré e

Inga. Telma Maricela Cano Morales

Guatemala, noviembre de 2018



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS RAÍCES  
DE VETIVER (*Vetiveria zizanioides* Stapf), CULTIVADO EN GUATEMALA, A ESCALA  
LABORATORIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**BORIS RAFAEL ELÍAS LUCAS**

ASESORADO POR EL ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ  
E INGA. TELMA MARICIELA CANO MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Ing. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
EXAMINADOR	Ing. Renato Giovanni Ponciano Sandoval
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

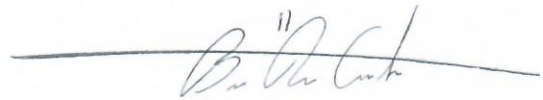


## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS RAÍCES  
DE VETIVER (*Vetiveria zizanioides* Stapf), CULTIVADO EN GUATEMALA, A ESCALA  
LABORATORIO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 03 de noviembre de 2014.



**Boris Rafael Elías Lucas**







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



Guatemala, 21 de febrero de 2018

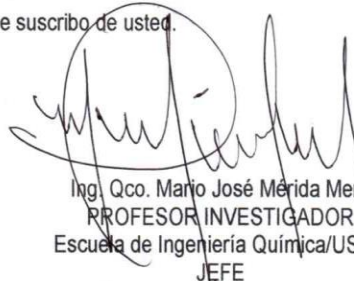
Ingeniero  
Carlos Salvador Wong Davi  
Director Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

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 Y CALIDAD DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS RAÍCES DE VETIVER (*Vetiveria zizanioides* Stapf), CULTIVADO EN GUATEMALA, A ESCALA LABORATORIO", del estudiante de Ingeniería Química Boris Rafael Elías Lucas quien se identifica con CUI No. 1577284710101 y registro académico número 2008-19373.


Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,

  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE EXTRACTOS VEGETALES  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA  
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



INGENIERA QUÍMICA  
Telma Maricela Cano M.  
Colegiada 433



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

Edificio T-5, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica  
**EIQD-REG-TG-008**

Guatemala, 03 de julio de 2018.  
Ref. EIQ.TG-IF.019.2018.

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 **067-2014** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN  
-Modalidad Seminario de Investigación-**

Solicitado por el estudiante universitario: **Boris Rafael Elías Lucas**.  
Identificado con número de carné: **1577 28471 0101**.  
Identificado con registro académico: **2008-19373**.  
Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

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

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS  
RÁICES DE VETIVER (*Vetiveria zizanioides* Stapf), CULTIVADO EN GUATEMALA, A  
ESCALA LABORATORIO**

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

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

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

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



C.c.: archivo



Agencia Centroamericana de Acreditación de  
Programas de Ingeniería y de Ingeniería



Formando Ingenieros Quimicos en Guatemala desde 1939



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Edificio T-5, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica

EQD-REG-SG-004

Ref.EIQ.TG.042.2018

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del (la) estudiante, **BORIS RAFAEL ELÍAS LUCAS** titulado: **"EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS RAÍCES DE VETIVER (*Vetiveria zizanioides* Stapf), CULTIVADO EN GUATEMALA, A ESCALA LABORATORIO"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing. Carlos Salvador Wong Davi  
Director

Escuela de Ingeniería Química

FACULTAD DE INGENIERIA USAC  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  
DIRECTOR

Guatemala, noviembre de 2018

Cc: Archivo  
CSWD/ale



Asociación Centroamericana de Ingenieros Químicos



Formando Ingenieros Quimicos en Guatemala desde 1939

Universidad de San Carlos  
de Guatemala




Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 496.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química al Trabajo de Graduación titulado: **"EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS RAÍCES DE VETIVER (Vetiveria zizanioides Stapf) CULTIVADO EN GUATEMALA, A ESCALA LABORATORIO"** presentado por el estudiante universitario: **Boris Rafael Elías Lucas** 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 noviembre de 2018.

/echm

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser mi padre eterno, mi consejero, mi guía, mi amigo y mi confidente. Por estar conmigo en los días más difíciles de mi vida y nunca abandonarme.
<b>Mi padre</b>	Rafael Elías y Elías, por sus constantes sacrificios y por su paciencia.
<b>Mi madre</b>	Norma Iselda Lucas Hernández de Elías, por ser una madre ejemplar y virtuosa.
<b>Pueblo de Guatemala</b>	Por brindarme la oportunidad de tener acceso a la universidad.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser la única universidad pública y enseñarme a amar a Guatemala.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por brindarme la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa institución.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por formarme como ingeniero y enseñarme que el valor de la disciplina y el esfuerzo conllevan a la superación personal.
<b>Asamblea de Dios Monte Gerizim</b>	Por ser mi segunda familia y por sus constantes oraciones hacia mi persona.
<b>Mis centros de formación académica preuniversitaria</b>	E.O.U.M. No. 77 Rigoberto Bran Azmitia, INEB 14 de Julio de 1789 y CEDOP Dr. Alejandro Fleming por despertar mi curiosidad por las ciencias e introducirme al campo académico.
<b>Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII)</b>	Por permitirme realizar la parte experimental de la tesis en sus laboratorios.
<b>Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales de la Facultad de Ingeniería (LIEXVE)</b>	Por brindarme la oportunidad de realizar la parte experimental de la tesis en dicho laboratorio.

**Ing. Mario Mérida Meré**

Por aceptar ser uno de mis asesores en la presente investigación; por su paciencia y recomendaciones a lo largo de la misma.

**Ing. Telma Maricela Cano Morales**

Por aceptar ser uno de mis asesores en la presente investigación, por su paciencia y recomendaciones a lo largo de la misma. Por atenderme aún cuando se encontraba muy ocupada.

**Arq. María Calderón Ayau**

Por su valiosa colaboración, a través de la empresa, Lo Verde S.A., en la donación de 25 lb de raíz de vetiver para llevar a cabo esta investigación.

**Mis catedráticos de la carrera**

Gracias porque además de formar ingenieros, forman personas disciplinadas, esforzadas, dedicadas y amantes al país. Nos demuestran que el éxito es el fruto de la fe, el esfuerzo, la perseverancia y la autodisciplina.

**Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada / Centro de Ingeniería Bioquímica – UVG**

Por su valiosa colaboración en la determinación de los compuestos químicos que contenía el aceite, por medio de GC-MS.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
HIPÓTESIS.....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXV
1. MARCO CONCEPTUAL.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación .....	3
1.3. Determinación del problema.....	4
1.3.1. Definición .....	4
1.3.2. Delimitación .....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Aceites esenciales .....	5
2.1.1. Definición .....	5
2.1.2. Composición química .....	6
2.1.3. Clasificación.....	7
2.1.4. Origen .....	8
2.1.5. Ventajas de usar aceites esenciales.....	8
2.1.6. Propiedades farmacológicas.....	9
2.1.7. Métodos de extracción de los aceites esenciales ...	10
2.1.7.1. Maceración .....	11

2.1.7.2.	Enflurage .....	11
2.1.7.3.	Destilación en arrastre con vapor directo.....	12
2.1.7.4.	Extracción con solventes volátiles.....	13
2.1.7.5.	Expresión en frío .....	13
2.1.7.6.	Hidrodestilación.....	14
2.1.7.7.	Extracción con fluidos supercríticos .....	16
2.1.8.	Operaciones complementarias para la extracción de aceites esenciales .....	17
2.1.8.1.	Deshidratación .....	17
2.1.8.1.1.	Tipos de secado.....	18
2.1.8.1.2.	Clasificación de los equipos de secado .....	18
2.1.8.1.3.	Algunas definiciones del secado.....	19
2.1.8.1.4.	Secador de bandejas .....	21
2.1.8.2.	Reducción de tamaño .....	22
2.1.8.3.	Tamizado.....	22
2.1.9.	Caracterización fisicoquímica.....	25
2.1.9.1.	Solubilidad.....	25
2.1.9.2.	Densidad relativa.....	25
2.1.9.3.	Índice de refracción .....	25
2.1.9.4.	Rotación óptica.....	26
2.1.9.5.	Color, olor y apariencia .....	26
2.1.9.6.	Cromatografía de gases acoplado a espectrofotometría de masas .....	26
2.1.10.	Características de buena calidad de los aceite esenciales .....	29
2.1.11.	Impacto económico de los aceites esenciales.....	30

2.2.	El vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf).....	31
2.2.1.	Descripción física.....	31
2.2.1.1.	Características fisiológicas .....	33
2.2.1.2.	Características ecológicas .....	34
2.2.2.	Aceite esencial de vetiver .....	35
2.2.2.1.	Obtención .....	35
2.2.2.2.	Propiedades fisicoquímica .....	36
2.2.2.3.	Composición .....	36
2.2.2.4.	Ensayo.....	39
2.2.2.5.	Usos .....	39
2.2.2.6.	Precio del aceite esencial de vetiver....	40
3.	METODOLOGÍA.....	41
3.1.	Localización.....	41
3.2.	Variables.....	41
3.2.1.	Variables Independientes .....	42
3.2.2.	Variables dependientes .....	43
3.2.3.	Variable respuesta.....	44
3.3.	Delimitación de campo de estudio.....	44
3.4.	Obtención de las muestras .....	44
3.5.	Recursos humanos disponibles.....	44
3.6.	Recursos materiales disponibles .....	45
3.6.1.	Recursos materiales a utilizar a escala laboratorio.....	45
3.7.	Técnica cuantitativa de investigación .....	46
3.8.	Procedimiento.....	46
3.8.1.	Extracción del aceite esencial de la raíz de vetiver a escala laboratorio .....	46
3.9.	Recolección y ordenamiento de la información .....	47

3.10.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	48
3.10.1.	Análisis del olor (análisis olfativo).....	60
3.11.	Análisis estadístico.....	70
3.11.1.	Número de repeticiones necesarias .....	70
3.11.2.	Datos promedios .....	71
3.11.3.	Desviación estándar .....	71
3.11.4.	Análisis de varianza .....	72
3.12.	Plan de análisis de los resultados .....	83
3.12.1.	Métodos y modelos de los datos según tipo de variables.....	83
3.12.2.	Programas que se utilizaron.....	84
4.	RESULTADOS.....	85
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	97
	CONCLUSIONES.....	107
	RECOMENDACIONES .....	109
	BIBLIOGRAFÍA.....	111
	APÉNDICES.....	115
	ANEXOS.....	131

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Equipo utilizado a escala laboratorio para extraer aceites esenciales ...	15
2.	Secador de bandejas .....	21
3.	Funcionamiento del cromatógrafo de gases.....	28
4.	Cromatógrafo de gases .....	29
5.	Exportaciones de aceites esenciales y resinoides de Guatemala .....	31
6.	Evaluación olfatoria del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) .....	63
7.	Análisis de varianza para el ANOVA de un solo factor.....	75
8.	Valores críticos para la distribución F.....	75
9.	Descripción olfativa cuantitativa del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio para la muestra patrón .....	89
10.	Descripción olfativa cuantitativa del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio para la muestra fresca .....	90
11.	Descripción olfativa cuantitativa del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio para la muestra deshidratada .....	91
12.	Descripción olfativa cuantitativa del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio para las tres muestras .....	92

13. Descripción olfativa cuantitativa del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces para las tres muestras (deshidratada, patrón y fresca)..... 93

## TABLAS

I.	Tabla de tamices normalizados.....	24
II.	Características fisiológicas de la planta vetiver.....	34
III.	Propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de vetiver reportadas en la norma ISO 4716:2013 .....	36
IV.	Componentes químicos del aceite esencial de vetiver.....	37
V.	Precio del aceite esencial de vetiver .....	40
VI.	Descripción de variables independientes.....	42
VII.	Descripción de variables dependientes.....	43
VIII.	Determinación del porcentaje de humedad de la materia prima.....	48
IX.	Rendimiento del aceite esencial de la raíz de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf).....	49
X.	Valores promedios y desviación estándar del rendimiento del aceite esencial de la raíz de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf).....	49
XI.	Componentes químicos del aceite esencial de la raíz de vetiver obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima fresca. Repetición 1.....	50
XII.	Componentes químicos del aceite esencial de la raíz de vetiver obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima fresca. Repetición 2. ....	51

XIII.	Componentes químicos del aceite esencial de la raíz de vetiver obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima fresca. Repetición 3. ....	52
XIV.	Componentes químicos del aceite esencial de la raíz de vetiver obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada. Repetición 1 .....	53
XV.	Componentes químicos del aceite esencial de la raíz de vetiver obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada. Repetición 2.....	54
XVI.	Componentes químicos del aceite esencial de la raíz de vetiver obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada. Repetición 3.....	55
XVII.	Índice de refracción del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) .....	56
XXVIII.	Densidad del agua a 20°C medida en el laboratorio.....	56
XIX.	Densidad del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) para la muestra fresca .....	57
XX.	Densidad del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) para la muestra deshidratada .....	57
XXI.	Densidad relativa del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) para la muestra deshidratada y para la muestra húmeda.....	58
XXII.	Apariencia y color del aceite esencial de vetiver .....	58
XXIII.	Solubilidad en etanol del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) para la muestra fresca.....	59
XXIV.	Solubilidad en etanol del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) para la muestra deshidratada.....	60
XXV.	Solubilidad en etanol del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) para las muestras húmeda y deshidratada. ...	60

XXVI.	Perfil aromático del aceite esencial de vetiver .....	61
XXVII.	Calificación de los atributos: cardamomo, herbal, eucalipto y menta, encontrados para la muestra patrón del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) .....	66
XXVIII.	Calificación de los atributos: maderoso, fenólico y terroso, encontrados para la muestra patrón del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) .....	66
XXIX.	Calificación de los atributos: cardamomo, herbal, eucalipto y menta, encontrados para la muestra fresca del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) .....	67
XXX.	Calificación de los atributos: maderoso, fenólico y terroso, encontrados para la muestra fresca aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf).....	68
XXXI.	Calificación de los atributos: cardamomo, herbal, eucalipto y menta para la muestra deshidratada del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) .....	68
XXXII.	Calificación de los atributos: maderoso, fenólico y terroso para la muestra deshidratada del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf).....	69
XXXIII.	ANOVA.....	73
XXXIV.	Análisis de varianza del rendimiento del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para la muestra fresca y deshidratada.....	78
XXXV.	Análisis de varianza del índice de refracción del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para la muestra fresca y deshidratada. ....	78
XXXVI.	Análisis de varianza de la densidad relativa del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para la muestra húmeda y deshidratada....	79



XXXVII.	Análisis de varianza de la solubilidad en etanol del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para la muestra húmeda y deshidratada.....	79
XXXVIII.	Análisis de varianza del atributo cardamomo del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para tres muestras distintas (fresca, deshidratada y patrón).....	80
XXXIX.	Análisis de varianza del atributo herbal del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para tres muestras distintas (fresca, deshidratada y patrón).....	80
XL.	Análisis de varianza del atributo eucalipto del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para tres muestras distintas (fresca, deshidratada y patrón).....	81
XLI.	Análisis de varianza del atributo menta del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para tres muestras distintas (fresca, deshidratada y patrón).....	81
XLII.	Análisis de varianza del atributo maderoso del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para tres muestras distintas (fresca, deshidratada y patrón).....	82
XLIII.	Análisis de varianza del atributo fenólico del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para tres muestras distintas (fresca, deshidratada y patrón).....	82

XLIV.	Análisis de varianza del atributo terroso del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para tres muestras distintas (fresca, deshidratada y patrón). .....	83
XLV.	Rendimiento de extracción del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio.....	85
XLVI.	Índice de refracción del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio...	85
XLVII.	Densidad relativa del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio...	86
XLVIII.	Solubilidad en etanol del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio...	86
XLIX.	Descripción cualitativa de la apariencia de las muestras de aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio.....	86
L.	Descripción cualitativa del color del aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio.....	87
LI.	Descripción cualitativa del olor de las muestras de aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio. ....	87
LII.	Componentes químicos mayoritarios detectados para el aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf), extraído a escala laboratorio, utilizando materia prima fresca .....	94
LIII.	Componentes químicos mayoritarios detectados para el aceite esencial de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf), extraído a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada .....	95

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Qual</b>	Calidad
<b>E</b>	Desviación absoluta máxima.
<b>S</b>	Desviación estándar poblacional.
<b>g/mL</b>	Gramos por mililitros.
<b>H<sub>a</sub></b>	Hipótesis alternativa
<b>H<sub>o</sub></b>	Hipótesis nula
<b><math>\bar{X}</math></b>	Media
<b>mm</b>	Milímetro.
<b>nm</b>	Nanómetro
<b>k</b>	Número de tratamientos
<b>%H</b>	Porcentaje de humedad.
<b>%</b>	Porcentaje.
<b>n</b>	Repetición.
<b>F</b>	Valor crítico de Fisher
<b>t</b>	Valor crítico de student



## GLOSARIO

<b>Aceite esencial</b>	Los aceites esenciales son compuestos odoríferos de complejas estructuras químicas, constituidos mayormente por terpenos y derivados sintetizados por las plantas y aislados de las mismas.
<b>Cromatografía</b>	Técnica usada para separar componentes químicos. En esta técnica los componentes a separar se reparten entre dos fases, en las cuales, una está en reposo y otra se mueve en una dirección.
<b>Cromatograma</b>	Resultado gráfico obtenido de la cromatografía. Gráfico que consiste en un conjunto de picos y líneas bases, en función del tiempo, y cuyo resultado son los componentes detectados en la cromatografía por el detector de masas.
<b>Densidad</b>	Propiedad física que indica la relación de la cantidad de masa de una sustancia dada, con respecto al volumen que ocupa dicha sustancia.
<b>Densidad relativa</b>	Cantidad física adimensional que indica la relación de la densidad de una sustancia con respecto a la densidad del agua, a una temperatura específica.

<b>GC-MS</b>	Cromatografía de gases con acoplamiento a espectrometría de masas. Método analítico utilizado para la separación, identificación y cuantificación de mezclas complejas.
<b>Hidrodestilación</b>	Método de extracción de los aceites esenciales, en el cual el aceite es extraído del material vegetal por medio de vapor de agua.
<b>Índice de refracción</b>	Número adimensional que representa la medida de la reducción de la velocidad de la luz, cuando se propaga a través de un medio homogéneo.
<b>Materia prima</b>	Material extraído de la naturaleza que se transforma industrialmente para crear un producto.
<b>Mediana</b>	Valor que ocupa el lugar central de un grupo de números ordenados por tamaño.
<b><i>Neoclevenger</i></b>	Equipo utilizado a nivel laboratorio para la extracción de aceites esenciales.
<b>Perfil descriptivo Cuantitativo</b>	Descripción de atributos contenidos en un producto por un grupo de panelistas entrenados.
<b>Relación de baño</b>	Relación entre la cantidad de agua necesaria para cubrir todo el material vegetal en una extracción, y la cantidad de materia prima.

<b>Rendimiento</b>	Relación entre la cantidad de producto obtenido y la cantidad de materia prima utilizada.
<b>Solubilidad</b>	Cantidad de una sustancia, llamada soluto, que se miscibiliza en otra, llamada solvente.
<b>SCE</b>	Suma de cuadrados del error.
<b>SCT</b>	Suma de cuadrados del tratamiento.
<b>STC</b>	Suma total de cuadrados.
<b>Tamiz</b>	Equipo utilizado para separar mecánicamente partes finas de partes gruesas de un material. Consta de una tela metálica o rejilla sujeta por un aro.
<b>Trampa de hexano</b>	Equipo utilizado a nivel laboratorio para la extracción de aceites esenciales.





## RESUMEN

En el presente proyecto de investigación a nivel de trabajo de graduación, se determinó el rendimiento extractivo y la calidad del aceite esencial procedente de las raíces de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), cultivado en Guatemala, a escala laboratorio. Se usaron las propiedades fisicoquímicas reportadas en la norma ISO 4716:2013 “*Essential oil of vetiver [Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty, syn. Vetiveria zizanioides (L.) Nash]*” para evaluar la calidad el aceite esencial obtenido

La raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) es aromática y anteriormente no se había estudiado la calidad del aceite esencial, comparada con la norma ISO 4716:2013 “*Essential oil of vetiver [Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty, syn. Vetiveria zizanioides (L.) Nash]*”, de la misma en el país. De esto depende la importancia de esta investigación.

La materia prima fue donada por la empresa, Lo Verde y provino de las orillas del lago de Amatitlán. Obtenida esta, se procedió a limpiarla y a reducirla de tamaño. Luego se extrajo el aceite esencial por el método de hidrodestilación a escala laboratorio, utilizando materia prima fresca y materia prima deshidratada.

Se determinaron las siguientes propiedades fisicoquímicas del aceite esencial: índice de refracción, densidad relativa, solubilidad en etanol al 80 %, apariencia, color, atributos olfativos e identificación de los componentes químicos por medio de GC-MS. Dichas propiedades fueron comparadas con las reportadas por la norma ISO 4716:2013 “*Essential oil of vetiver [Chrysopogon zizanioides*

(L.) Roberty, syn. *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash]"; de esta forma se evaluó la calidad del aceite esencial.

Se obtuvo mayor rendimiento de aceite esencial utilizando materia prima deshidratada. Además, no se encontró diferencia significativa entre el índice de refracción, gravedad específica, solubilidad en etanol al 80 %, apariencia, color, atributos olfativos y componentes químicos, utilizando materia prima fresca y materia prima deshidratada.

## OBJETIVOS

### General

Evaluar la calidad del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanoides* Stapf) extraído por el método de hidrodestilación, a escala laboratorio.

### Específicos

1. Determinar el rendimiento extractivo del aceite esencial obtenido de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanoides* Stapf) de materia prima fresca y de materia prima deshidratada, a escala laboratorio.
2. Determinar las propiedades fisicoquímicas: densidad relativa, índice de refracción y miscibilidad en etanol al 80 % del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanoides* Stapf) de materia prima fresca y de materia prima deshidratada.
3. Determinar el perfil sensorial olfativo cualitativo y cuantitativo del aceite esencial de vetiver proveniente de materia prima fresca y materia prima deshidratada y compararlo con una muestra de referencia comercial.
4. Determinar, por medio de un análisis comparativo, la calidad sensorial del aceite esencial de vetiver, utilizando materia prima fresca y materia prima deshidratada.

5. Determinar los componentes químicos mayoritarios en el aceite esencial de la raíz de vetiver, utilizando cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas (GC-MS).

# HIPÓTESIS

## Hipótesis de trabajo

Es factible evaluar el rendimiento extractivo y la calidad del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) mediante el método de hidrodestilación a escala laboratorio.

## Hipótesis estadística

- Hipótesis alternativa
  - Ho<sub>1</sub>: Existe diferencia significativa entre el rendimiento del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada, que utilizando materia prima fresca.
  - Ho<sub>2</sub>: Existe diferencia significativa entre las propiedades fisicoquímicas (apariencia, color, olor, densidad relativa, índice de refracción y solubilidad en etanol al 80 %) del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada, que utilizando materia prima fresca.
  - Ho<sub>3</sub>: Existe diferencia significativa entre los atributos olfativos del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima

deshidratada, que utilizando materia prima fresca, comparadas con una muestra de aceite patrón.

- Ho4: Existe diferencia significativa entre el contenido de los componentes químicos del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada, que utilizando materia prima fresca.
- Hipótesis nula:
  - Ha1: No existe diferencia significativa entre el rendimiento del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada, que utilizando materia prima fresca.
  - Ha2: No existe diferencia significativa entre las propiedades fisicoquímicas (densidad relativa, índice de refracción y solubilidad en etanol al 80 %) del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada, que utilizando materia prima fresca.
  - Ha3: No existe diferencia significativa entre los atributos olfativos del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada, que utilizando materia prima fresca, comparadas con una muestra de aceite patrón.

- Ha<sub>4</sub>: No existe diferencia significativa entre el contenido de los componentes químicos del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada, que utilizando materia prima fresca.





## INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales son mezclas olorosas de compuestos químicos diversos producidos por las plantas, los cuales contienen principalmente terpenos. Han sido muy utilizados a lo largo de la historia en la industria cosmética, aromática y salud.

El vetiver es una planta familia de las gramíneas, nativa del Indostán y Ceilán. El nombre de Vetiver es nativo de la lengua Tamil (en la India) y significa “excavó a la raíz”. La raíz suministra la esencia de vetiver y es ingrediente principal en varias formulaciones de perfumes.

Investigaciones hechas en Sudamérica han dado cuenta de las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial usando extracción convencional o extracción supercrítica (como en el caso de la Universidad Central de Venezuela) utilizando vetiver cultivado en dichos países.

Los usos que se le han dado a la planta vetiver en Guatemala son para la estabilización de taludes y protección de infraestructura. Sin embargo, no se han aprovechado las propiedades aromáticas que presenta la raíz de la misma, por lo que, es necesario hacer un análisis comparativo entre la calidad del aceite esencial de la raíz de vetiver cultivada en Guatemala y la calidad del aceite esencial obtenidas en otras partes del mundo. Además, es importante determinar si la calidad del aceite esencial y rendimiento varían en función del tipo de muestra a utilizar (deshidratada o fresca). Las empresas radicadas en Guatemala que utilizan el aceite esencial de vetiver lo importan.



# 1. MARCO CONCEPTUAL

## 1.1. Antecedentes

Actualmente, las universidades del país no han investigado sobre la extracción del aceite esencial de vetiver. El actual uso que tiene este pasto en el país es para la protección de infraestructura y estabilización de taludes y laderas.

En 2010, estudiantes de ingeniería civil de la universidad Del Valle de Guatemala ganaron el premio “IDEA” promovida por el CACIF y la OTI por el proyecto titulado, “Estabilización de taludes y control de erosión por medio de vetiver”. En este proyecto se propone usar el pasto vetiver para la prevención de desastres naturales en carreteras y estabilización del suelo para viviendas en zona de alto riesgo.<sup>1</sup>

En 2006, Edwin Orlando Hernández Alvarado realizó su tesis titulada, “Certificación socio-ambiental: experiencias en la industria bananera, El Retiro s.a. mediante el proyecto para la mejora del cultivo de banano *Musa sapientum* L. (B.B.P)” donde propone el uso de vetiver como plan para conservación de suelos en la finca, El Retiro S.A.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Periódico UVG Hoy. Edición No. 4. Universidad del Valle de Guatemala, Enero 2011. Página no. 7. [www.uvg.edu.gt/publicaciones/periodico/doc/Periodico4.pdf](http://www.uvg.edu.gt/publicaciones/periodico/doc/Periodico4.pdf)

<sup>2</sup> HERNANDEZ ALVARADO, Edwin Orlando. *Certificación socio-ambiental: experiencias en la industria bananera el retiro, s.a. mediante el proyecto para la mejora del cultivo de banano Musa sapientum L. (B.B.P)*, p. 67.

En 2009, la profesora Alejandra Meza y el profesor Francisco Yanes de la Universidad Central de Venezuela en la investigación titulada, "*Obtención del aceite esencial de vetiver *Chrysopogon zizanioides* (L) Roberty, usando extracción supercrítica y extracción convencional*" compararon el rendimiento de extracción y las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de vetiver utilizando extracción supercrítica y extracciones convencionales (hidrodestilación, arrastre con vapor, destilación con etanol, destilación con propanol y destilación supercrítica), dando como resultado que el mayor rendimiento y las mejores propiedades fisicoquímicas (las más parecidas a los datos teóricos) se obtiene usando extracción supercrítica ( rendimiento 3,31 %, índice de refracción 1,521, densidad relativa 1,0215, color amarillo y olor fuerte) que usando los otros tipos de extracciones.<sup>3</sup>

En la investigación citada anteriormente, usando hidrodestilación se obtuvieron los siguientes resultados: rendimiento 0,7425 %, índice de refracción 1,334, densidad relativa 0,9969, color ámbar oscuro y olor muy débil. Mientras que usando arrastre con vapor obtuvieron los siguientes resultados: rendimiento 1,0068 %, índice de refracción 1,344, densidad relativa 1,0131, color marrón oscuro y olor medio.

---

<sup>3</sup> MEZA, Alejandra. *Boletín Vetiver*. Edición 15, pp. 16-23.

## **1.2. Justificación**

El pasto vetiver es una planta cuya raíz es aromática y su aceite esencial no se puede sintetizar químicamente.

El aceite esencial de este pasto es usado como fijador en muchas formulaciones de perfumes en Europa. Además, posee otros usos como el de saborizante en la industria alimenticia y en formulaciones de desodorantes.

En Guatemala, el aceite esencial es importado por las empresas que elaboran perfumes, jabones, velas, cremas, etc. El vetiver es una planta que recién ingresó al país y únicamente se ha aprovechado en obras civiles, tales como, protección de infraestructura y estabilización de laderas y taludes. Por esto, se hace necesario encontrar nuevos usos a dicha planta.

Si bien es cierto que otros países han determinado el rendimiento extractivo y la calidad del aceite esencial obtenido de las raíces del vetiver, es necesario determinar la calidad del aceite esencial de las raíces de vetiver cultivado en Guatemala y compararlo con la calidad del aceite obtenido en otras regiones del mundo. Cabe mencionar que la calidad y el rendimiento extractivo del aceite esencial varían dependiendo del tipo de condiciones climáticas, tipo de suelo, altitud, método de extracción, etc.

### **1.3. Determinación del problema**

Para determinar el problema se definió y se delimitó éste, en base a los parámetros a evaluar del aceite esencia de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf).

#### **1.3.1. Definición**

Se evaluó el rendimiento de extracción del aceite esencial de las raíces de vetiver obtenido a escala laboratorio, y la calidad del mismo por medio de análisis fisicoquímicos y sensoriales.

#### **1.3.2. Delimitación**

Para realizar este estudio se evaluó el rendimiento de extracción del aceite esencial de las raíces del vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), y la calidad del mismo, obtenido a escala laboratorio, por medio de análisis fisicoquímicos y sensoriales. La variable fue el contenido de humedad de las raíces, para lo cual se utilizó materia prima fresca y materia prima deshidratada. Dicha investigación se llevó a cabo en la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El análisis por cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas (GC-MS) se realizó en el Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada del Centro de Ingeniería Bioquímica de la Universidad del Valle de Guatemala. Mientras que la descripción olfativa cuantitativa se realizó en la Escuela de Nutrición de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Aceites esenciales**

Los aceites esenciales han sido utilizados desde hace 3 500 años antes de Cristo. Estos han sido utilizados en rituales religiosos, para tratar diversas enfermedades y se sabe que ellos son la forma más antigua de la medicina conocida por el hombre.

Se sabe que los antiguos egipcios fueron los primeros en descubrir el potencial de las fragancias, por ejemplo: tanto el cedro, la mirra y el incienso (fragancias que aún se utilizan en la actualidad) se utilizaban en el proceso de embalsamamiento.

En la actualidad, los aceites esenciales forman parte de perfumes, especias, saborizantes y en medicina como vitamínicos, antibacteriales y fungicidas. Otras aplicaciones son en la industria de la pintura, como ejemplo: la turpentina (un aceite que se encuentra en el pino), se usa como solvente para muchos productos de pintura.

#### **2.1.1. Definición**

Los aceites esenciales son compuestos odoríferos de complejas estructuras químicas, constituidos mayormente por terpenos y derivados sintetizados por las plantas y aislados de las mismas. Dichos aceites esenciales son volátiles y por lo general son líquidos (aunque pueden ser sólidos o semisólidos) y presentan poca solubilidad en agua.

Estos aceites pueden ser extraídos de las hojas, flores, semillas, corteza, raíces o frutos de las plantas.

### **2.1.2. Composición química**

Los aceites esenciales tienen una mezcla compleja de compuestos químicos, que pueden ser desde 20 hasta 60 en total. Sin embargo, dichos aceites pueden ser caracterizados por 2 o 3 compuestos que se encuentran en forma mayoritaria y pueden tener concentración hasta del 70 %. Sin embargo, los aceites esenciales pueden ser clasificados en dos grupos:

- **Hidrocarburos:** En este grupo podemos encontrar compuestos como los sesquiterpeno, terpenos y diterpenos. Estos son los compuestos mayoritarios.
- **Compuestos con oxígeno, nitrógeno o azufre:** En este grupo podemos encontrar sulfuros, compuestos nitrogenados, terpenoides, aldehídos, alcoholes, cetonas, ésteres, fenoles, lactonas y óxidos.

Los terpenos son compuestos formados con cinco unidades de carbonos, las cuales se llaman isoprenos, que dan origen a los terpenos y terpenoides.

Los principales terpenos se llaman monoterpenos, formados por la unión de dos isoprenos (10 unidades de carbono en total). Estos constituyen el 90 % de los aceites esenciales.

Los terpenos constituidos por 15 unidades de carbono se llaman sesquiterpeno, los constituidos por 20 unidades de carbono se llaman diterpenos,



los constituidos por 30 unidades de carbono se llaman triterpenos y los constituidos por 40 unidades de carbono se llaman tetraterpenos.

### **2.1.3. Clasificación**

Los aceites esenciales pueden ser clasificados de acuerdo a: consistencia, origen y naturaleza química.

Por su consistencia se pueden clasificar en: oleorresinas, esencias fluidas y bálsamos. Los bálsamos pueden ser sólidos, semisólidos. Las esencias fluidas se caracterizan por ser muy volátiles, incluso a temperatura ambiente. Las oleorresinas pueden ser líquidas o sustancias semisólidas y contienen el aroma de las plantas concentrado.

Por su origen se clasifican en: sintéticos (esencias), artificiales (aceite esencial modificado) y naturales. Los naturales son productos de la extracción directa del aceite esencial de la planta y no les es modificada propiedades físicas o químicas; por lo general, el rendimiento es muy bajo y por ello tienen un alto costo. Los artificiales son modificaciones de los naturales a los cuales se les hace pasar por procesos de enriquecimiento con uno o varios de sus componentes. Los aceites esenciales sintéticos son productos de la combinación de sus componentes sintetizados químicamente, son más económicos que los naturales y los artificiales, sin embargo no tienen ni el uno por ciento de las propiedades benéficas de los aceites esenciales.

De acuerdo a los componentes mayoritarios en los aceites, se pueden clasificar químicamente como: monoterpénicos, sesquiterpénicos y fenilpropanoides.

#### **2.1.4. Origen**

Los aceites esenciales se pueden encontrar en flores, frutos, hojas, raíces, semillas y corteza de las plantas. Una de las funciones que poseen los aceites esenciales en las plantas es repeler a insectos que pueden perjudicar a las mismas, así como atraer insectos benéficos que contribuyan a la polinización.

En las plantas, específicamente en los tejidos vegetativos, los aceites esenciales se encuentran en células esféricas en canales de la parénquima y cuando dan el olor a las flores, se encuentran en las glándulas odoríferas, desde donde son liberados. Los aceites esenciales se encuentran en varias partes de las plantas:

- Flores (jazmín y rosas).
  - Hojas (eucalipto y citronela).
  - Frutos (anís, ciprés).
  - Madera (cedro, cidro).
  - Raíz (jengibre y vetiver).
  - Resina exudada (benjuí, mirra y el incienso).
- Cáscara de los frutos (limón, naranja).

#### **2.1.5. Ventajas de usar aceites esenciales**

Usar aceites esenciales presenta varias ventajas, entre ellas:

Son higiénicos, sabor suficientemente fuerte, calidad del sabor, no colorea el producto, exento de enzimas y taninos y estable si está bien almacenado.

### **2.1.6. Propiedades farmacológicas**

Los aceites esenciales tienen distintas propiedades farmacológicas, dependiendo del tipo de aceite. Entre ellas podemos citar:

- **Antisépticos:** Se utilizan para terapia y profilaxis de enfermedades como la gripe. Actúa contra las bacterias; entre algunos de estos aceites podemos mencionar: eucalipto, lavanda y limón.
- **Analgésico:** Entre los que presentan esta propiedad podemos encontrar: lavanda y orégano.
- **Antibiótico:** Se utiliza para matar o impedir el crecimiento de microorganismos, como las bacterias. Entre los aceites esenciales con esta propiedad esta: el ciprés y el clavo.
- **Antidepresivo:** Los aceites esenciales actúan en el sistema nervioso y son útiles para tratar casos de ansiedad, tensión y estrés. Entre algunos aceites esenciales con estas propiedades podemos mencionar: el aceite esencial de limón y menta.
- **Antifúngico:** Un antifúngico sirve para combatir hongos. Entre aceites esenciales con estas propiedades podemos mencionar: la menta y el tomillo.
- **Antiinflamatorio:** Los aceites esenciales pueden reducir inflamaciones y el dolor. Entre algunos aceites con estas características podemos mencionar: la albahaca y el clavo.

- **Antioxidante:** Un antioxidante es una sustancia que puede proteger sus células de los efectos de los radicales libres. Entre los aceites esenciales con estas propiedades podemos encontrar: el tomillo y el romero.
- **Astringente:** un astringente es la sustancia que retrae los tejidos y puede producir cicatrización, desinflamar y detener sangrado. Entre los aceites esenciales con esta propiedad encontramos: el ciprés y la menta.
- **Antiespasmódico:** Los antiespasmódicos son relajantes musculares que suprimen las contracciones de los músculos. Dentro de los aceites esenciales con este tipo de propiedades podemos encontrar: el ciprés, la canela y la menta.
- **Diurético:** Un diurético es la sustancia que al entrar al organismo provoca aumento en la secreción y excreción de orina, esto con el fin de eliminar electrolitos y aguas del organismo. Entre los aceites esenciales con estas propiedades podemos encontrar: ciprés, incienso y toronja.
- **Sedante:** Entre los aceites esenciales con estas propiedades podemos encontrar: incienso y eucalipto.

### **2.1.7. Métodos de extracción de los aceites esenciales**

Existen distintos métodos para la extracción de aceites esenciales. Los rendimientos obtenidos son muy bajos, en comparación con la cantidad de materia requerida. Entre los métodos comúnmente usados encontramos: por maceración, por enfleurage, por destilación en arrastre con vapor, por extracción con solventes volátiles, destilación mixta e hidrodestilación.

La mayoría de aceites esenciales se obtiene por extracción con vapor, sin embargo se debe tener cuidado, pues algunos se pueden dañar con altas temperaturas.

#### **2.1.7.1. Maceración**

Consiste en sumergir el material vegetal en el solvente, con o sin agitación, y dejarlos en contacto suficiente cantidad de tiempo para extraer el aceite esencial. La maceración puede ser en frío o caliente; es en frío cuando la extracción se realiza a temperatura ambiente y en caliente cuando la maceración se hace a cierta temperatura. Se puede utilizar cualquier recipiente con tapa que no reaccione con el solvente. Luego del tiempo de contacto, el líquido se filtra y se exprime el residuo. Este proceso es muy barato comparado con los demás procesos de extracción.

#### **2.1.7.2. Enflurage**

Esta técnica se aplica en casos especiales, como extracción del aceite esencia de las flores de jazmín o Jacinto.

En este proceso, el material vegetal es puesto en contacto directo a temperatura ambiente con una capa de grasa. Dicha capa de grasa se satura con la esencia, luego la esencia retirada de la capa de grasa por medio de etanol absoluto que posteriormente se purifica evaporando el solvente.

Este procedimiento de extracción es llevado a cabo en dos partes. La primera es una capa fina de grasa, sobre la cual se colocan las flores hasta que dicha capa sea saturada. En esta parte, la esencia migra desde la planta hasta la grasa. Después de renovar varias veces las flores, se dejan los pétalos 24

horas sobre la grasa. Pasados 60 días aproximadamente, al final del período de recolección, la grasa (que no ha sido renovada) llega a estar saturada con el aceite de la flor. La grasa pasa a llamarse pomada.

La segunda parte se lleva a cabo cuando la pomada es sometida a extracción alcohólica, dando como resultado el extracto. Al eliminar el alcohol evaporándolo a presión reducida se produce el absoluto de enfloración.

Cabe mencionar que este proceso es muy tardado y requiere mucha experiencia.

### **2.1.7.3. Destilación en arrastre con vapor directo**

Es un método de extracción muy utilizado a nivel industrial debido a que al usar este método se obtiene un alto rendimiento, alta pureza del aceite esencial y la tecnología usada no es sofisticada.

En esta destilación, la muestra vegetal es cortada en trozos pequeños, es encerrada en una cámara inerte y sometida a una corriente de vapor de agua sobrecalentada generada en una caldera, la esencia es arrastra por el vapor y posteriormente se condensa y es separada del agua por sus diferencias de densidad. Si el aceite es más denso que el agua se va hacia el fondo del recipiente de recolección y, si es menos denso, queda sobre la superficie del agua.

El vapor en contacto con el material vegetal se encuentra a mayor presión, lo cual favorece la extracción, pues rompe más fácilmente las micelas donde se encuentra el aceite esencial.

#### **2.1.7.4. Extracción con solventes volátiles**

Este tipo de extracción se utiliza cuando los constituyentes del material vegetal son delicados como para ser extraídos con vapor. En este tipo de extracción se usa un tipo de solvente que sea a fin con el aceite esencial que se desea extraer. Luego de ser extraído, se elimina el solvente usando una presión reducida.

Entre las características necesarias para la elección del solvente correcto es no reaccionar químicamente con el aceite, que sea de bajo punto de ebullición, evaporarse completamente de la mezcla aceite-solvente, tener bajo precio y ser selectivo.

Entre los solventes que pueden ser utilizados se encuentran: Éter etílico, hexano y benceno.

Una de las desventajas de usar este método es que el solvente no sólo extrae el aceite esencial, sino que también otras sustancias contenidas en el material vegetal, por lo cual se obtiene un producto impuro. Además, por el costo de los solventes y por el riesgo a explosión, es poco utilizado a nivel industrial.

#### **2.1.7.5. Expresión en frío**

Alguno aceites esenciales como el de los frutos cítricos no pueden destilarse, porque los componentes químicos del aceite se descomponen, por lo que los aceites esenciales se extraen en frío por expresión (exprimir) mecánica de los pericarpios; para lo cual, se procede a la escarificación mecánica, haciendo pequeños cortes en el material vegetal, haciendo rodar los frutos sobre bandejas revestidas de púas que penetran en la epidermis de la cáscara y rompen las

glándulas oleíferas. Posteriormente es utilizada una prensa hidráulica para exprimir el material, para luego filtrar y centrifugar el aceite esencial.

Dentro de las desventajas que presenta está: es un método muy costoso y de bajo rendimiento.

#### **2.1.7.6. Hidrodestilación**

Este ha sido uno de los principales métodos de extracción de aceites esenciales. También es el método oficial estándar para la extracción de aceites esenciales para control de calidad.

En este método, el material vegetal es sumergido en agua dentro de un recipiente que es calentado hasta el punto de ebullición del agua. El vapor generado arrastra el aceite esencial para luego condensarlo. Es importante mantener agitación constante en este método, pues de lo contrario se puede acumular materia sólida en el fondo.

Entre las ventajas de usar el método de hidrodestilación está: es de fácil instalación y se puede trabajar con partículas de tamaño muy pequeñas como pulverizados. Además, el equipo es seguro de operar y el consumo de energía, bajo.

Entre las desventajas de usar hidrodestilación están: Algunos componentes de los aceites esenciales son sensibles a la hidrólisis y los compuestos oxigenados no se pueden recuperar fácilmente.

El equipo usado a nivel laboratorio para la extracción del aceite esencial de las plantas se llama "Neoclevenger". Este equipo es considerado el oficial por las





desbordante nuevamente al balón (desde el punto M hasta el punto B). Se trata de un aparato de destilación continua de circuito cerrado.

#### **2.1.7.7. Extracción con fluidos supercríticos**

La extracción con fluido supercrítico se realiza con dióxido de carbono en su condición supercrítica; es decir, a temperatura y presión superior al punto crítico. En estas condiciones el dióxido de carbono presenta propiedades líquidas y gaseosas, lo cual incrementa el poder de las sustancias como solventes y mayor poder penetrante en el material a extraer.

En este proceso, el dióxido de carbono pasa por una cámara de acero inoxidable donde está contenido el material vegetal. El aceite esencial es de esta forma arrastrado y luego se elimina el solvente por descompresión lenta hasta alcanzar las condiciones ambientales.

Otras sustancias que se podrían utilizar como solventes supercríticos son: clorotrifluorometano, etileno, etano, agua, benceno, propileno y acetona. Sin embargo, se prefiere utilizar dióxido de carbono, pues es barato, no tóxico, no inflamable y baja temperatura crítica.

Algunas de las ventajas de usar fluidos supercríticos:

- Se puede controlar la presión y temperatura del fluido
- El extracto queda libre de solvente
- Se pueden vaporizar sustancias termolábiles
- Puede ser reciclado

Algunas de las aplicaciones de fluidos supercrítico usando dióxido de carbono son: descafeinización, extracción de aceites esenciales para la industria y refinamiento de productos naturales.

Una de las desventajas que presenta es que el equipo es muy caro, pues requiere bombas de presión alta.

### **2.1.8. Operaciones complementarias para la extracción de aceites esenciales**

Las operaciones complementarias utilizadas para la extracción de aceites esenciales son principalmente; la deshidratación, el secado y la reducción del tamaño de partícula.

#### **2.1.8.1. Deshidratación**

La deshidratación, también llamada secado, se refiere a la operación por medio de la cual se elimina humedad en una sustancia. No se considera como secado, la eliminación mecánica de esta por medio de exprimido o centrifugado.

La deshidratación es una operación unitaria de transferencia de masa contacto gas-sólido en la cual la fuerza impulsora para que se produzca la transferencia de masa es la diferencia de contenido de agua (humedad entre el sólido y el gas que se pone en contacto con el sólido). La pérdida de agua se produce por la transferencia de masa convectiva de la superficie de la sustancia al medio se secado. Cuando las presiones de vapor del gas de secado y la sustancia que se seca se igualan se establece el equilibrio y el proceso de secado finaliza.

La característica general de un material deshidratado es que posee un contenido de agua menor al 10 %.

La deshidratación en materia vegetal se emplea para conservar alimentos, para reducir su tamaño al disminuir su actividad de agua, concentrar sabores o para obtener un material más manejable. Al secar un material vegetal se puede provocar la pérdida de algunas de sus propiedades características, tal como el olor y la degradación de vitaminas y proteínas.

#### **2.1.8.1.1. Tipos de secado**

- Secado por convección: El calor necesario para la evaporación del líquido se transmite por un agente gaseoso o un vapor que pasa por encima del sólido o lo atraviesa.
- Secado por conducción: El producto que debe secarse se encuentra en recipientes calentados o se desplaza por encima de estos. El calor también se difunde en el sólido a través de la conductividad del propio sólido
- Secado por radiación: El calor se transmite por las superficies radiantes próximas.

#### **2.1.8.1.2. Clasificación de los equipos de secado**

- Métodos de operación: Continuos ó Discontinuos.
- Métodos de propiciar el calor necesario para la evaporación de la humedad: directos e indirectos (se dividen en continuos y discontinuos)

En los equipos directos la transferencia de calor para la deshidratación se logra por contacto directo entre los sólidos húmedos y los gases calientes. El líquido vaporizado se arrastra con el medio de desecación; es decir, con los gases calientes. Los secadores directos se llaman también secadores por convección.

En los equipos indirectos el calor de deshidratación se transfiere al sólido húmedo a través de una pared de retención. El líquido vaporizado se separa independientemente del medio de calentamiento. La velocidad de desecación depende del contacto que se pueda establecer entre el material mojado y las superficies calientes. Los secadores indirectos se llaman también secadores por conducción o de contacto.

### **2.1.8.1.3. Algunas definiciones del secado**

A continuación se resumen algunos términos que se utilizan para describir el contenido de humedad de las sustancias:

- Contenido de humedad: También llamada contenido de humedad en base húmeda. Se refiere al contenido de humedad de una sustancia con respecto al peso húmedo (sin secar) de dicha sustancia. La expresión matemática de dicha humedad es:

$$\%H = \frac{100X}{1+X} \quad [\text{Ec. 1, ref. 6, p. 830}]$$

Donde:

$\%H$                       Porcentaje de humedad en base húmeda (%)

X                    Contenido de humedad (g)

- Contenido de humedad en base seca: Se refiere al contenido de humedad de una sustancia con respecto al peso seco (deshidratado) de dicha sustancia. La expresión matemática de dicha humedad es:

$$\%H = 100X/Y \quad [\text{Ec. 2, ref. 6, p. 830}]$$

Donde:

$\%H$	Porcentaje de humedad en base húmeda (%)
X	Kg humedad.
Y	Kg sólido seco.

- Humedad en equilibrio: Es el contenido de humedad de una sustancia que está en equilibrio con una presión parcial dada del vapor.
- Humedad ligada: Se refiere al agua retenida de forma que ejerce una presión de vapor inferior a la del agua libre a la misma temperatura. Esta agua puede estar retenida en pequeños capilares, absorbida sobre superficies o formando disolución en la pared de las células. El agua ligada químicamente no se puede eliminar durante el secado.
- Humedad no ligada: Se refiere a la humedad contenida en una sustancia que ejerce una presión de vapor en el equilibrio igual a la del líquido puro a la misma temperatura.
- Humedad libre: Es agua que se encuentra en exceso con respecto a la humedad en equilibrio. Sólo puede evaporarse la humedad libre.

#### **2.1.8.1.4. Secador de bandejas**

Este es un tipo de secador que se utiliza para materiales granulares en el cual, el material a deshidratar, se coloca en una serie de bandejas, las cuales son calentadas por la circulación de aire sobre el material. Este tipo de secador puede incluir materiales pastosos y sólidos con terrones.

Una de las dificultades al usar este secador es la falta de uniformidad del contenido de humedad en la sustancia que se seca y que se extrae de diferentes partes del secador. Esa falta de uniformidad se debe al movimiento inadecuado y no uniforme del aire dentro del secador.

Figura 2. **Secador de bandejas**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería,  
Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **2.1.8.2. Reducción de tamaño**

Muchos materiales sólidos presentan tamaños demasiados grandes para ser procesados directamente, por lo que deben reducirse. También, en pruebas a nivel laboratorio, es necesario homogenizar el tamaño de lote para tener control sobre el tamaño de partícula, por lo cual se hace inevitable reducir el sólido.

La reducción del tamaño de partícula se refiere a todas las formas en las que un material sólido se puede reducir o romper en piezas de tamaños más pequeños.

El tamaño de los sólidos puede ser reducido por diferentes formas, pero por lo común puede ser clasificado en una de las cuatro siguientes categorías: 1) compresión, 2) impacto, 3) frotación (rozamiento) y 4) corte. Ejemplo de las anteriores son un cascanueces, un martillo, una lima y una tijera, respectivamente.

La compresión se usa para reducir sólidos a tamaños medianamente grandes, el impacto genera tamaños gruesos, medianos e incluso finos, la frotación produce materiales muy finos y el corte se usa para obtener un tamaño definido de partículas en formas bien definidas con muy poco o nada de finos.

### **2.1.8.3. Tamizado**

El tamizado es un método de separación física basado únicamente en el tamaño de partícula de las mismas y en la probabilidad que adopte la orientación adecuada en la superficie del tamiz.



Los tamices industriales son fabricados a partir de: telas de metal, seda o plásticos; barras metálicas; placas perforadas y alambres dispuestos en sección transversal triangular. Los materiales preferidos para fabricar dichos tamices son el acero al carbón y el acero inoxidable.

En el tamizaje, los sólidos son colocados sobre la superficie de un tamiz, cedazo o algún colador. Las partículas de menor tamaño (llamados finos), pasan a través de las aberturas del tamiz; mientras que las de mayor tamaño (llamados colas), no lo hacen. Un solo tamiz puede realizar la separación en dos secciones (llamadas secciones no clasificadas), pues se conoce el límite superior o inferior de cada una de las secciones pero no se conoce el otro límite.

Por lo común, las dimensiones de las aberturas de los tamices va reduciendo de acuerdo a la siguiente consecución, 2,  $2^{1/2}$ ,  $2^{1/4}$ , etc. El tamizado puede efectuarse durante un tiempo predeterminado o hasta que la velocidad de tamizado descienda hasta un valor fijado.

El tamizado puede efectuarse en húmedo o seco. En el primer tipo de tamizado, el sólido, es lavado de forma uniforme sobre el tamiz, lo cual evita aglomeraciones. La desventaja que presenta es que puede ser necesario secar el material después de la operación. En el tamizado en seco, el sólido se somete varias veces a frotamiento sobre el tamiz, formándose una capa delgada y uniforme. Debe tomarse en cuenta que los tamices suelen ser muy frágiles y sus mallas se pueden destruir fácilmente. Además, entre más grande sea el sólido más resistente deberá ser el tamiz a utilizar.

Existen varias series de tamices normalizados en los cuales el tamaño de las aberturas está definido por el grosor del alambre o hilo utilizado: En la U.K. British Standard (B.S.) el límite inferior llega hasta las 300 mallas; en los tamices

del *Institute of Mining and Metallurgy* (I.M.M) el espesor del alambre es aproximadamente igual al tamaño de las aberturas; la serie Tyler, usada en Estados Unidos, es intermedia entre las dos series anteriores; la *American Society for Testing Materials* también es usada en los Estados Unidos.

Tabla I. **Tabla de tamices normalizados**

Malla fina inglesa (B.S.S. 4107 <sup>2,40</sup> )			I.M.M. <sup>(b)</sup>			Tyler, U.S.A. <sup>(c)</sup>			A.S.T.M., U.S.A. <sup>(d)</sup>			Francés (A.F.N.O.R. γ <sup>(e)</sup> )		
Tamiz n.º	Luz nominal		Tamiz n.º	Luz nominal		Tamiz n.º	Luz nominal		Tamiz n.º	Luz nominal		Tamiz n.º	Luz nominal	
	in.	µm		in.	µm		in.	µm		in.	µm		in.	µm
						325	0.0017	43	325	0.0017	44	17	0.0015	40
						270	0.0021	53	270	0.0021	53	18	0.0019	50
300	0.0021	53				250	0.0024	61	230	0.0024	61	19	0.0024	61
240	0.0026	66	200	0.0025	63	200	0.0029	74	200	0.0029	74	20	0.0031	80
200	0.0030	76				170	0.0035	89	170	0.0034	88	21	0.0039	100
170	0.0035	89	150	0.0033	84	150	0.0041	104	140	0.0041	104	22	0.0049	125
150	0.0041	104	120	0.0042	107	115	0.0049	125	120	0.0049	125	23	0.0063	160
120	0.0049	124	100	0.0050	127	100	0.0058	147	100	0.0059	150	24	0.0079	200
100	0.0060	152	80	0.0055	139	80	0.0069	175	80	0.0070	177	25	0.0098	250
			70	0.0062	157	65	0.0082	208	70	0.0083	210	26	0.0124	315
85	0.0070	178	60	0.0071	180	60	0.0097	246	50	0.0117	297	27	0.0157	400
72	0.0083	211	40	0.0083	211	40	0.0116	295	45	0.0138	350	28	0.0197	500
60	0.0099	251	40	0.0125	347	42	0.0133	351	40	0.0165	420			
52	0.0116	295	30	0.0166	422	35	0.0164	417	30	0.0197	500			
						32	0.0195	495						
44	0.0139	353				28	0.0232	589						
36	0.0166	422												
30	0.0197	500												
25	0.0236	600												
22	0.0275	699	20	0.0250	635	24	0.0276	701	25	0.0280	710	29	0.0248	630
18	0.0336	853	16	0.0312	792	20	0.0328	833	20	0.0331	840	30	0.0315	800
16	0.0395	1003				16	0.0390	991	18	0.0394	1000	31	0.0394	1000
14	0.0474	1204	12	0.0416	1056	14	0.0460	1168	16	0.0469	1190	32	0.0492	1250
12	0.0553	1405	10	0.0500	1270	12	0.0550	1397						
10	0.0660	1676	8	0.0620	1574	10	0.0650	1651	14	0.0555	1410	33	0.0630	1600
8	0.0810	2057				9	0.0780	1981	12	0.0661	1680	34	0.0787	2000
7	0.0949	2411				8	0.0930	2362	10	0.0787	2000			
6	0.1107	2812	5	0.1000	2540	7	0.1100	2794	8	0.0937	2380	35	0.0984	2500
5	0.1320	3353				6	0.1310	3327						
						5	0.1560	3962	7	0.1110	2839	36	0.1240	3150
						4	0.1850	4699						
									6	0.1320	3360	37	0.1570	4000
									5	0.1570	4000	38	0.1970	5000
									4	0.1870	4760			

Fuente: COULSON, Jonh. *Ingeniería Química, operaciones básicas*. Tomo II. p.6.

### **2.1.9. Caracterización fisicoquímica**

La caracterización fisicoquímica de una sustancia se refiere a la evaluación de sus propiedades, tanto físicas como químicas, con el fin de diferenciar dicha sustancia de otras.

#### **2.1.9.1. Solubilidad**

La solubilidad de un aceite esencial se refiere a la cantidad de dicho aceite que se disuelve en otra sustancia llamada solvente. Los aceites esenciales se disuelven por completo en alcohol puro.

#### **2.1.9.2. Densidad relativa**

La densidad relativa de un aceite esencial se refiere a la densidad de un aceite dado, a cierta temperatura, comparado con la densidad del agua a la misma temperatura.

Para determinar la densidad relativa se usa un picnómetro. Un aceite esencial medido a temperatura estándar, permite distinguir entre un aceite esencial auténtico y un aceite esencial sintético.

#### **2.1.9.3. Índice de refracción**

Es la medida de la reducción de la velocidad de la luz cuando se propaga a través de un medio homogéneo. La unidad del índice de refracción es adimensional.

#### **2.1.9.4. Rotación óptica**

Es la rotación de la luz polarizada cuando atraviesa una sustancia. Este fenómeno suele ocurrir en sustancias que presentan moléculas quirales, como por ejemplo, el cuarzo o el azúcar.

#### **2.1.9.5. Color, olor y apariencia**

Esta es una forma organoléptica de evaluar la calidad de los aceites esenciales. El olor da una indicación de cómo será la aceptación en el mercado, entre más parecido al olor de la parte donde se extrajo, mayor será la calidad.

#### **2.1.9.6. Cromatografía de gases acoplado a espectrofotometría de masas**

Esta técnica es usada para separar componentes químicos basada en las diferencias en conductas partitivas de una fase móvil y de una fase estacionaria para separar los componentes en la mezcla.

En esta técnica, la muestra se inyecta en una fase móvil (gas portador), la cual debe ser un gas inerte (comúnmente se utiliza Helio). Luego, los componentes son llevados por la fase móvil hacia la fase estacionaria encontrada adentro de una columna capilar. Esta columna se localiza dentro de un horno con programación de temperatura. La velocidad de migración y el tiempo de retención en la columna será función de su distribución entre la fase móvil y la estacionaria; los compuestos con gran afinidad por la fase estacionaria se moverán lentamente en la fase móvil, mientras los que presentan afinidad débil se moverán rápidamente en la fase móvil.

El resultado de la diferencia de movilidad son las distintas bandas de los diversos componentes que pueden analizarse tanto cualitativa como cuantitativamente, mediante el espectrofotómetro de masas.

La cromatografía de gases (GC), se utiliza cuando los componentes de la mezcla problema son volátiles o semivolátiles y además térmicamente estables a temperaturas que llegan hasta 350-400 grados centígrados.

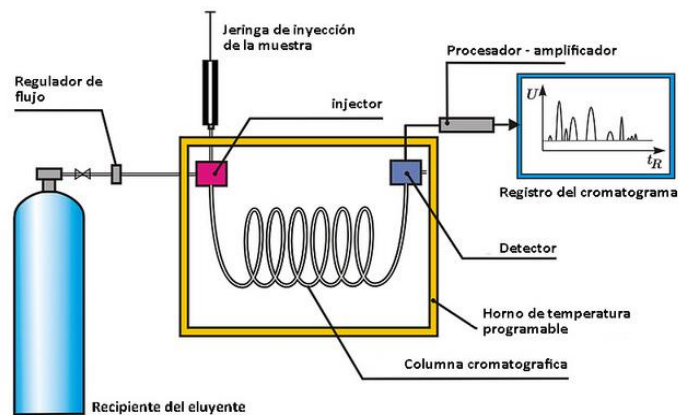
La espectrofotometría de masas se utiliza para identificar compuestos desconocidos, cuantificar compuestos conocidos y para deducir estructuras y propiedades químicas de las moléculas.

La cromatografía tiene la característica de conseguir la separación de mezclas complejas. Sin embargo, una vez separados, detectados e identificados cada uno de los compuestos de la sustancia, lo único con lo que contamos para la identificación de cada compuesto es el tiempo de retención de los correspondientes picos cromatográficos, lo cual no es suficiente para una identificación inequívoca de los compuestos. Por otro lado, la espectrometría de masas (MS) puede identificar, de manera casi inequívoca, cualquier sustancia pura, pero normalmente no es capaz de identificar los componentes individuales de unas 30 mezclas, sin separar previamente sus componentes, debido a la extrema complejidad del espectro obtenido por superposición de los espectros particulares de cada componente.

Por lo cual, la asociación de cromatografía de gases (GC) con espectrofotometría de masas (MS) provee de una técnica combinada (GC-MS) que permite la identificación de mezclas complejas. En esta técnica (GC-MS) una mezcla de compuestos se inyecta en el cromatógrafo de gases que luego es separada en la columna capilar, obteniendo una elución sucesiva de los

componentes individuales aislados que pasan prontamente al espectrofotómetro de masas, en el cual cada uno de los componentes se registra en forma de pico cromatográfico y se identifican mediante su espectro de masas, el cual puede almacenarse en la memoria del ordenador para compararse con los espectros de una colección de los mismos y proceder a su identificación o puede estudiarse para averiguar su naturaleza.

Figura 3. **Funcionamiento del cromatógrafo de gases**



**Fuente:** *Opiniones de cromatografía de gases.* <http://www.datuopinion.com/cromatografo-de-gases>. Consulta: 21 de octubre de 2014

Figura 4. **Cromatógrafo de gases**



Fuente: Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

#### **2.1.10. Características de buena calidad de los aceite esenciales**

El mercado internacional de los aceites esenciales requiere que estos tengan características que los cataloguen de una buena calidad, entre estas se analiza el olor, empaque y consistencia; determinando así su precio y valor en el mercado.

- Olor: deben tener un olor igual que la planta que lo produce, si no huele igual no proviene de esa planta, lo que significa que es adulterado, proviene de una destilación secundaria o de una mezcla de químicos.
- Empaquetado: necesitan estar protegidos de la luz, por lo que la botella debe ser color ámbar y de vidrio.
- Consistencia: son claros y no se sienten pesados; en adición, estos se evaporan fácilmente.

### **2.1.11. Impacto económico de los aceites esenciales**

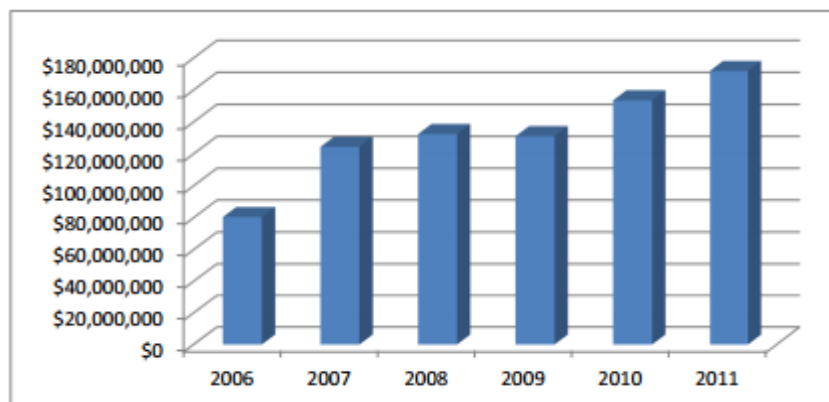
Los aceites esenciales representan una importancia significativa para muchos países, incluso en zonas del planeta pobres se intenta introducir el cultivo de plantas aromáticas y la obtención de aceites esenciales, como una forma de aumentar las perspectivas de la población y la riqueza general del país. El paso de vender plantas aromáticas secas a vender el aceite esencial obtenido de esas plantas, puede suponer alrededor de 4 veces más de ingresos económicos.

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

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



Figura 5. **Exportaciones de aceites esenciales y resinoides de Guatemala**



**Fuente:** SARAVIDA, Edwin. *Evaluación del rendimiento extractivo, contenido de  $\alpha$ -pineno y tiempo óptimo de extracción del aceite esencial de ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill.) obtenido de hojas, ramillas y frutos mediante el método de hidrodestilación a nivel laboratorio.* p. 14.

## 2.2. El vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)

El vetiver es una planta herbácea, vivaz, perenne, perteneciente a la familia de las Gramíneas. Se sabe que era utilizada por el pueblo TAMIL con propósitos medicinales.

A pesar de que el vetiver es originario de la India, es también cultivado en los países con climas tropicales. En muchos países, el vetiver, ha sido introducido por la industria farmacéutica para la obtención de su aceite esencial.

### 2.2.1. Descripción física

Esta hierba se caracteriza por poseer aroma dulce, arbolado, profundo, combinado con un pequeño olor a tierra. Posee un efecto refrescante similar a otras hierbas, como el eucalipto o la menta.

La planta de vetiver es una gramínea perenne. Tiene un sistema de raíces masivas, esponjosas, densas y profundas, lo que provoca una fuerte unión entre las raíces y el suelo y que, además, crecen muy rápido. Este mismo sistema de raíces hace que la planta sea tolerante a las sequías y permita la infiltración de agua en el suelo. Su sistema radicular puede llegar a alcanzar hasta 6 metros de profundidad. Según excavaciones realizadas en Guatemala se encontró una raíz con una longitud de 4 metros alcanzados en 12 meses en suelo no cultivable, por esto es utilizada en control de erosión de suelos.

La inflorescencia del vetiver es una espiga floral de 15 cm de largo y posee semillas que se reproducen con dificultad.

La mayoría de raíces tiene un grosor muy delgado, con diámetros que van desde 0,5-1,0 mm. Esto presenta una ventaja, pues posibilita un gran volumen de rizósferas para el crecimiento de hongos, lo cual ayuda a la absorción de contaminantes y procesos de descomposición (ejemplo: la nitrificación).

Las hojas son largas, angostas, rígidas, afiladas y de vástago recto. Además, tienen hasta 0,75 m de largo y como máximo 8 mm de ancho. La panícula (en donde se desarrolla la inflorescencia) tiene entre 0,15 a 0,40 m de largo. Sus tallos erguidos alcanzan una altura de 0,5 a 1,5 m.

El medio de propagación más utilizado en esta especie es su sistema radicular, el cual se divide dejando una parte del tallo de 15 a 20 cm de largo para luego ser sembrado.

Existen como 10 especies de gramíneas comunes de la Tribu Antropogoneae y perennes que se encuentran en las regiones tropicales del mundo y que pertenecen a la familia Gramínea, subfamilia Panicoindae y dentro

de estas el pasto vetiver ha demostrado ser el ideal para la conservación del suelo y agua, la humedad del suelo y otros usos como en biorremediación, bioingeniería, forrajes, agroforestería, medicinal, artesanía, energía etc.

El vetiver puede formar una barrera permeable que actúa como un biofiltro que atrapa sedimentos del agua de escorrentía.

#### **2.2.1.1. Características fisiológicas**

Se adapta a suelos con cualquier tipo de textura y tolera una variación del pH excepcionalmente amplia.

La planta crece en toda clase de suelos. La hierba crece de manera exuberante en áreas con precipitación anual de 1 000 a 2 000 mm en rangos de temperaturas desde 21°C hasta 44,5°C. Sin embargo, también puede soportar temperaturas hasta -15°C. Se sabe que en Australia esta planta resistió una severa helada a -14°C. Cuando la temperatura del clima es menor a la temperatura de congelación del agua, las hojas mueren y el color de las mismas se torna púrpura pero su raíz sobrevive. Se sabe que el crecimiento óptimo de la raíz de vetiver se da a temperaturas del suelo de 25°C.

Crece bajo todas las condiciones de humedad, inclusive en condiciones extremas de poca humedad.

Tabla II. **Características fisiológicas de la planta vetiver**

<b>Características</b>	<b>Rango de valores</b>
Temperatura	-15°C a 55°C
Ph	3,3 a 12,5
Tolerancia a herbicidas y plaguicidas	Alto
Metales pesados que soporta	Arsénico, cadmio, cromo, níquel, plomo, mercurio, selenio y zinc.
Condiciones que tolera	Alta acidez, alta alcalinidad, alta salinidad, alta sodicidad.
Eficiencia alta para absorber nutrientes	N y P
Habilidad para brotar inmediatamente después de:	Heladas, sequías, salinidad y otras condiciones adversas.

Fuente: TROUNG, Paul. *La planta de vetiver*. p. 4.

### **2.2.1.2. Características ecológicas**

Si bien es cierto que el vetiver es tolerante a condiciones extremas de clima y suelo, no es tolerante a la sombra. La sombra reduce el crecimiento de la planta y en caso extremo puede eliminarla. Por ello, el vetiver crece mejor en espacios abiertos y libres de maleza.

El vetiver reduce la erosión, estabiliza el terreno y mejora el microambiente, debido a la conservación de humedad y nutrientes.

## **2.2.2. Aceite esencial de vetiver**

El aceite esencial de vetiver no puede ser obtenido sintéticamente. Este aceite esencial es ampliamente utilizado como materia prima en perfumería.

La mejor calidad de aceite esencial se obtiene de las raíces de una planta con edad de 18 a 24 meses. Para obtener el aceite esencial se debe extraer de las raíces, se deben limpiar y secar. Luego, se lavan y se tajan para su posterior destilación.

Las características del aceite esencial que se obtienen, varían en función del lugar donde se cultive la planta, así como de las condiciones del clima y del suelo. Por ejemplo: el aceite que se destila en Haití tiene un aroma más floral y se considera de calidad más alta que el de Java, el cual posee un olor más ahumado.

### **2.2.2.1. Obtención**

El aceite esencial de vetiver se obtiene por destilación, con vapor de agua, de la raíz de vetiver. La raíz de vetiver debe estar previamente secada al sol. El rendimiento llega a más del 2 %.

Si se procesan raíces frescas, es decir, al poco tiempo de haber sido cortadas, se obtiene gran rendimiento en aceite, pero su calidad no es buena, pues tendrá olor a tierra o hierva quemada.

El aceite extraído por destilación, además de ser un excelente perfume por sí mismo, también es un excelente fijador para otros tipos de aceites más volátiles; por ello, se mezcla con otras fragancias.

### 2.2.2.2. Propiedades fisicoquímica

Las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial reportados en la norma ISO 4716:2013 “*Essential Oil of Vetiver [Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty, Syn. Vetiveria zizanioides (L.) Nash]*” Se presentan a continuación:

Tabla III. **Propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de vetiver reportadas en la norma ISO 4716:2013**

		Procedencia				
		Tipo Borbón	China	Haití	Indonesia	Brasil
<b>Apariencia</b>	Líquido viscoso.					
<b>Color</b>	Marrón amarillento a marrón rojizo.					
<b>Olor</b>	Característico, madera y tierra.					
<b>Densidad relativa a 20°C</b>	Valor mínimo	0,990	0,985	0,980	0,980	0,990
	Valor máximo	1,015	1,020	1,005	1,003	1,010
<b>Índice de refracción a 20°C</b>	Valor mínimo	1,522	1,520	1,516	1,520	1,520
	Valor máximo	1,530	1,528	1,527	1,530	1,530
<b>Miscibilidad en etanol</b>	No debe ser necesario usar más de 2 volúmenes de etanol al 80 % para obtener una solución clara usando 1 volumen de aceite esencial.					

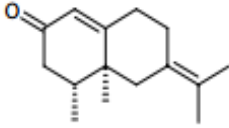
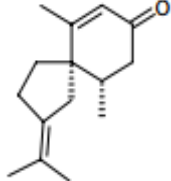
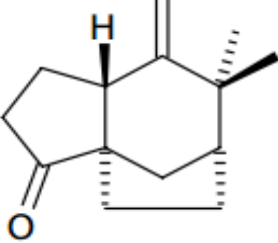
Fuente: Norma ISO 4716:2013.

### 2.2.2.3. Composición

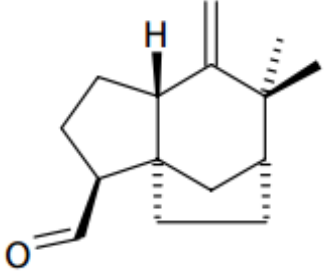
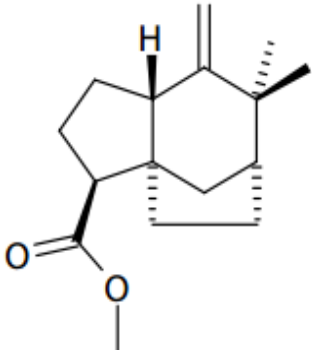
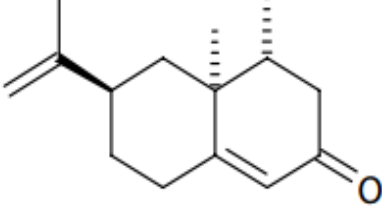
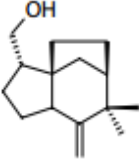
El aceite esencial de vetiver contiene una compleja mezcla de sesquiterpenoides, que son, en su mayoría, complejas estructuras policíclicas.

Los mayores componentes del aceite esencial del vetiver son las  $\alpha$ -vetivona,  $\beta$ -vetivona, y kusimol, pero los componentes más importantes en lo que se refiere a olor son constituyentes menores, tales como kusimona, zizanal y metil zizanoato. La nootkatona es un isómero del  $\alpha$ -vetivono y es un componente importante del olor de la toronja. Además contiene el sesquiterpeno llamado vetivono, dos alcoholes; el alcohol sesquiterpénico llamado vetivenol; ácido palmítico, ácido benzoico y ácido vetivénico. En la tabla No.3 se muestran algunas de las estructuras de los componentes químicos que contiene el aceite esencial de vetiver.

Tabla IV. **Componentes químicos del aceite esencial de vetiver**

Nombre	Estructura
$\alpha$ -vetivona	
$\beta$ -vetivona	
Kusimona	

Continuación tabla IV.

Zizanal	
Metil zizanoato	
Nootkatona	
Kusimol	

Fuente: CAN, Kemal. *Chemistry of essential oils: Handbook of essential oils science technology and applications*. p. 135.



#### **2.2.2.4. Ensayo**

Las falsificaciones con esencia de sándalo, se reconocen por la disminución, tanto del poder rotatorio, como de la densidad relativa.

#### **2.2.2.5. Usos**

El aceite esencial de vetiver es usado principalmente en perfumería como nota baja por su bajo índice de volatilidad. Este aceite es uno de los fijadores de fragancias más finos que se conocen. Es componente principal en el 36% de los perfumes occidentales. Algunos de los perfumes que se elaboran a partir del aceite esencia del vetiver son: Vetiver por Piver LT, Vetiver por Etro y Herrera for men sensual por Carolina Herrera.

Se usa en alimentos como presevante y saborizantes de jarabes y helados. En aromaterapia es usado debido a sus propiedades de desodorización, como humectante para piel seca y deshidratada y tiene un efecto de rejuvenecimiento en la piel madura.

También es considerado como insecticida natural, excelente debido a que contiene el compuesto de Nootkatona, que es tóxico para insectos, pero no es venoso para los humanos

Por sus propiedades antisépticas es usado para cuidados de la piel, cicatrización de cortes y heridas. Posee propiedades relajantes ya que fortalece el sistema nervioso central y puede usarse para combatir insomnio y el estrés.

Otras propiedades que posee: antiinflamatorias, afrodisíacas y calmantes.

Otros usos: mitigación de desastres y protección de infraestructuras, prevención y tratamientos de tierras y aguas contaminadas, control de erosión en tierras agrícolas, artesanías (como en Tailandia, Filipinas y África), techos de casas, construcción de ladrillos de barro, elaboración de cuerdas y mecate y uso ornamental.

#### **2.2.2.6. Precio del aceite esencial de vetiver**

El aceite esencial de vetiver es comercializado por varias casas de fragancias europeas, en presentaciones que van desde 5 mL hasta 100 mL. Estas casas comercializan el aceite esencial de vetiver para uso en aromaterapia. Sondeos realizados por internet dan cuenta de su precio:

Tabla V. **Precio del aceite esencial de vetiver**

<b>Casa</b>	<b>Cantidad (mL)</b>	<b>Precio (Euros)</b>
Marnys	15	16,40
Biovetiver	10	13,50
Herbes	10	14,26
Terpenic	100	76,97

Fuente: Twenga España. <http://www.twenga.es/aceite-esencial-de-vetiver.html>. Consulta: 11 de Julio de 2014.

## **3. METODOLOGÍA**

### **3.1. Localización**

La parte experimental del presente trabajo de graduación, se llevó a cabo en los siguientes laboratorios:

- Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE) de la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Aquí se realizó la extracción del aceite esencial y se evaluó el índice de refracción, solubilidad en etanol y densidad relativa.
- Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada / Centro de Ingeniería Bioquímica. Universidad del Valle de Guatemala. Aquí se determinaron los compuestos químicos presentes en el aceite esencial de vetiver, por medio de cromatografía de gases.
- Laboratorio de Alimentos, Escuela de Nutrición, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **3.2. Variables**

Variable, es una propiedad o atributo que es susceptible de asumir diferentes valores.

### 3.2.1. Variables independientes

Las variables independientes que se tomaron en cuenta fueron: Peso de la materia prima, tipo de solvente a utilizar, condiciones ambientales, tamaño de partícula, tiempo de destilación, edad de las raíces y lugar de siembra.

Tabla VI. Descripción de variables independientes

Descripción de Variables Independientes							
No	Variable	Dimensional	Factor Potencial de Diseño		Factores Perturbadores		
			Constante	Variable	Controlable	De ruido	
<b>Análisis de proceso</b>							
1	Escala laboratorio	Peso materia prima fresca	Kg	X			
2		Peso materia prima deshidratada	Kg	X			
4		Tipo de solvente		X			
5		Condiciones ambientales					X
6		Tamaño de partícula	µm	X			
7		Tiempo de la destilación	h	X			
8		Edad de las raíces	Años			X	
9		Lugar de la siembra				X	

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.2. Variables dependientes

Las variables dependientes que se tomaron en cuenta fueron: Rendimiento, índice de refracción, densidad relativa, solubilidad en etanol, olor, color, apariencia y componentes químicos.

Tabla VII. Descripción de variables dependientes

Descripción de Variables dependientes						
No	Variable	Dimensional	Factor Potencial de Diseño		Factores Perturbadores	
			Constante	Variable	Controlable	De ruido
Análisis de proceso						
1	Rendimiento	%		X		
2	Índice de refracción			X		
3	Densidad relativa			X		
4	Solubilidad en etanol	g/mL		X		
5	Olor			X		
6	Color			X		
7	Apariencia			X		
8	Componentes químicos materia prima fresca		X			
9	Componentes químicos materia prima seca		X			

Fuente: elaboración propia.

### **3.2.3. Variable respuesta**

La variable respuesta para los distintos tratamientos que se trabajaron en la fase experimental fue: el rendimiento extractivo del aceite esencial contenido en la raíz de vetiver, en función de la muestra utilizada (fresca o deshidratada).

### **3.3. Delimitación de campo de estudio**

**Campo de estudio:** Extracciones industriales

**Área de investigación:** Aceites esenciales

**Proceso:** Evaluación del rendimiento y la calidad del aceite esencial de las raíces de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) cultivado en Guatemala, a escala laboratorio.

### **3.4. Obtención de las muestras**

La materia prima fue donada por la empresa, Lo Verde S.A. La plantación de vetiver de esta empresa se encuentra en la desembocadura del río Villa Lobos a las orillas del lago de Amatitlán, municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala. Dicha plantación se ubica a 1 190 metros sobre el nivel del mar, a 27 km de la ciudad de Guatemala y el clima predominante es templado. Las raíces tomadas fueron de un año de edad y del mismo sitio.

### **3.5. Recursos humanos disponibles**

**Investigador:** Boris Rafael Elías Lucas.

**Asesores:** Ing. Qco. Mario José Mérida Meré.

Ing. Qca. Telma Maricela Cano Morales.

### **3.6. Recursos materiales disponibles**

A continuación se detallan los materiales y equipos utilizados para llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

#### **3.6.1. Recursos materiales a utilizar a escala laboratorio**

Cristalería:

- Ampolla de decantación
- Plancha de calentamiento
- Magnetos
- Balón de 1000 mL
- Balón de 125 mL
- Beacker de 500 mL
- Perlas de ebullición
- Agitador de vidrio
- Beacker de 50 mL
- Viales de 4 mL
- Pizeta
- Manguera de caucho
- Pinzas
- Soportes

Equipo:

- Neoclevenger
- Rotaevaporador
- Balanza analítica

- Refractómetro
- Cromatografo de gases

Reactivos:

- Raíces de vetiver
- Agua desmineralizada

### **3.7. Técnica cuantitativa de investigación**

El tipo de técnica que se utilizó fue cuantitativa, experimental y comparativa. Fue cuantitativa pues se midió el índice de refracción, densidad relativa, solubilidad y atributos olfativos del aceite esencial obtenido. Fue comparativa porque confrontó los datos experimentales con los datos teóricos. Fue experimental, ya que las pruebas se corrieron a escala laboratorio.

### **3.8. Procedimiento**

Preparación de la materia prima: La molienda se realizó por medio de tijeras, con el fin de reducir el tamaño de partícula del material vegetal fresco y deshidratado. Seguidamente se tamizó la muestra para lograr un tamaño de partícula homogéneo (procesada en tamiz # 8 y retenida en tamiz # 20).

#### **3.8.1. Extracción del aceite esencial de la raíz de vetiver a escala laboratorio**

- Se lavan las secciones del Neoclevenger con etanol y agua.
- Se colocan 50 g del material a extraer en un balón de 1 000 mL.



- En cada extracción se agregan 500 mL de agua destilada, humedeciendo todo el material vegetal, hasta cubrilo.
- Se acopla el balón que contiene el material vegetal con el Neoclevenger.
- Se recircula el agua del condensador al Neoclevenger, manteniendo el agua de recirculación a una temperatura de 10°C.
- Se transfiere calor al balón de 1 000 mL con la plancha de calentamiento, hasta que de inicio la ebullición.
- Iniciada la ebullición, se toma el tiempo de destilación para dos horas.
- Completado el tiempo de destilación, se suspende el calentamiento hasta que termine de producirse el condensado.
- Se establece la masa de un gotero color ámbar.
- Se transfiere el aceite al gotero, teniendo cuidado de separar la fase oleosa del agua.
- Nuevamente se establece la masa del gotero, pero ahora conteniendo el aceite recuperado, y finalmente por diferencia, se determina la masa del aceite obtenido en la destilación.

### **3.9. Recolección y ordenamiento de la información**

Se realizaron 5 repeticiones para cada muestra. Para cada una de esas repeticiones se tomó el peso de la muestra, el porcentaje de humedad, el rendimiento, el índice de refracción y la densidad relativa. El análisis de los componentes químicos en el aceite esencial se determinó por medio de cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas (GC-MC) en el Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada del Centro de Ingeniería Bioquímica de la Universidad del Valle de Guatemala.

La información se ordenó en tablas que se exponen en la siguiente sección (tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información).

Luego de recolectar la información requerida, se procedió a realizar la prueba de Tukey para aceptar o rechazar las hipótesis alternativas.

### 3.10. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

En las siguientes tablas se encuentra tabulada la información recopilada que se obtuvo al realizar la parte experimental en los laboratorios.

Tabla VIII. **Determinación del porcentaje de humedad de la materia prima**

		Repetición	Porcentaje de Humedad (%)
Escala laboratorio	Muestra fresca	1	74,71
		2	73,16
		3	74,94
		4	71,97
		5	69,32
	Muestra deshidratada	1	7,55
		2	8,12
		3	7,90
		4	8,01
		5	7,60

Fuente: elaboración propia, con base en datos tomados del laboratorio.

Tabla IX. **Rendimiento del aceite esencial de la raíz de vetiver (Vetiveria zizanioides Stapf)**

		r	Peso de materia prima (g)	Relación de baño	Peso del vial	Peso del vial más peso del aceite (g)	Peso del aceite	Rendimiento (%)
Escala laboratorio	Muestra fresca	1	100,30	1/6	2,9596	3,3927	0,4331	0,4318
		2	100,02	1/6	2,9222	3,2784	0,3562	0,3561
		3	100,00	1/6	2,9382	3,3010	0,3628	0,3628
		4	100,00	1/6	2,9392	3,3603	0,4211	0,4211
		5	100,00	1/6	5,1948	5,6164	0,4216	0,4216
	Muestra deshidratada	1	50,00	1/10	2,9390	3,4003	0,4613	0,9226
		2	50,00	1/10	2,9053	3,3486	0,4433	0,8866
		3	50,15	1/10	2,8952	3,3589	0,4637	0,9246
		4	50,00	1/10	6,5488	6,9812	0,4324	0,8648
		5	50,00	1/10	5,2232	5,6926	0,4694	0,9388

Fuente: elaboración propia, con base en datos tomados del laboratorio.

Tabla X. **Valores promedios y desviación estándar del rendimiento del aceite esencial de la raíz de vetiver (Vetiveria zizanioides Stapf)**

	Muestra	
	Fresca (%)	Deshidratada (%)
$\bar{y}$	0,3987	0,9100
S	0,0323	0,0243

Fuente: elaboración propia, con base en tabla no. VIII.

Tabla XI. **Componentes químicos del aceite esencial de la raíz de vetiver obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima fresca. Repetición 1**

No.	Tiempo de retención (min)	%Área	Componente químico	No. CAS	Qual
1	59,02	16,02	Cis-alpha-copaene-8-ol	05869-25-8	25
2	59,802	15,21	3-(4-hydroxyisopent-2-(z)-enyl)-4-hydroxyacetophenone	24672-83-1	25
3	58,874	7,69	Khusilic acid	1451-36-1	55
4	6,187	6,68	Ethyl alcohol	64-17-5	91
5	57,823	6,55	Cycloisolongifolene, 9,10-dehydro-	100056-81-6	46
6	56,563	4,5	(+)-Clovene	469-92-1	38
7	60,152	4,74	1-Methyl-1-n-pentyloxi-1-silacyclohexane	232270-61-0	30
8	49,399	3,14	gamma-murhone	30021-74-0	30
9	59,957	3,05	gamma-elemene	30824-67-0	47
10	78,138	2,55	Zizanoic Acid	16203-25-1	91
11	55,622	2,35	2-methoxy-5-methylbenzaldehyde	7083-19-4	35
12	45,401	2,19	$\beta$ -eudesmol	473-15-4	64

Fuente: elaboración propia, con base en la identificación de los componentes químicos para la repetición 1, usando muestra fresca.

Tabla XII. **Componentes químicos del aceite esencial de la raíz de vetiver obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima fresca. Repetición 2**

No.	Tiempo de retención (min)	%Área	Componente químico	No. CAS	Qual
1	58,997	15,86	Cis-alpha-copaene-8-ol	05869-25-8	25
2	59,775	14,52	3-(4-hydroxyisopent-2-(z)-enyl)-4-hydroxyacetophenone	24672-83-1	25
3	57,81	6,78	Cycloisolongifolene, 9,10-dehydro-	100056-81-6	46
4	58,865	6,7	Khusilic acid	1451-36-1	51
5	6,61	5,19	Ethyl Alcohol	64-17-5	91
6	56,55	4,82	(+)-Clove	469-92-1	49
7	60,116	4,1	1-Methyl-1-n-pentyloxi-1-silacyclohexane	232270-61-0	30
8	59,943	2,93	gamma-elemene	30824-67-0	47
9	49,39	2,67	gamma-murolone	30021-74-0	50
10	55,617	2,48	2-methoxy-5-methylbenzaldehyde	7383-19-4	38
11	78,12	2,46	Zizanoic Acid	16203-25-1	91
12	53,452	2,13	Benzeneacetonitrile, 3,4-dimethoxy	93-17-4	16

Fuente: elaboración propia, con base en la identificación de los componentes químicos para la repetición 2, usando muestra fresca.

Tabla XIII. **Componentes químicos del aceite esencial de la raíz de vetiver obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima fresca. Repetición 3**

No.	Tiempo de retención (min)	%Área	Componente químico	No. CAS	Qual
1	59,02	16,02	Cis-alpha-copaene-8-ol	05869-25-8	25
2	59,802	15,21	3-(4-hydroxyisopent-2-(z)-enyl)-4-hydroxyacetophenone	24672-83-1	25
3	58,874	7,69	Khusilic acid	1451-36-1	55
4	6,187	6,68	Ethyl alcohol	64-17-5	91
5	57,823	6,55	Cycloisolongifolene, 9,10-dehydro-	100056-81-6	46
6	56,563	4,5	(+)-Clovene	469-92-1	38
7	60,152	4,74	1-Methyl-1-n-pentyloxi-1-silacyclohexane	232270-61-0	30
8	49,399	3,14	gamma-murolone	30021-74-0	30
9	59,957	3,05	gamma-elemene	30824-67-0	47
10	78,138	2,55	Zizanoic Acid	16203-25-1	91
11	55,622	2,35	2-methoxy-5-methylbenzaldehyde	7083-19-4	35
12	45,401	2,19	$\beta$ -eudesmol	473-15-4	64

Fuente: elaboración propia, con base en la identificación de los componentes químicos para la repetición 3, usando muestra fresca.

Tabla XIV. **Componentes químicos del aceite esencial de la raíz de vetiver obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada. Repetición 1**

No.	Tiempo de retención	%Área	Nombre del componente químico	No. CAS	Qual
1	58,87	29,07	cis-alpha-copaene-8-ol	58569-25-8	25
2	6,169	27,18	Ethyl alcohol	64-17-5	91
3	59,656	19,21	$\beta$ -vatiene	1000293-04-2	38
4	57,728	8,3	Cycloisolongifolene, 9,10-dehydro-	1000156-81-6	46
5	60,002	6,38	1-methyl-1-n-pentyloxy-1-silacyclohexane	232270-61-0	30
6	56,486	6,23	(+)-clovene	469-92-1	53
7	59,888	3,63	gamma-elemene	30824-67-0	47

Fuente: elaboración propia, con base en la identificación de los componentes químicos para la repetición 1, usando muestra deshidratada.

Tabla XV. **Componentes químicos del aceite esencial de la raíz de vetiver obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada. Repetición 2**

No.	Tiempo de retención	%Área	Nombre del componente químico	No. CAS	Qual
1	58,983	16,99	7-Methoxymetyl-2,7-dimethylcyclohepata-1,3,5-triene	73992-48-0	30
2	59,776	16,26	$\beta$ -Vatirenene	1000293-04-2	38
3	57,805	7,06	Cycloisolongifolene, 9,10-dehydro-	1000156-81-6	46
4	58,851	7,15	Kushilic acid	1451-36-1	55
5	6,16	6,23	Ethyl alcohol	64-17-5	50
6	60,107	5,2	1-methyl-1-n-pentyloxy-1-silacyclohexane	232270-61-0	30
7	56,541	5,09	(+)-clovene	469-92-1	49
8	59,934	3,12	gamma elemene	30824-67-0	47
9	78,124	3,05	m-Tolonic acid, 2,2-dimethylpropyl ester	69912-00-1	25
10	49,377	2,54	$\beta$ -eudesmol	473-15-4	49
11	49,377	2,35	gamma murolone	30021-74-0	49
12	57,282	2,14	1s, 4R, 7R, 11R-1,3,4,7-tetramethyltricyclo (5.3.1.0(4,11))undec-2-en-8-one	137235-42-8	55

Fuente: elaboración propia, con base en la identificación de los componentes químicos para la repetición 2, usando muestra deshidratada.



Tabla XVI. **Componentes químicos del aceite esencial de la raíz de vetiver obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada. Repetición 3**

No.	Tiempo de retención (min)	%Área	Componente químico	No. CAS	Qual
1	58,993	16,69	Cis-alpha-copaene-8-ol	58569-25-8	25
2	59,775	16,36	1,3,4-trymethyl-6-cyclohexylbenzen	1000300-40-2	14
3	58,861	7,42	Khusilic ácid	1451-36-1	55
4	57,81	7,34	Cycloisolongifolene, 9,10-dehydro-	1000156-81-6	46
5	56,55	4,94	(+)-clovene	469-92-1	38
6	60,116	4,54	1-methyl-1-n-pentyloxy-1-silacyclohexane	232270-61-0	30
7	6,16	4,26	Ethyl alcohol	64-17-5	91
8	59,943	3,25	gamma elemene	30824-67-0	47
9	78,138	3,09	m-Toloic acud, 2,2-dimethylpropyl ester	69912-00-1	25
10	55,617	2,6	2-cyclopent-1-one, 2-(2-butenyl)-3-methyl-,(z)-	17190-71-5	38
11	45,392	2,32	$\beta$ -eudesmol	473-15-4	87
12	49,381	2,31	gamma murolone	30021-74-0	49

Fuente: elaboración propia, con base los en la identificación de los componentes químicos para la repetición 3 usando, muestra deshidratada.

Tabla XVII. **Índice de refracción del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

Repetición	Muestra	
	Fresca	Deshidratada
1	1,5225	1,5225
2	1,5225	1,5231
3	1,5225	1,5230
4	1,5222	1,5210
5	1,5210	1,5215
$\bar{y}$	<b>1,5221</b>	<b>1,5222</b>
<b>S</b>	<b>0,0006</b>	<b>0,0008</b>

Fuente: elaboración propia, con base en datos tomados del laboratorio.

Tabla XVIII. **Densidad del agua a 20°C medida en el laboratorio**

Peso del picnómetro (g)	Volumen del picnómetro (mL)	Peso del picnómetro + agua a 20°C (g)	Densidad del agua a 20°C (mL)
3,1595	1,088	4,2402	0,9933

Fuente: elaboración propia, con base en datos tomados del laboratorio.

Tabla XIX. **Densidad del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) para la muestra fresca**

Repetición	Peso de la muestra + Picnómetro	Peso del picnómetro	Peso de la muestra en el picnómetro	Densidad
1	4,1982	3,1595	1,0387	0,9547
2	4,2236		1,0641	0,9780
3	4,2323		1,0728	0,9860
4	4,2218		1,0623	0,9764
5	4,2292		1,0697	0,9832

Fuente: elaboración propia, con base en la tabla XVII y datos tomados del laboratorio.

Tabla XX. **Densidad del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) para la muestra deshidratada**

Repetición	Peso de la muestra + Picnómetro	Peso del picnómetro	Peso de la muestra en el picnómetro	Densidad
1	4,2131	3,1595	1,0536	0,9684
2	4,2070		1,0475	0,9628
3	4,2255		1,0660	0,9798
4	4,2279		1,0684	0,9820
5	4,2256		1,0661	0,9799

Fuente: elaboración propia, con base en la tabla XVII y datos tomados del laboratorio.

Tabla XXI. **Densidad relativa del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) para la muestra deshidratada y para la muestra húmeda**

Repetición	Densidad relativa (adimensional)	
	Muestra	
	Fresca	Deshidratada
1	0,9611	0,9749
2	0,9846	0,9693
3	0,9927	0,9864
4	0,9830	0,9886
5	0,9898	0,9865
$\bar{y}$	<b>0,9823</b>	<b>0,9811</b>
<b>S</b>	<b>0,0111</b>	<b>0,0076</b>

Fuente: elaboración propia, con base en las tablas no. XVIII y XIX.

Tabla XXII. **Apariencia y color del aceite esencial de vetiver**

	Repetición	Apariencia	Color
Muestra fresca	1	Viscosa	Amarillo claro
	2	Viscosa	Amarillo claro
	3	Viscosa	Amarillo claro
	4	Viscosa	Amarillo claro
	5	Viscosa	Amarillo claro
Muestra deshidratada	1	Viscosa	Amarillo claro
	2	Viscosa	Amarillo claro
	3	Viscosa	Amarillo claro
	4	Viscosa	Amarillo claro
	5	Viscosa	Amarillo claro

Continuación tabla XXII

Muestra de Patrón	1	Viscosa	Café-rojo
	2	Viscosa	Café-rojo
	3	Viscosa	Café-rojo
	4	Viscosa	Café-rojo
	5	Viscosa	Café-rojo

Fuente: elaboración propia, con base en datos tomados en el laboratorio.

Tabla XXIII. **Solubilidad en etanol del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) para la muestra fresca**

Repetición	Muestra fresca		
	Volumen de etanol, VE (mL)	Volumen de aceite VA (mL)	VE/VA
1	0,70	0,40	1,75
2	0,65	0,40	1,63
3	0,70	0,40	1,75

Fuente: elaboración propia, con base en datos tomados en el laboratorio.

Tabla XXIV. **Solubilidad en etanol del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) para la muestra deshidratada**

Muestra deshidratada			
Repetición	Volumen de etanol, VE (mL)	Volumen de aceite VA (mL)	VE/VA
1	0,75	0,40	1,88
2	0,70	0,40	1,75
3	0,70	0,40	1,75

Fuente: elaboración propia, con base en datos tomados en el laboratorio.

Tabla XXV. **Solubilidad en etanol del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) para las muestras húmeda y deshidratada**

	Muestra fresca	Muestra deshidratada
$\bar{y}$	1,71	1,79
$\Sigma$	0,07	0,07

Fuente: elaboración propia, con base en las tablas XXII y XXIII.

### 3.10.1. Análisis del olor (análisis olfativo)

Para realizar el análisis olfativo, se procedió a solicitar colaboración en la Escuela de Nutrición de la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Allí se asignó a la licenciada Sucelly Orozco de Morales, profesora del curso de “Análisis de los Alimentos”, como asesora en la realización del análisis olfativo.

Para el análisis olfativo se conformó un grupo de jueces, formados por ocho estudiantes del curso “Análisis de los Alimentos” (*focus group*). En dicho curso preparan a los estudiantes para el análisis sensorial de alimentos (evaluación del sabor, evaluación del olor, pruebas hedónicas, etc.). Para realizar la evaluación del olor, se entrenó al *focus group* durante 20 horas, distribuidas en seis semanas.

La licenciada Orozco, estableció las notas que presentaba el aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanoides* Stapf). A partir de ellas se procedió a hacer el siguiente formulario:

Tabla XXVI. **Perfil aromático del aceite esencial de vetiver**

Perfil aromático del aceite esencial de vetiver			
Olor	Lo posee	No lo posee	Observaciones/Sugerencias
Corozo			
Eucalipto			
Menta			
Hierba Buena			
Madera seca			
Madera húmeda			
Broza			
Alcohol etílico			
Manía			

Fuente: elaboración propia, con base en los atributos establecidos en el Laboratorio de Ciencias de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Después se solicitó colaboración al grupo de jueces para llenar el formulario anterior, con el fin de observar si ellas percibían, en las muestras de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), las notas encontradas por la licenciada Orozco. Además, se solicitó la sugerencia de ellas para describir qué otras notas percibieron en el aceite esencial. Luego se establecieron las notas que realmente estaban en el aceite esencial y se eliminaron las que no percibieron los estudiantes. Las notas que se establecieron fueron: cardamomo, hierba, eucalipto, menta, madera, fenólica y tierra húmeda).

Con las notas establecidas se procedió a utilizar el siguiente formato para la evaluación del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf):



Figura 6. **Evaluación olfatoria del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**



Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Escuela de Nutrición, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia en colaboración  
 con la Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería.  
 Evaluación olfatoria del aceite esencial de vetiver (*vetiveria zizanioides* stapf).



Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Instrucciones: A continuación se le presentan 3 muestras con diferentes esencias. Evalúe olfatoriamente cada atributo según el orden presentado. Recuerde, la intensidad debe ser evaluación de menor (0=nada) a mucha (10)

Nota a evaluar: **Cardamomo**

Muestra	Nada <span style="float: right;">Mucho</span>										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
80	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
120	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Nota a evaluar: **Hierba**

Muestra	Nada <span style="float: right;">Mucho</span>										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
80	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
120	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Nota a evaluar: **Eucalipto**

Muestra	Nada <span style="float: right;">Mucho</span>										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Patrón	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
80	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
120	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Continuación figura 6.

Nota a evaluar: **Menta**

	Nada										Mucho
Muestra	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
80	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
120	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nota a evaluar: **Madera**

	Nada										Mucho
Muestra	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
80	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
120	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nota a evaluar: **Fenólica**

	Nada										Mucho
Muestra	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
80	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
120	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Continuación figura 6.

Nota a evaluar: **Tierra húmeda**

	Nada										Mucho
Muestra	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
80	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
120	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



¡Gracias por tu colaboración! ¡Éxitos y bendiciones en todo lo que emprendas!



Fuente: elaboración propia, con base en los atributos establecidos en el Laboratorio de Ciencias de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Los datos obtenidos de las pruebas se muestran a continuación:

Tabla XXVII. **Calificación de los atributos: cardamomo, herbal, eucalipto y menta, encontrados para la muestra patrón del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

No.	Panelista	Cardamomo			Herbal			Eucalipto			Menta		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	Sucelly Orozco	10	7	7	7	8	7	5	8	8	6	7	7
2	Sofía Fernandez	5	9	7	7	6	5	7	6	7	8	5	5
3	Carolina Castañeda	1	2	0	2	1	1	2	1	0	1	2	1
4	Maria Zepeda	5	5	5	6	4	5	5	6	5	2	3	2
5	Eileen Fabián	6	5	8	0	4	2	4	5	4	2	4	4
6	Luisa María Gómez	9	4	5	1	1	0	5	5	4	2	2	2
7	Eva Liliana López	6	5	3	5	3	5	2	5	3	8	5	5
8	Keren Reyes	4	1	2	3	5	2	7	7	3	5	5	2
	<b>Mediana</b>	<b>5</b>			<b>4</b>						<b>4</b>		

Fuente: elaboración propia, recolectado con jueces del Laboratorio de Ciencias de Alimentos, Escuela de nutrición, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla XXVIII. **Calificación de los atributos: maderoso, fenólico y terroso, encontrados para la muestra patrón del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

No.	Panelista	Maderoso			Fenólico			Terroso		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	Sucelly Orozco	10	7	5	7	4	5	3	6	5
2	Sofía Fernandez	8	10	10	1	3	3	3	6	8
3	Carolina Castañeda	3	3	1	0	0	0	7	4	1
4	Maria Zepeda	7	5	8	3	2	2	5	4	8
5	Eileen Fabián	7	7	10	3	3	4	2	4	4
6	Luisa María Gómez	5	8	7	1	3	3	4	4	4

Continuación XXVIII

No.	Panelista	Maderoso			Fenólico			Terroso		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
7	Eva Liliana López	6	7	8	0	1	3	4	4	4
8	Keren Reyes	7	9	9	3	6	2	4	4	6
<b>Mediana</b>		<b>7</b>			<b>3</b>			<b>4</b>		

Fuente: elaboración propia, recolectado con jueces del Laboratorio de Ciencias de Alimentos, Escuela de nutrición, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla XXIX. **Calificación de los atributos: cardamomo, herbal, eucalipto y menta, encontrados para la muestra fresca del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

No.	Panelista	Cardamomo			Herbal			Eucalipto			Menta		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	Sucelly Orozco	8	6	6	6	6	5	7	6	6	6	6	6
2	Sofía Fernandez	3	7	6	6	5	6	7	6	6	3	6	7
3	Carolina Castañeda	1	1	0	3	2	1	1	1	1	1	1	1
4	Maria Zepeda	6	8	6	6	3	6	4	6	6	7	3	2
5	Eileen Fabián	4	5	2	0	4	2	5	6	2	1	4	3
6	Luisa María Gómez	6	2	5	0	0	1	4	7	5	0	1	2
7	Eva Liliana López	8	3	2	5	6	4	5	2	2	7	4	4
8	Keren Reyes	5	2	6	3	6	3	6	6	6	7	4	5
<b>Mediana</b>		<b>5</b>			<b>4</b>			<b>6</b>			<b>4</b>		

Fuente: elaboración propia, recolectado con jueces del Laboratorio de Ciencias de Alimentos, Escuela de nutrición, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla XXX. **Calificación de los atributos: maderoso, fenólico y terroso, encontrados para la muestra fresca aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

No.	Panelista	Maderoso			Fenólico			Terroso		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	Sucelly Orozco	8	7	5	7	3	4	5	5	4
2	Sofía Fernandez	7	8	8	1	5	3	6	10	6
3	Carolina Castañeda	1	3	2	0	0	0	3	3	1
4	María Fernanda	8	8	6	3	2	4	5	4	6
5	Eileen Fabián	7	8	9	3	3	2	2	5	3
6	Luisa María Gómez	10	8	8	1	3	3	5	5	5
7	Eva Liliana López	9	7	8	0	1	1	3	4	4
8	Keren Reyes	7	8	6	3	3	3	2	3	5
<b>Mediana</b>		<b>8</b>			<b>3</b>			<b>5</b>		

Fuente: elaboración propia, recolectado con jueces del Laboratorio de Ciencias de Alimentos, Escuela de nutrición, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla XXXI. **Calificación de los atributos: cardamomo, herbal, eucalipto y menta para la muestra deshidratada del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

No.	Panelista	Cardamomo			Herbal			Eucalipto			Menta		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	Sucelly Orozco	4	6	6	4	7	5	4	8	7	7	2	5
2	Sofía Fernandez	3	9	4	4	7	5	6	9	6	5	7	4
3	Carolina Castañeda	1	0	1	2	1	1	3	1	0	1	1	1
4	María Fernanda	6	4	8	8	5	4	4	4	8	6	2	3
5	Eileen Fabián	8	4	6	0	4	4	4	4	3	1	4	4
6	Luisa María Gómez	8	3	2	3	5	0	5	9	4	2	2	5
7	Eva Liliana López	5	5	3	7	6	5	8	4	3	8	6	3

Continuación tabla no. XXXI.

No.	Panelista	Cardamomo			Herbal			Eucalipto			Menta		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
8	Keren Reyes	1	0	4	5	3	3	8	1	6	6	2	4
	Mediana	4			4			4			4		

Fuente: elaboración propia, recolectado con jueces del Laboratorio de Ciencias de Alimentos, Escuela de nutrición, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla XXXII. **Calificación de los atributos: maderoso, fenólico y terroso para la muestra deshidratada del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

No.	Panelista	Madera			Fenólico			Terroso		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	Sucelly Orozco	9	3	5	5	1	6	4	4	5
2	Sofía Fernandez	4	9	7	1	4	4	1	9	7
3	Carolina Castañeda	2	2	3	0	0	0	5	2	2
4	Maria Fernanda	9	8	6	1	1	3	4	6	6
5	Eileen Fabián	5	7	7	2	1	3	3	4	2
6	Luisa Maria Gómez	7	5	6	1	2	1	4	4	4
7	Eva Liliana López	9	8	7	0	1	0	3	4	3
8	Keren Reyes	8	9	7	4	1	4	2	3	3
	Mediana	7			1			4		

Fuente: elaboración propia, recolectado con jueces del Laboratorio de Ciencias de Alimentos, Escuela de nutrición, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

### 3.11. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó por medio del análisis de varianza (ANOVA, también llamado ANDEVA) de un factor debido a que se evaluó el efecto que tiene una variable independiente (muestra seca y muestra deshidratada) sobre una variable respuesta (densidad relativa, índice de refracción y solubilidad).

#### 3.11.1. Número de repeticiones necesarias

Para este cálculo se usó la siguiente ecuación:

$$n = \frac{1,96^2 * S^2}{e^2} \quad [\text{Ecuación 3, ref. 13, p. 211}]$$

Donde:

- 1,96 t de student para una confiabilidad al 95% cuando “n” tiene al infinito
- s Desviación estándar poblacional
- e Desviación absoluta máxima permitida sobre la media

Ejemplo: Calcular el número de repeticiones necesarias para obtener una medidas significativas si se desea que la desviación estándar sea 0.032 y “e” se desea que sea 0,030



$$n = \frac{t^2 * S^2}{e^2} = \frac{1,96^2 * 0,032^2}{0,030^2} = 4,37 \sim 5 \quad [\text{Ecuación 4, ref. 13, p. 211}]$$

### 3.11.2. Datos promedios

Se obtuvo el promedio representativo para cada una de las variables que se analizaron. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n x_i}{n} \quad [\text{Ecuación 5, ref. 13, p. 27}]$$

Donde:

$x_i$	Valor i-ésimo
N	Número total de datos
$\bar{x}$	Valor promedio

### 3.11.3. Desviación estándar

Permitió cuantificar la dispersión de los valores para una misma medición respecto al valor promedio, lo cual representó el error aleatorio causado por diversos factores. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n |\bar{x} - x_i|}{n-1}} \quad [\text{Ecuación 6, ref. 13, p. 27}]$$

Donde:

$x_i$	Valor i-ésimo
N	Número total de datos
S	Desviación estándar
$\bar{x}$	Valor promedio

#### 3.11.4. Análisis de varianza

El análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó por medio del análisis de varianza (ANOVA, también llamado ANDEVA) de un factor debido a que se evaluó el efecto que tiene una variable independiente (muestra seca y muestra deshidratada) sobre una variable respuesta (densidad relativa, índice de refracción y solubilidad). Este análisis se utiliza para verificar si hay diferencias estadísticamente significativas entre medias, cuando se tienen más de 2 muestras o grupos en el mismo planteamiento.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a = 0$$

$$H_a: \mu_i \neq 0 \text{ al menos una } i$$

Donde  $H_0$  es la hipótesis nula,  $H_a$ , la hipótesis alternativa y  $\mu_i$  es la media del tratamiento; entendiéndose por tratamiento, cada una de las variables independientes. En nuestro caso, únicamente hay dos tratamientos: la muestra fresca y la muestra deshidratada.

En el análisis de varianza se supone que cualquier variación que exista entre los promedios de los tratamientos se debe a la variación entre observaciones de un mismo tratamiento y a la variación entre los tipos de tratamiento.

La técnica fundamental consiste en la separación de la suma de cuadrados (SS) en componentes relativos a los factores contemplados en el modelo. En la prueba ANOVA, se reúne evidencia muestral de cada población bajo estudio y se usan estos datos para calcular un estadístico muestral. Después se consulta la distribución muestral, para determinar si el estadístico muestral contradice la suposición de que la hipótesis nula es cierta. En el ANOVA, un valor de F

significativo indica que no todas las condiciones producen el mismo efecto sobre la variable dependiente.

Procedimiento ANOVA

Se parte de la siguiente tabla:

Tabla XXXIII. **ANOVA**

<b>Tratamiento:</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>...</b>	<b><i>i</i></b>	<b>...</b>	<b><i>k</i></b>	
	$y_{11}$	$y_{21}$	<b>...</b>	$y_{i1}$	<b>...</b>	$y_{k1}$	
	$y_{12}$	$y_{22}$	<b>...</b>	$y_{i2}$	<b>...</b>	$y_{k2}$	
	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$	
	$y_{1n}$	$y_{2n}$	<b>...</b>	$y_{in}$	<b>...</b>	$y_{kn}$	
<b>Total</b>	$Y_1$	$Y_2$	<b>...</b>	$Y_i$	<b>...</b>	$Y_k$	$Y_{..}$
<b>Media</b>	$\bar{y}_1$	$\bar{y}_2$	<b>...</b>	$\bar{y}_i$	<b>...</b>	$\bar{y}_k$	$\bar{y}_{..}$

Fuente: WALPOLE, Ronald. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. p. 510.

Donde:

- $y_{kn}$             Repetición kn-ésima.
- $Y$                 Suma total de todos los datos.
- $\bar{y}$                 Valor promedio de todos los datos.

- Se realiza la suma de cuadrados:

$$STC = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 \quad [\text{Ecuación 7, ref. 13, p. 511}]$$

$$SCT = n \sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y}_{..})^2 \quad [\text{Ecuación 8, ref. 13, p. 511}]$$

$$SCE = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y})^2 \quad [\text{Ecuación 9, ref. 13, p. 511}]$$

Donde:

<i>STC</i>	Suma total de cuadrados
<i>SCT</i>	Suma de cuadrados del tratamiento
<i>SCE</i>	Suma de cuadrados del error

- Se realiza el cálculo del cuadrado medio del error y del tratamiento:

$$s_1^2 = \frac{SCT}{k-1} \quad [\text{Ecuación 10, ref. 13, pág. 511}]$$

$$s^2 = \frac{SCE}{k(n-1)} \quad [\text{Ecuación 11, ref. 13, p. 511}]$$

Donde:

$s_1^2$	Cuadrado medio del tratamiento
$s^2$	Cuadrado medio del error
$k$	Número de tratamientos
$n$	Número de repeticiones

- Se realiza el cálculo de la "F".

$$F = \frac{s_1^2}{s^2} \text{ [Ecuación 12, ref. 13, p. 512]}$$

Donde:

$F$  Valor crítico teórico para la distribución F.

- Ordenar los datos en una tabla como la siguiente:

Figura 7. **Análisis de varianza para el ANOVA de un solo factor**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	$f$ calculada
Tratamientos	$SCT$	$k - 1$	$s_1^2 = \frac{SCT}{k - 1}$	$\frac{s_1^2}{s^2}$
Error	$SCE$	$k(n - 1)$	$s^2 = \frac{SCE}{k(n - 1)}$	
Total	$STC$	$kn - 1$		

Fuente: WALPOLE, Ronald. *Probabilidad & Statics for Enginners & Scientists*. p. 512.

- Calcular el valor teórico crítico de F:

Figura 8. **Valores críticos para la distribución F**

$n(k-1)$	$k-1$			
	1	2	3	4
1	4052.18	4999.50	5403.35	5624.58
2	98.50	99.00	99.17	99.25
3	34.12	30.82	29.46	28.71
4	21.20	18.00	16.69	15.98
5	16.26	13.27	12.06	11.39
6	13.75	10.92	9.78	9.15
7	12.25	9.55	8.45	7.85
8	11.26	8.65	7.59	7.01
9	10.56	8.02	6.99	6.42
10	10.04	7.56	6.55	5.99

Fuente: WALPOLE, Ronald. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. p. 510.

- Regla de decisión

Si  $F_{calculada} \leq F_{teórica}$  aceptar la hipótesis nula

Si  $F_{calculada} \geq F_{teórica}$  aceptar la hipótesis alternativa

Hipótesis alternativa:

- Existe diferencia significativa entre el rendimiento del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada, que utilizando materia prima fresca.
- Existe diferencia significativa entre las propiedades físicoquímicas (densidad relativa, índice de refracción y solubilidad en etanol al 80 %) del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada, que utilizando materia prima fresca.
- Existe diferencia significativa entre los atributos olfativos del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada, que utilizando materia prima fresca y comparadas con una muestra de aceite patrón.
- Existe diferencia significativa entre el contenido de los componentes químicos del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada, que utilizando materia prima fresca.

Hipótesis nula:

- No existe diferencia significativa entre el rendimiento del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada, que utilizando materia prima fresca.
- No existe diferencia significativa entre las propiedades fisicoquímicas (aparición, color, olor, densidad relativa, índice de refracción y solubilidad en etanol al 80 %) del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada, que utilizando materia prima fresca.
- No existe diferencia significativa entre los atributos olfativos del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada, que utilizando materia prima fresca y comparadas con una muestra de aceite patrón.
- No existe diferencia significativa entre el contenido de los componentes químicos del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), obtenido a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada, que utilizando materia prima fresca.

Las tablas XXXIV a XLV muestran los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizadas para cada una de las variables evaluadas.

Tabla XXXIV. **Análisis de varianza del rendimiento del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para la muestra fresca y deshidratada**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
Entre grupos	0,65347	1	0,65347	638,044	6,5E-09	5,31766
Dentro de los grupos	0,00819	8	0,00102			
Total	0,66166	9				

Fuente: elaboración propia, con base en la tabla VIII.

Tabla XXXV. **Análisis de varianza del índice de refracción del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para la muestra fresca y deshidratada**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
Entre grupos	1,6000E-08	1	1,60E-08	2,48E-02	8,79E-01	5,3177
Dentro de los grupos	5,1600E-06	8	6,45E-07			
Total	5,1760E-06	9				

Fuente: elaboración propia, con base en la tabla XVI.



Tabla XXXVI. **Análisis de varianza de la densidad relativa del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para la muestra húmeda y deshidratada**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
Entre grupos	3,0824E-06	1	3,0824E-06	0,02710	0,87332	5,31765
Dentro de los grupos	9,0985E-04	8	0,00011373			
Total	9,1294E-04	9				

Fuente: elaboración propia, con base en la tabla XX.

Tabla XXXVII. **Análisis de varianza de la solubilidad en etanol del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para la muestra húmeda y deshidratada**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
Entre grupos	2,4867E-02	2	1,2433E-02	1,1930	0,3663	5,1433
Dentro de los grupos	6,2533E-02	6	1,0422E-02			
Total	8,7400E-02	8				

Fuente: elaboración propia, con base en la tabla XXIV.

Tabla XXXVIII. **Análisis de varianza del atributo cardamomo del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para tres muestras distintas (fresca, deshidratada y patrón)**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	7,000	2	3,500	0,9368	0,3989	3,1907
Panelistas	256,875	7	36,696	9,8221	1,5695E-07	2,2074
Interacción	43,667	14	3,119	0,8348	0,6294	1,9037
Dentro del grupo	179,333	48	3,736			
Total	486,875	71				

Fuente: elaboración propia, con base en la tabla XXVI, XXVIII, XXX.

Tabla XXXIX. **Análisis de varianza del atributo herbal del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para tres muestras distintas (fresca, deshidratada y patrón)**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	3,0000	2	1,5000	0,7105	0,4965	3,1907
Panelistas	236,2222	7	33,7460	15,9850	1,2414E-10	2,2074
Interacción	17,4444	14	1,2460	0,5902	0,8593	1,9037
Dentro del grupo	101,3333	48	2,1111			
Total	358,0000	71				

Fuente: elaboración propia, con base en la tabla XXVI, XXVIII, XXX.

Tabla XL. **Análisis de varianza del atributo eucalipto del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para tres muestras distintas (fresca, deshidratada y patrón)**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
Muestra	0,3333	2	0,16667	0,0622	0,9398	3,1907
Panelistas	195,7778	7	27,96825	10,4338	6,9993E-08	2,2074
Interacción	9,2222	14	0,65873	0,2457	0,9969	1,9037
Dentro del grupo	128,6667	48	2,68056			
Total	334,0000	71				

Fuente: elaboración propia, con base en la tabla XXVI, XXVIII, XXX.

Tabla XLI. **Análisis de varianza del atributo menta del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para tres muestras distintas (fresca, deshidratada y patrón)**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
Muestra	0,4444	2	0,2222	0,0879	0,9160	3,1907
Columnas	196,2083	7	28,0298	11,0887	3,0309E-08	2,2074
Interacción	23,3333	14	1,6667	0,6593	0,8007	1,9037
Dentro del grupo	121,3333	48	2,5278			
Total	341,3194	71				

Fuente: elaboración propia, con base en la tabla XXVI, XXVIII, XXX.

Tabla XLII. **Análisis de varianza del atributo maderoso del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para tres muestras distintas (fresca, deshidratada y patrón)**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
Muestra	5,8611	2	2,9306	1,3791	0,2616	3,1907
Columnas	221,0972	7	31,5853	14,8637	3,9413E-10	2,2074
Interacción Dentro del grupo	33,0278	14	2,3591	1,1102	0,3736	1,9037
	102,0000	48	2,1250			
<b>Total</b>	<b>361,9861</b>	<b>71</b>				

Fuente: elaboración propia, con base en la tabla XXVII, XXIX, XXXI.

Tabla XLIII. **Análisis de varianza del atributo fenólico del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para tres muestras distintas (fresca, deshidratada y patrón)**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
Muestra	5,7778	2	2,8889	1,7479	0,1850	3,1907
Columnas	130,6111	7	18,6587	11,2893	2,3584E-08	2,2074
Interacción Dentro del grupo	7,5556	14	0,5397	0,3265	0,9872	1,9037
	79,3333	48	1,6528			
<b>Total</b>	<b>223,2778</b>	<b>71</b>				

Fuente: elaboración propia, con base en la tabla XXVII, XXIX, XXXI.

Tabla XLIV. **Análisis de varianza del atributo terroso del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio, para tres muestras distintas (fresca, deshidratada y patrón)**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	4,1944	2	2,0972	0,8389	0,4384	3,1907
Columnas	77,2083	7	11,0298	4,4119	0,0008	2,2074
Interacción	15,5833	14	1,1131	0,4452	0,9501	1,9037
Dentro del grupo	120,0000	48	2,5000			
Total	216,9861	71				

Fuente: elaboración propia, con base en la tabla XXVII, XXIX, XXXI.

### 3.12. Plan de análisis de los resultados

La información recolectada se procedió a analizar utilizando el análisis de varianza para observar la congruencia entre datos. Se desecharon aquellos datos que presentaban un bajo grado de ajuste.

#### 3.12.1. Métodos y modelos de los datos según tipo de variables

Para obtener datos representativos de una población, se procedió a promediar los datos de dicha población. Por ejemplo, para determinar el rendimiento representativo, se procedió al promedio de los rendimientos representativos de todas las repeticiones para cada muestra. Para determinar cuan congruentes son cada uno de los datos con respecto al dato representativo se hizo uso de la desviación estándar.

Se usó cromatografía de gases para determinar los componentes de químicos presentes en el aceite esencial.

### **3.12.2. Programas que se utilizaron**

- Microsoft Excel 2007: Hoja de cálculo electrónica útil para automatizar diversas operaciones matemáticas.

## 4. RESULTADOS

A continuación se presentan en tablas, los resultados del rendimiento de extracción, índice de refracción, densidad relativa, solubilidad en etanol al 80 %, apariencia, color, olor y componentes químicos para el aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf).

Tabla XLV. **Rendimiento de extracción del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio**

<b>Muestra (20°C)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
Fresca	0,3987 ± 0,0362
Deshidratada	0,9100 ± 0,0272

Fuente: elaboración propia, con base en las tablas VIII y IX.

Tabla XLVI. **Índice de refracción del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio**

<b>Muestra (20°C)</b>	<b>Índice de refracción</b>
Fresca	1,5221 ± 0,0006
Deshidratada	1,5222 ± 0,0008

Fuente: elaboración propia, con base en la tabla XVI.

Tabla XLVII. **Densidad relativa del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio**

Muestra (20°C)	Densidad relativa
Fresca	0,9823 ± 0,0111
Deshidratada	0,9811 ± 0,0076

Fuente: elaboración propia, con base en la tabla VIII y IX.

Tabla XLVIII. **Solubilidad en etanol del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio**

Muestra (20°C)	Solubilidad
Fresca	1,71 ± 0,07
Deshidratada	1,79 ± 0,07

Fuente: elaboración propia, con base en la tabla XXIV.


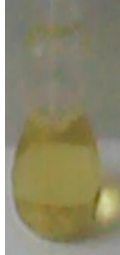




Tabla XLIX. **Descripción cualitativa de la apariencia de las muestras de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio**

Muestra (20°C)	Apariencia
Fresca	Líquido Ligeramente espeso, traslucido, homogéneo
Deshidratada	Líquido Ligeramente espeso, traslucido, homogéneo
Patrón	Líquido Ligeramente espeso, traslucido, homogéneo

Fuente: elaboración propia, con base en datos tomados del laboratorio.



Tabla L. Descripción cualitativa del color del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio

				Muestra (20°C)		
				Fresca	Deshidratada	Patrón
						
Color		Amarillo claro	Amarillo Claro	Café- Rojo		
						

Fuente: elaboración propia, con base en datos tomados del laboratorio.

Tabla LI. Descripción cualitativa del olor de las muestras de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio

Descripción cualitativa realizada con el panel de jueces entrenados (*focus group*) para la obtención de los atributos sensoriales finales concensuados para las muestras de vetiver. La temperatura ambiente: 20°C.

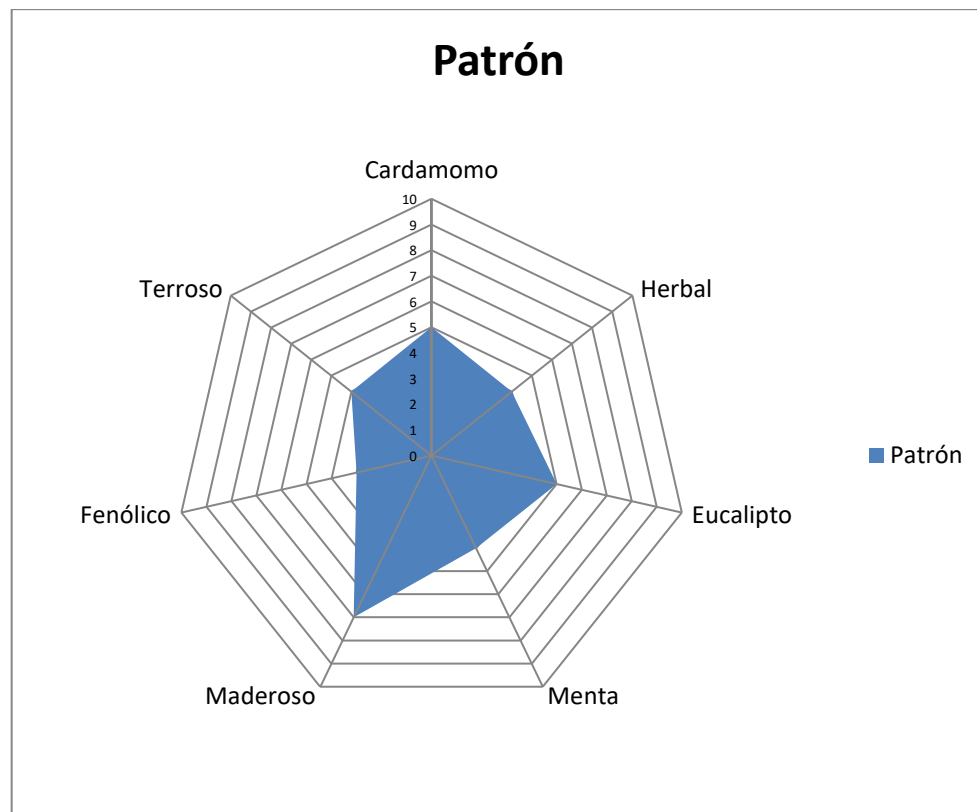
Atributos sensoriales (20°C)	Descripción
<b>Cardamomo</b>	Característico a esencia natural de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomum</i> L. Matton)
<b>Herbal</b>	Característico a hierba fresca ( <i>Cynodon dactylon</i> )

Continuación tabla LI.

<b>Eucalipto</b>	Característico a hojas frescas del árbol de eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> Labaill)
<b>Menta</b>	Característico a hojas frescas de la hierbabuena ( <i>Mentha spicata</i> L.)
<b>Maderoso</b>	Característico a madera del árbol pino ( <i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schldl) seca
<b>Fenólico</b>	Característico a alcohol etílico 88° Gay Lussac
<b>Terroso</b>	Característico a tierra húmeda (humus)

Fuente: elaboración propia, recolectado con *Focus Group* del Laboratorio de Ciencias de Alimentos, Escuela de Nutrición, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

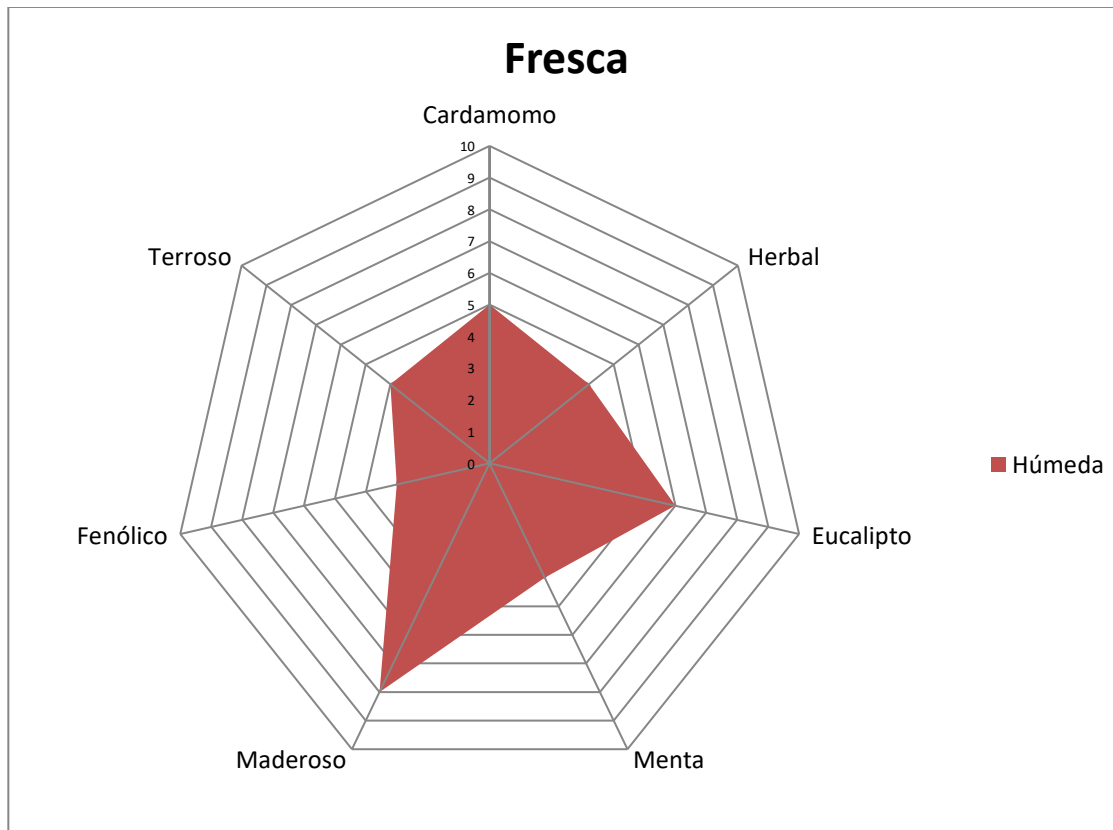
Figura 9. Descripción olfativa cuantitativa del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio para la muestra patrón <sup>4</sup>



Fuente: elaboración propia, recolectado con un *Focus Group* del Laboratorio de Ciencias de Alimentos, Escuela de Nutrición, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

<sup>4</sup> La muestra, patrón de Vetiver presentó mayor intensidad olfatoria en los atributos maderoso, eucalipto y cardamomo.

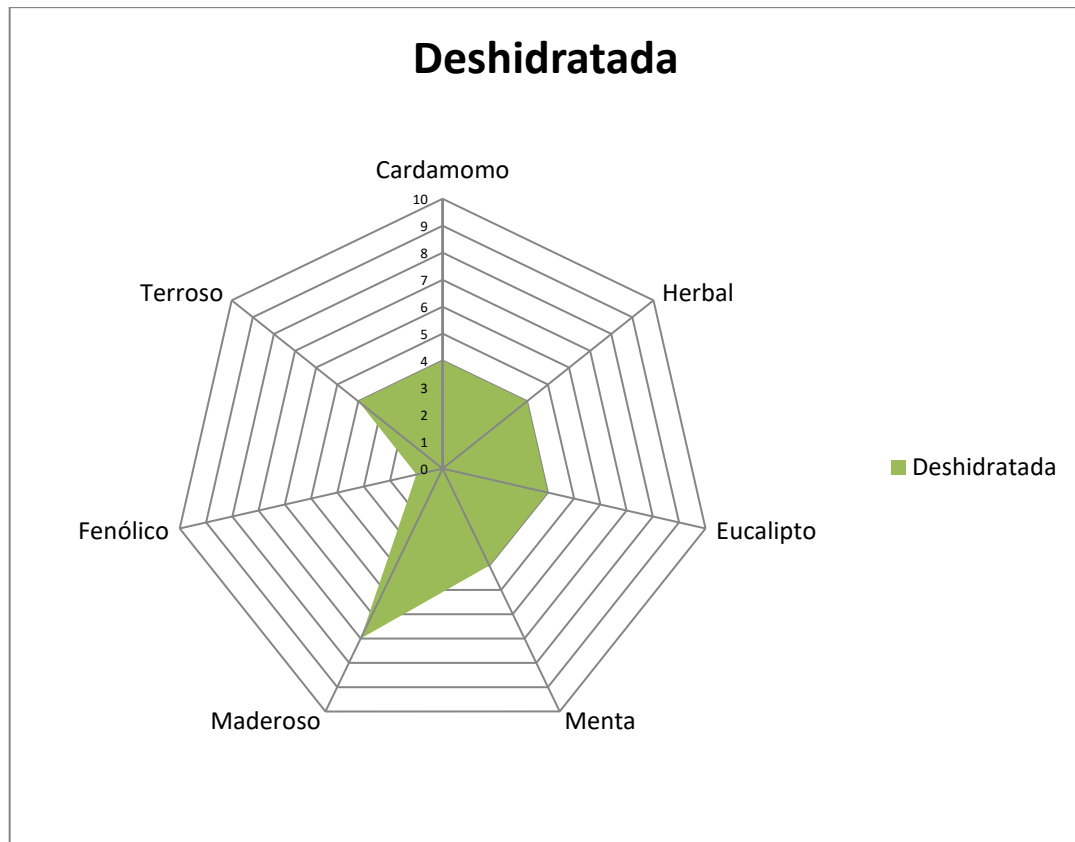
Figura 10. **Descripción olfativa cuantitativa del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio para la muestra fresca <sup>5</sup>**



Fuente: elaboración propia, recolectado con un *Focus Group* del Laboratorio de Ciencias de Alimentos, Escuela de Nutrición, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

<sup>5</sup> La muestra fresca de Vetiver presentó mayor intensidad olfativa en los atributos maderoso, eucalipto y cardamomo respectivamente. Se observó mayor intensidad global de los aromas.

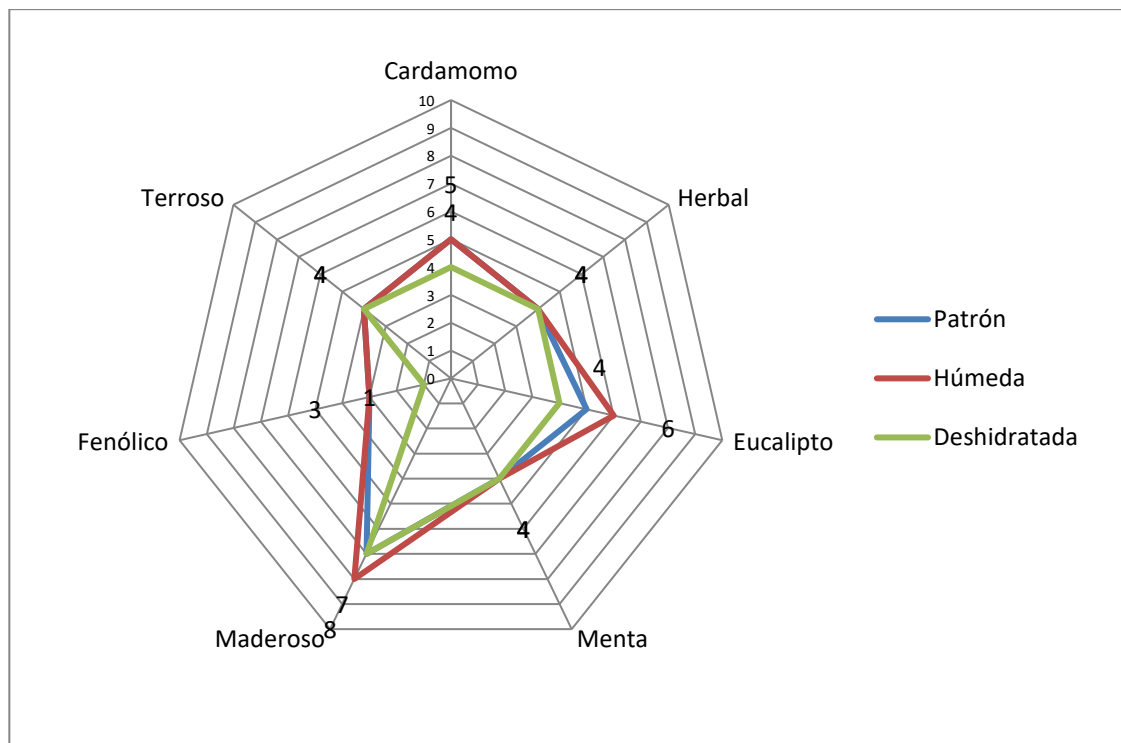
Figura 11. Descripción olfativa cuantitativa del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio para la muestra deshidratada <sup>6</sup>



Fuente: elaboración propia, recolectado con un *Focus Group* del Laboratorio de Ciencias de Alimentos, Escuela de Nutrición, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

<sup>6</sup> La muestra deshidratada de Vetiver presentó mayor intensidad olfatoria en los atributos maderoso y ligeramente leve eucalipto y cardamomo. El atributo fenólico fue percibido en mucha menor cantidad.

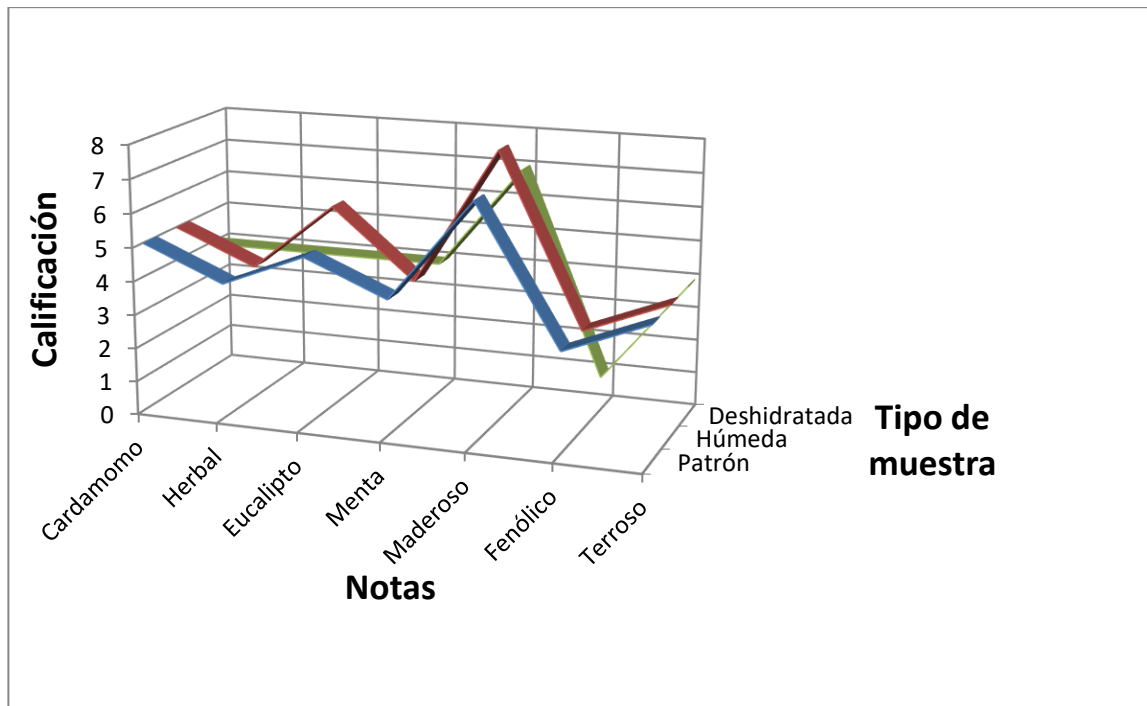
Figura 12. **Descripción olfativa cuantitativa del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces, a escala laboratorio para las tres muestras <sup>7</sup>**



Fuente: elaboración propia, recolectado con un *Focus Group* del Laboratorio de Ciencias de Alimentos, Escuela de nutrición, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

<sup>7</sup>La muestra deshidratada de Vetiver presentó mayor intensidad olfatoria en el atributo maderoso, sin embargo los atributos eucalipto y cardamomo se percibieron con menor intensidad que la muestra patrón y la muestra fresca. El atributo fenólico fue percibido con mucha menor intensidad para las tres muestras.

Figura 13. Descripción olfativa cuantitativa del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) obtenido de las raíces para las tres muestras (deshidratada, patrón y fresca)



Fuente: elaboración propia, recolectado con un *Focus Group* del Laboratorio de Ciencias de Alimentos, Escuela de nutrición, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla LII. **Componentes químicos mayoritarios detectados para el aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), extraído a escala laboratorio, utilizando materia prima fresca**

No.	Tiempo de retención (min)	%Área	Componente químico	No. CAS	Qual
1	59,005 ±0,013	15,96 ±0,11	Cis-alpha-copaene-8-ol	58569-25-8	25 ±00
2	59,787 ±0,014	15,14 ±0,83	3-(4-hydroxyisopent-2-(z)-enyl)-4-hydroxyacetophenone	24672-83-1	25 ±00
3	58,868 ±0,005	7,09 ±0,21	Khusilic acid	1451-36-1	54 ±02
4	57,814 ±0,008	6,57 ±0,29	Cycloisolongifolene, 9,10-dehydro-	100056-81-6	46 ±00
5	6,321 ±0,251	5,97 ±0,61	Ethyl Alcohol	64-17-5	91 ±00
6	56,557 ±0,009	4,66 ±0,00	(+)-Clovene	469-92-1	44 ±08
7	60,133 ±0,018	4,42 ±0,23	1-Methyl-1-n-pentyloxi-1-silacyclohexane	232270-61-0	30 ±00
8	49,396 ±0,005	3,09 ±0,56	gamma-murolone	30021-74-0	37 ±12
9	59,949 ±0,007	3,11 ±0,29	gamma-elemene	30824-67-0	47 ±00
10	55,617 ±0,005	2,35 ±0,18	2-Methoxy-5-methylbenzaldehyde	7083-19-4	34 ±08
11	78,129 ±0,013	2,51 ±0,00	Zizanoic Acid	16203-25-1	91 ±00

Fuente: elaboración propia, con base en las tablas X a XII.



Tabla LIII. **Componentes químicos mayoritarios detectados para el aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), extraído a escala laboratorio, utilizando materia prima deshidratada**

No.	Tiempo de retención (min)	%Área	Componente químico	No. CAS	Qual
1	58,932 ±0,087	16,84 ±0,00	Cis-alpha-copaene-8-ol	58569-25-8	25 ±0
2	59,716 ±0,007	16,26 ±0,19	β-Vatirenene	1000293-04-2	38 ±0
3	57,781 ±0,046	7,57 ±0,20	Cycloisolongifolene, 9,10-dehydro-	1000156-81-6	46 ±0
4	58,856 ±0,035	7,29 ±0,11	Khusilic acid	1451-36-1	55 ±0
5	6,163 ±0,063	5,25 ±0,47	Ethyl alcohol	64-17-5	91 ±0
6	56,526 ±0,005	5,02 ±1,40	(+)-clovene	469-92-1	47 ±8
7	60,075 ±0,030	4,87 ±0,09	1-methyl-1-n-pentyloxy-1-silacyclohexane	232270-61-0	30 ±0
8	59,922 ±0,085	3,19 ±0,00	gamma elemene	30824-67-0	47 ±0
9	78,131 ±0,010	3,07 ±0,03	m-Tolonic acid, 2,2-dimethylpropyl ester	69912-00-1	25 ±0
10	45,390 ±0,004	2,43 ±0,16	β-eudesmol	473-15-4	88 ±1
11	49,379 ±0,003	2,33 ±0,03	gamma murolone	30021-74-0	49 ±0

Fuente: elaboración propia, con base en las tablas XIII a XV.



## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación, en la modalidad de trabajo de graduación, consistió en evaluar el rendimiento y calidad del aceite esencial de las raíces de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf), cultivado en Guatemala, a escala laboratorio por medio del método de hidrodestilación.

La materia prima, la cual consistió en 25 lb (11,4 kg) de raíz de vetiver de 1 año de madurez, fue donada por la empresa, Lo Verde S.A. Dicha empresa utiliza esta planta para el tratamiento de aguas contaminadas en el lago de Amatitlán. Luego de obtener la materia prima, se procedió a limpiarla, para lo cual se procedió a cortar las raíces de sus tallos. En seguida se procedió a remover la tierra, la basura y las piedras de las mismas por medio de lavado.

Después de la limpieza se siguieron dos procedimientos de preparación para la extracción del aceite esencial, uno para la muestra fresca y otro para la muestra deshidratada. Para la preparación de la muestra fresca se procedió a reducir el tamaño de la misma por medio de corte con tijeras. Después se procedió a tamizar la materia prima, usando para ellos los tamices 10 y 12. Para la preparación de la muestra deshidratada se procedió al secado de la materia prima en un secador de bandejas hasta llegar a peso constante, luego se procedió a reducir de tamaño por medio de corte con tijeras, después se procedió a tamizar la materia prima, usando para ellos los tamices 10 y 12.

Para la extracción del aceite esencial, la materia prima que se utilizó fue la que pasó el tamiz 10 y quedó retenida en el tamiz 12. El procedimiento completo de la preparación de la materia prima, para ambos casos, se encuentra en el

apéndice. Los valores obtenidos del porcentaje de humedad, tanto para la muestra fresca como para la muestra deshidratada, se encuentran en la tabla VII del apartado, “tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información” de la sección “Metodología”.

Para extraer el aceite esencial de la materia prima a escala laboratorio, se procedió a utilizar el equipo de extracción neoclevenger, en el cual se usaron 100 gramos de materia prima para la muestra fresca y 50 gramos de materia prima para la muestra deshidratada. La materia prima fue colocada en un balón de mil mililitros y luego se procedió a agregar agua hasta quedar las raíces completamente sumergidas, la relación de baño utilizada en la muestra fresca fue 1/6 y la utilizada en la muestra deshidratada fue 1/10. Además, cabe mencionar que se usó trampa de hexano en la recuperación del aceite esencial, el cual consiste en colocar 0,5 mL de hexano en el bulbo de recuperación del equipo de extracción Neoclevenger.

El uso de la trampa de hexano en las extracciones se justifica porque las cantidades recuperadas de aceite esencial en las pruebas preliminares (sin usar hexano) fueron muy bajas como para realizar las pruebas fisicoquímicas y sensoriales correspondientes. Sin trampa de hexano los rendimientos oscilaron entre 0,04-0,13 %.

La razón por la cual se usaron 50 gramos de materia prima y una relación de baño 1/10 para la muestra deshidratada, fue debido a que al tratar de usar la misma cantidad de materia prima y agua empleada en la muestra fresca, esta absorbió gran cantidad de líquido y no se logró cubrir completamente con agua toda la materia prima, por lo cual se procedió a probar con distintas cantidades de materia prima y agua quedando como la óptima la relación de baño 1/6 y 50 gramos, esta fue la cantidad en la cual no se produjo arrastre por vapor de la

materia prima hacia el equipo y también fue la cantidad en la que quedó inmersa toda la materia prima en el agua. El tiempo de extracción utilizado fue 180 minutos (3 horas) y cinco repeticiones para cada muestra.

Después de realizadas las extracciones, se procedió a evaluar el rendimiento, índice de refracción, densidad relativa, solubilidad en etanol al 80 %, composición química, olor, color y apariencia del aceite esencial obtenido, esto con el fin de caracterizar fisicoquímicamente al mismo.

Para el análisis del olor del aceite esencial, se solicitó colaboración a un grupo panelista de jueces. Este grupo se formó con estudiantes del curso “Análisis de Alimentos” de la Escuela de Nutrición de la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlo de Guatemala. Además, fue necesario invertir 20 horas en la preparación de las jueces en el reconocimiento de los atributos a evaluar. Después de realizar un análisis de los posibles atributos que se encontraban en el aceite, se llegó a la conclusión que son siete los que presenta el aceite esencial de vetiver y estos fueron los que se evaluaron: cardamomo, herbal, eucalipto, menta, maderoso, fenólico y terroso.

Muchos materiales vegetales pierden la calidad y parte del aceite esencial al ser deshidratados (por ejemplo: el aceite que se encuentra en la cáscara de la mandarina), dando como resultado, bajo rendimiento al momento de ser extraído. Por ello, fue necesario determinar si ocurre o no lo anterior con el aceite esencial encontrado en la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf).

En la tabla XLIII de la sección de “Resultados” se han tabulado los rendimientos tanto para la muestra fresca como para la muestra deshidratada. Como puede observarse, se obtiene mayor rendimiento de aceite esencial

proveniente de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) utilizando materia prima deshidratada, que materia prima fresca.

En la tabla XXXII del apartado “Análisis estadístico” de la sección “Metodología”, se presenta el análisis estadístico realizado para los rendimientos obtenidos, tanto para la muestra fresca, como para la muestra deshidratada. Como puede observarse en dicha tabla, sí existe diferencia significativa entre el rendimiento obtenido utilizando la muestra fresca y el rendimiento obtenido utilizando muestra deshidratada.

Los resultados obtenidos para el índice de refracción del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) a 20°C se han tabulado en la tabla XLIV. Como puede observarse, el índice de refracción para la muestra fresca y el índice de refracción para la muestra deshidratada son parecidos.

Si se comparan el índice de refracción utilizando materia prima fresca y el índice de refracción utilizando materia prima deshidratada con los índices de refracción que se encuentran en la Norma ISO 4716:2013 “*Essential oil of vetiver [Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty, syn. Vetiveria zizanioides (L.) Nash]*” (ver tabla II de la sección “Marco Teórico”) se puede observar que los índices de refracción para ambas muestras son parecidos a los valores tabulados en dicha norma.

Como puede observarse, en la tabla XXXII no existe diferencia significativa entre los índices de refracción del aceite extraído de materia fresca como del aceite extraído de materia deshidratada. Lo anterior indica que el índice de refracción no se ve afectado por la deshidratación de la materia prima.

La densidad relativa obtenida para el aceite esencial de vetiver a 20 °C, tanto para la muestra fresca como para la deshidratada se encuentra en la tabla XLV de la sección de “Resultados”. Como puede notarse, las densidades relativas para ambos aceites son similares. Cabe mencionar que se midió la densidad del agua a 20°C en el laboratorio y con este dato se midieron las densidades relativas de los aceites esenciales.

Al confrontar los datos para la densidad específica del aceite esencial utilizando materia prima fresca y la densidad específica, utilizando materia prima deshidrata con los datos para la densidad relativa que se encuentran en la Norma ISO 4716:2013 “*Essential oil of vetiver [Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty, syn. Vetiveria zizanioides (L.) Nash]*” (ver tabla II de la sección “Marco Teórico”), se puede observar que la densidad relativa para ambas muestras son parecidas a los valores tabulados en dicha norma para el aceite originario de Haití y el aceite originario de Indonesia.

Según el análisis estadístico mostrado en la tabla XXXIV del apartado “Análisis estadístico” de la sección “Metodología”, se puede observar que no existe diferencia significativa entre la densidad relativa del aceite esencial de la muestra fresca, y la muestra deshidratada. Lo anterior indica que la densidad relativa del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) no se ve afectada por la deshidratación de la materia prima.

En la tabla XLVI de la sección “Resultados” se puede observar que existe una ligera diferencia para la solubilidad de los aceites de ambas muestras (muestra fresca y muestra deshidratada).

El comportamiento respecto a la solubilidad en etanol al 80 % del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) observada en el laboratorio fue

concordante con la Norma ISO 4716:2013 “*Essential oil of vetiver [Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty, syn. Vetiveria zizanioides (L.) Nash]*”, la cual indica que no es necesario usar más de dos volúmenes de etanol por cada volumen de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) para obtener la disolución del mismo.

El análisis estadístico realizado para la solubilidad en etanol al 80 % de las tres muestras se encuentra en la tabla XXXV del apartado “Análisis estadístico” de la sección “Metodología”. En dicho análisis puede observarse que no existe diferencia significativa entre la solubilidad en etanol al 80 % para el aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) proveniente de la muestra fresca y el proveniente de la muestra deshidratada. Lo anterior demuestra que la solubilidad del aceite esencial en etanol al 80 % no se ve afectada por la deshidratación de la materia prima.

Según lo observado en la figura 10 de la sección “Resultados”, la muestra de aceite patrón de vetiver presentó mayor intensidad olfatoria en los atributos maderoso, eucalipto y cardamomo, respectivamente. Mientras que en el aceite proveniente de la muestra fresca, según la figura 11, se percibió mayor intensidad olfatoria para los atributos maderoso, eucalipto y cardamomo. Para el aceite proveniente de la muestra deshidratada de vetiver se percibió mayor intensidad olfatoria en los atributos maderoso y ligeramente leve, eucalipto y cardamomo.

Las figuras 10 a la 12 de la sección “Resultados” muestra la descripción olfativa cuantitativa del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) para cada una de las muestras evaluadas (patrón, fresca y deshidrata). Como puede observarse, el atributo con mayor intensidad en las tres muestras fue el maderoso. Asimismo puede observarse que el atributo con menor intensidad en las tres muestras fue el fenólico.



Las tablas XXXVI a la XLII muestran el análisis de varianza realizado para cada uno de los atributos de las tres muestras de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf). Como puede verse en dichas tablas, para cada uno de los atributos de las tres muestras, existen diferencias significativas entre los panelistas, lo cual se debe a que cada participante tuvo criterio propio al evaluar dicho aceite. Sin embargo, según la interacción, no existe diferencia significativa para cada uno de los atributos entre cada muestra. Esto es debido a que, a pesar de la significancia entre panelistas, el valor que se toma para evaluar los atributos entre muestras no es el valor individual, sino el colectivo (la mediana).

En la figura 13 de la sección “Resultados” se pueden observar los valores para cada uno de los atributos y para cada una de las tres muestras. Se puede ver que un mismo atributo puede tomar diferentes valores en cada una de la muestras. Sin embargo, según el análisis de varianza, estos valores no están demasiado lejanos el uno del otro para considerarlos significativos. A pesar de lo anterior, es importante hacer notar que, para la muestra deshidratada los atributos cardamomo, maderoso y eucalipto están una nota abajo que la muestra fresca y dos notas abajo para el atributo fenólico.

Es imprescindible hacer ver que, según la figura 13 de la sección “Resultados”, los atributos: terroso, herbal y menta tienen el mismo valor para las tres muestras (patrón, fresca y deshidratada). También puede verse en la misma gráfica que la muestra fresca, en los atributos eucalipto y maderoso, están sólo una nota arriba que para la muestra patrón.

Por lo descrito en los párrafos anteriores y en base a la figura 14, se puede observar que las notas para los atributos de la muestra fresca son más parecidas al patrón que las notas de los atributos para la muestra deshidratada. Esto revela, que si bien, el análisis de varianza indica que la diferencia de notas para los

atributos entre muestras no es significativa, no se puede dejar de ver que la deshidratación afecta la concentración de los atributos en la muestra, reduciéndolo entre una o dos notas. El proceso de deshidratado puede afectar los atributos de notas verdes como cardamomo y eucalipto, así como el atributo fenólico que es característico o asociado generalmente con la frescura de las hierbas.

Para la identificación de los componentes químicos se utilizó Cromatografía de gases con acoplamiento a espectrometría de masas (GC-MS). De esta manera se obtuvo un cromatograma para cada muestra, el cual es resultado de la descomposición química del aceite esencial para distintos tiempos de retención. La detección de los compuestos se realiza por medio de un espectro de masa a través de picos y realiza una cuantificación por integración de áreas.

La tabla L de la sección de resultados muestra los principales componentes químicos identificados para el aceite esencial de la raíz de vetiver utilizando materia prima fresca. Como puede observarse, el compuesto químico que se encontró en mayor cantidad fue el Cis-Alpha Coopaeneol (No. CAS 58569-25-8).

Los principales componentes químicos identificados para el aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) utilizando materia prima deshidratada, se encuentra en la tabla LI de la sección de resultados. En dicha tabla, puede observarse que el compuesto químico que se encontró en mayor cantidad fue el Cis-Alpha Coopaeneol (No. CAS 58569-25-8).

Según las tablas L y LII, el compuesto químico mayoritario en el aceite de vetiver, es el mismo para la muestra fresca como para la muestra deshidratada. Esto indica que la deshidratación no afecta (no descompone) al componente químico mayoritario.

Otros compuestos químicos identificados para el aceite esencial proveniente de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) utilizando materia prima fresca, están tabulados en la tabla L de la sección de resultados. Estos son (de mayor a menor cantidad): 3-(4-hydroxyisopent-2-(z)-enyl)-4-hydroxyacetophenone, Khusilic ácid, Cycloisolongifolene, 9,10-dehydro- y Ethyl Alcohol, respectivamente. Mientras que en la tabla LI de la misma sección, se observa que otros compuestos químicos mayoritarios encontrados para el aceite esencial de vetiver utilizando muestra deshidratada, de mayor a menor cantidad, son:  $\beta$ -Vatirenene, Cycloisolongifolene, 9,10-dehydro-, Khusilic ácid y Ethyl alcohol. Al comparar los compuestos químicos para ambos aceites, se comprueba que la deshidratación de la materia prima afecta la naturaleza del segundo compuesto químico mayoritario del aceite esencial de vetiver; sin embargo no afecta la naturaleza de los restantes tres compuestos mayoritarios.

La deshidratación sobre la materia prima aumenta el rendimiento de extracción del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) en una cantidad mayor a dos veces el rendimiento obtenido utilizando materia prima fresca. Además, la deshidratación sobre la materia prima no tiene efecto alguno sobre el índice de refracción, densidad relativa y solubilidad en etanol del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) al comprarlo con los mismos datos conseguidos para el aceite esencial utilizando muestra fresca. También puede verse que la deshidratación sobre la materia prima no afecta la naturaleza del componente químico mayoritario, pero sí tiene un efecto sobre la naturaleza del componente químico secundario, mas no sobre los restantes tres compuestos mayoritarios. Para finalizar, la deshidratación sobre la materia prima afecta la concentración de los atributos, pero dicho efecto no es tan grande para poder afirmar que tiene un resultado radical sobre la naturaleza olorosa del aceite esencial.



## CONCLUSIONES

1. El rendimiento extractivo del aceite esencial utilizando materia prima fresca fue  $0,3987 \% \pm 0,0362 \%$ ; usando materia prima deshidratada fue  $0,9100 \pm 0,0272$ .
2. De acuerdo al perfilamiento descriptivo cuantitativo, se percibió mayor intensidad del atributo maderoso en las tres muestras de aceite esencial (fresca, deshidratada y patrón).
3. El proceso de deshidratación de la materia prima afectó la calidad sensorial del aceite esencial, disminuyendo la intensidad de los atributos maderoso, eucalipto, cardamomo y fenólico, en comparación con la muestra fresca y la muestra patrón.
4. El componente químico mayoritario encontrado para el aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) utilizando tanto materia prima fresca como materia prima deshidratada, es: Cis-Alpha Coopaeneol.
5. La calidad del aceite esencial de vetiver utilizando tanto materia prima fresca como materia prima deshidratada, es aceptable, comparada con la norma ISO 4716:2013.
6. Sí existe diferencia significativa entre el rendimiento del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) utilizando materia prima deshidratada comparado con el rendimiento utilizando materia prima fresca.

7. No existe diferencia significativa entre el índice de refracción, la densidad relativa y la solubilidad en etanol al 80 % del aceite esencial de la raíz vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) utilizando materia prima deshidratada, comparado con las mismas propiedades fisicoquímicas utilizando materia prima fresca.
8. No existe diferencia significativa entre los atributos olfativos del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria Zizanioides* Stapf) utilizando materia prima deshidratada, comparada con los atributos olfativos, utilizando materia prima fresca y la muestra patrón.
9. De acuerdo al análisis de varianza, no existe diferencia significativa entre las intensidades olfativas cuantitativas de cada uno de los atributos determinados para las tres muestras de aceite esencial.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar un escalamiento a planta piloto para comparar los resultados con los ya obtenidos en este proyecto a nivel de trabajo de graduación.
2. Evaluar la factibilidad económica de la extracción de aceite esencial a nivel planta piloto utilizando tanto materia prima fresca como materia prima deshidratada. Esto con el fin de observar si es factible producir dicho aceite a nivel industrial.
3. Evaluar la calidad del aceite esencial variando las edades de cultivo. Esto con el fin de determinar a qué edad se produce el aceite esencial con mejor calidad.
4. Evaluar la calidad del aceite esencial, variando los tiempos de extracción. Esto con el fin de determinar el tiempo en el cual se da el mayor rendimiento.
5. Realizar un estudio de investigación para la extracción de aceite esencial proveniente de diferentes regiones del país. Esto con el fin de determinar en cual región se obtiene mayor rendimiento y mejor calidad del aceite.
6. Realizar pruebas de formulaciones para perfumería.
7. Realizar pruebas toxicológicas para determinar si es apto para el consumo humano.





## BIBLIOGRAFÍA

1. AC SANTA CRUZ, Claudia Maribel. *Extracción a nivel de laboratorio de aceite esencial crudo de pericón (Tagetes lucida Cav), y utilización del desecho sólido para la extracción del colorante natural, para su uso en el teñido de fibras naturales*. Trabajo de graduación de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 108 p.
2. ALEGRE ORIHUELA, Julio. *Manual sobre el uso y manejo del pasto vetiver (Chrysopogon zizanioides)*. Lima, Perú: Organización Panamericana de la Salud, 2007. 37 p.
3. ALVARADO PINEDA, Glendy Rocío. *Determinación del rendimiento del aceite esencial de las flores de manzanilla (Matricaria recutita L.) en función de la altura sobre el nivel del mar en que está cultivada, aplicando el método de extracción por arrastre con vapor a nivel laboratorio*. Trabajo de graduación de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 78 p.
4. CAN BASE, Kemal; BUCHBAUER, Gerhard. *Chemistry of essential oils: Handbook of essential oils science technology and applications*. Estados Unidos de América: Taylor & Francis Group, 2010. 1112 p.
5. COULSON, John; RICHARDSON, John Francis. *Partículas sólidas*. 1a ed. España: Reverté S.A., 1981. 643 p.

6. International Organization for Standardization. *Essential oil of vetiver [Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty, syn. Vetiveria zizanioides (L.) Nash]. ISO 4716:2013*. Estados Unidos: ISO, 2013. 11 p.
7. McCABE, Warren L; SMITH, Julian C; HARRIOT, Peter. *Secado de sólidos*. 4a ed. España: McGraw-Hill, 1991. 1112 p.
8. MEZA, Alejandra; YANES, Francisco. *Obtención del aceite esencial de vetiver Chrysopogon zizanioides (L) Roberty, usando extracción supercrítica y extracción convencional*. *Boletín Vetiver*. Venezuela: Edición 15, 2010. p. 16-23.
9. PIEDRASANTA BATZ, Ramón Benjamín. *Comparación química y de rendimiento del aceite esencial de hoja y raíz de Valeriana prionophylla Standl. de dos diferentes localidades de Guatemala*. Trabajo de graduación Maestría multidisciplinaria en producción y uso de plantas medicinales. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 49 p.
10. SANTOS CARRILLO, Marlon Alberto. *Evaluación del rendimiento de aceite esencial de hinojo (Foeniculum vulgare Miller) procedente de dos niveles altitudinales de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 83 p.

11. SARAVIA CANO, Edwin José. *Evaluación del rendimiento extractivo, contenido de  $\alpha$ -pineno y tiempo óptimo de extracción del aceite esencial de ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill.) obtenido de hojas, ramillas y frutos mediante el método de hidrodestilación a nivel laboratorio*. Trabajo de graduación de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 268 p.
12. TROUNG, Paul; TAN VAN, Tran; PINNERS, Elise. *Manual técnico de vetiver*. Tailandia: Editorial The Vetiver Network International, 2009. 92 p.
13. Walpole. Ronal E. *Probabiidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Octava edición. Estados Unidos: Person Prentice Hall, 2007. 816 p. ISBN 0-13-204767-5



## APÉNDICES

### Apéndice 1. **Materia prima raíz de vetiver (*vetiveria zizanioides* Stapf)**



Fuente: elaboración propia, con ayuda del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

### Apéndice 2. **Preparación de la materia prima para la extracción del aceite esencial de vetiver usando materia prima fresca**

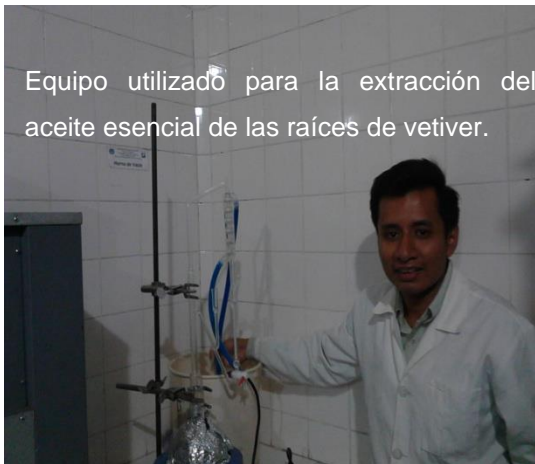


Continuación apéndice 2.



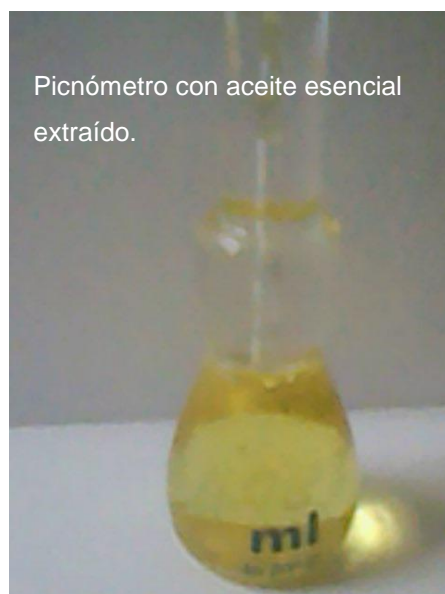
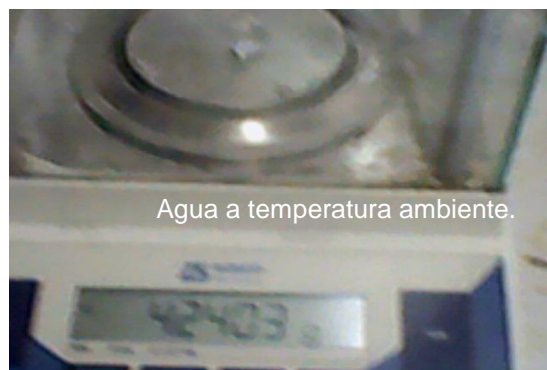
Fuente: elaboración propia, con la ayuda del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Apéndice 3. **Preparación de la materia prima para la extracción del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf) usando materia prima fresca**



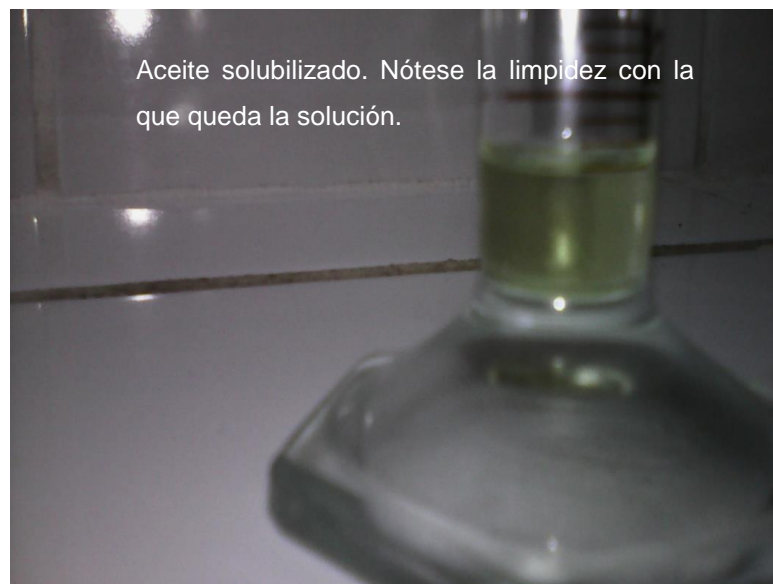
Fuente: elaboración propia, con ayuda del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Apéndice 4. **Realización de pruebas fisicoquímicas a las muestras de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**





#### Continuación apéndice 4.



Fuente: elaboración propia, con ayuda del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

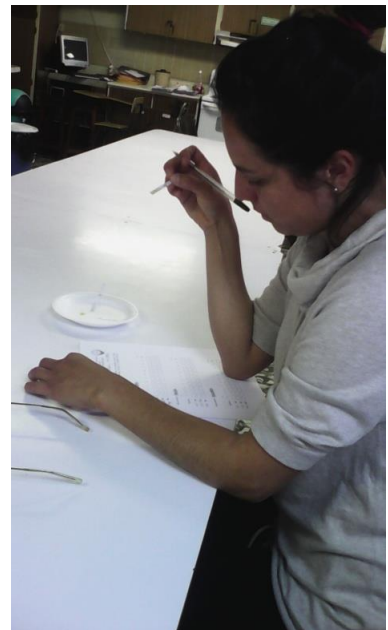
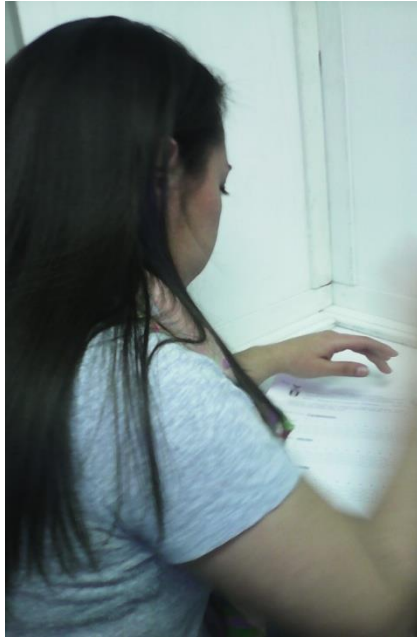
**Apéndice 5. Evaluación de los atributos olfativos por medio de jueces de la Escuela de Nutrición de la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala**



Paneles utilizados para la evaluación sensorial.

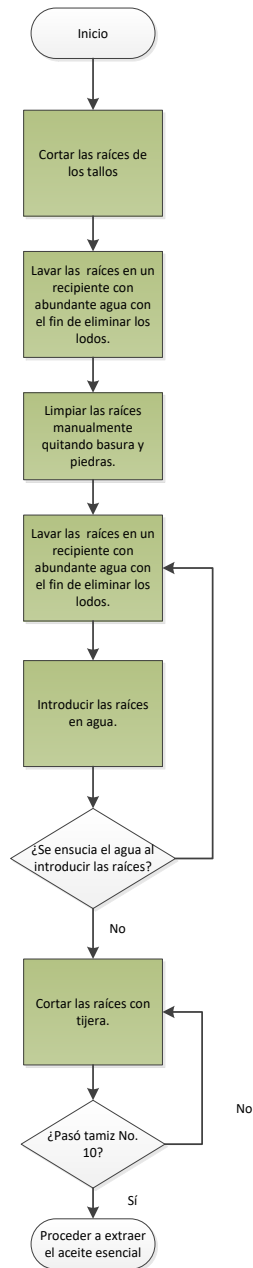


Continuación apéndice 5.



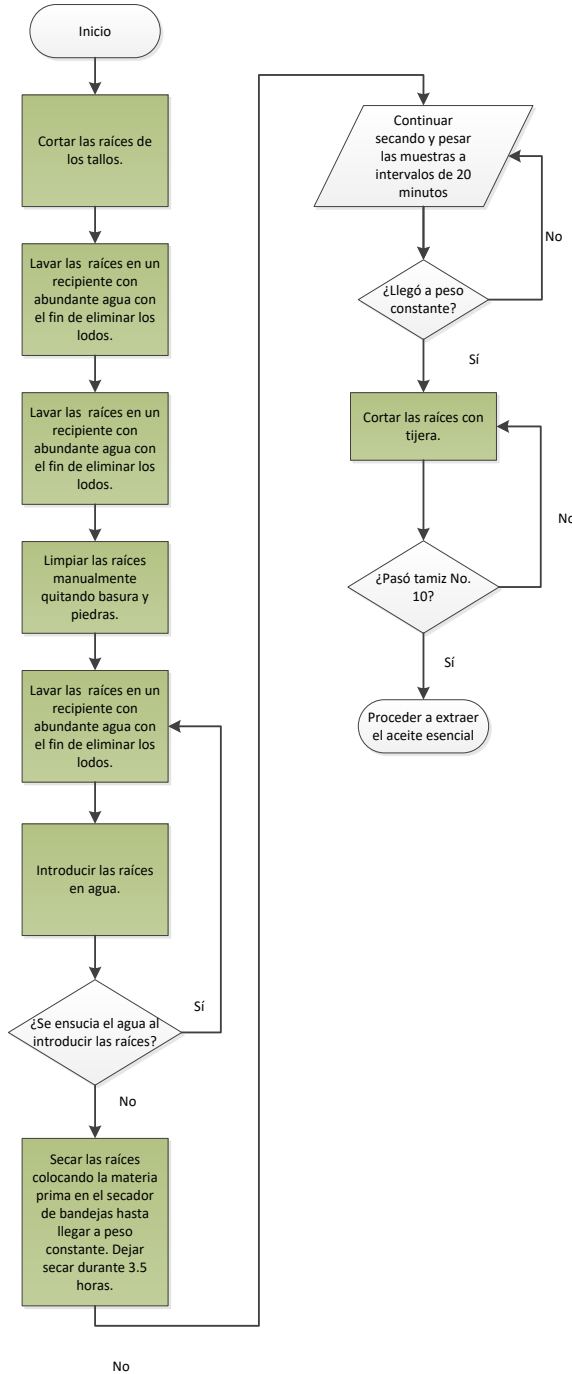
Fuente: elaboración propia, con ayuda del Laboratorio de Ciencia de Alimentos, Escuela de Nutrición, Facultad de CCQQ y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Apéndice 6. **Preparación de la materia prima para la extracción del aceite esencial de vetiver usando materia prima fresca**



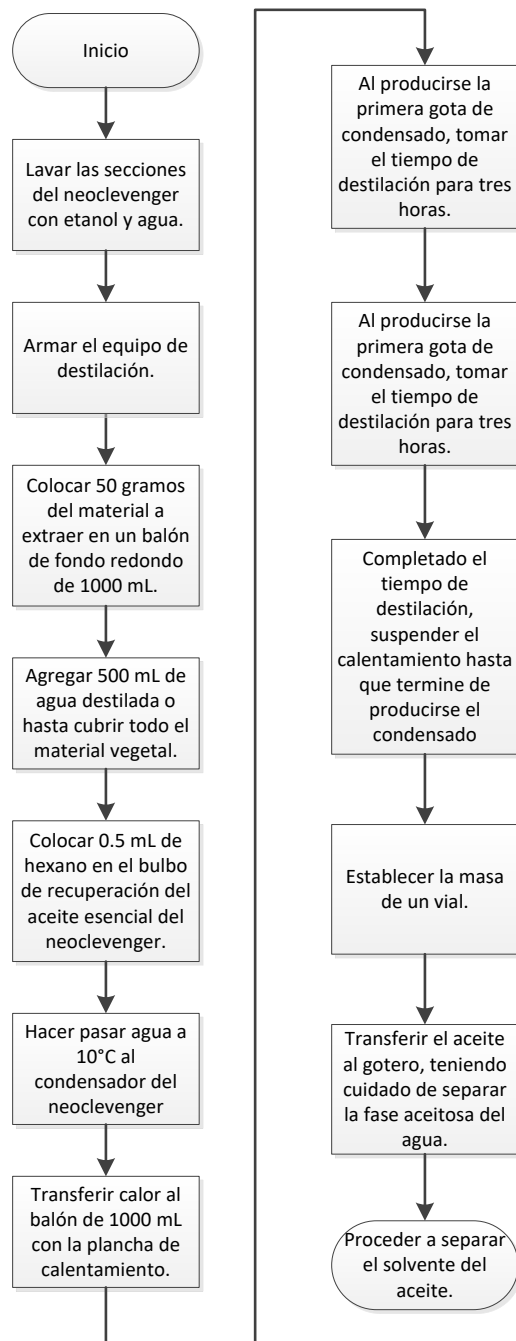
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Preparación de la materia prima para la extracción del aceite esencial de vetiver usando materia prima fresca**



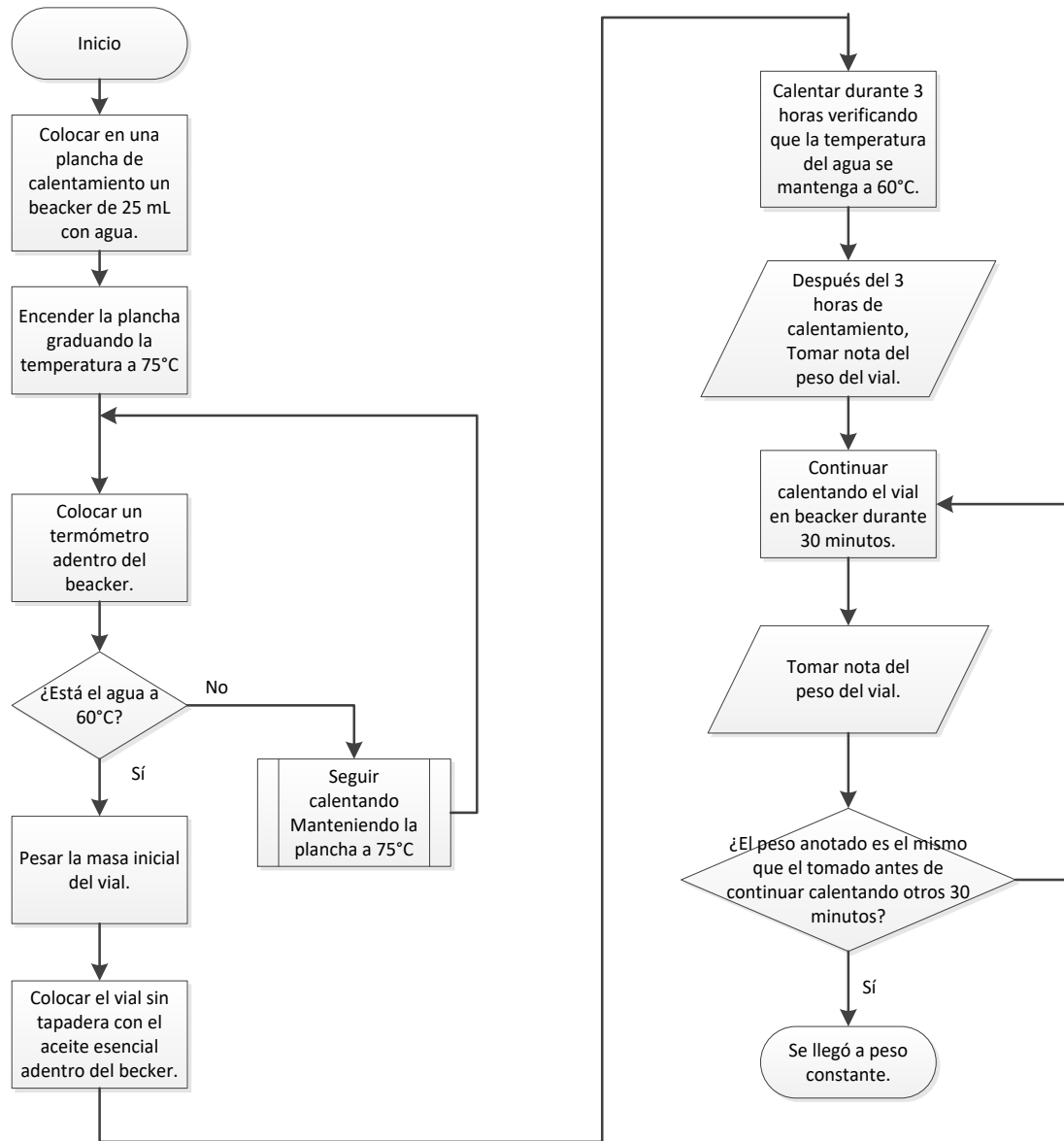
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Extracción del aceite esencial de la raíz de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**



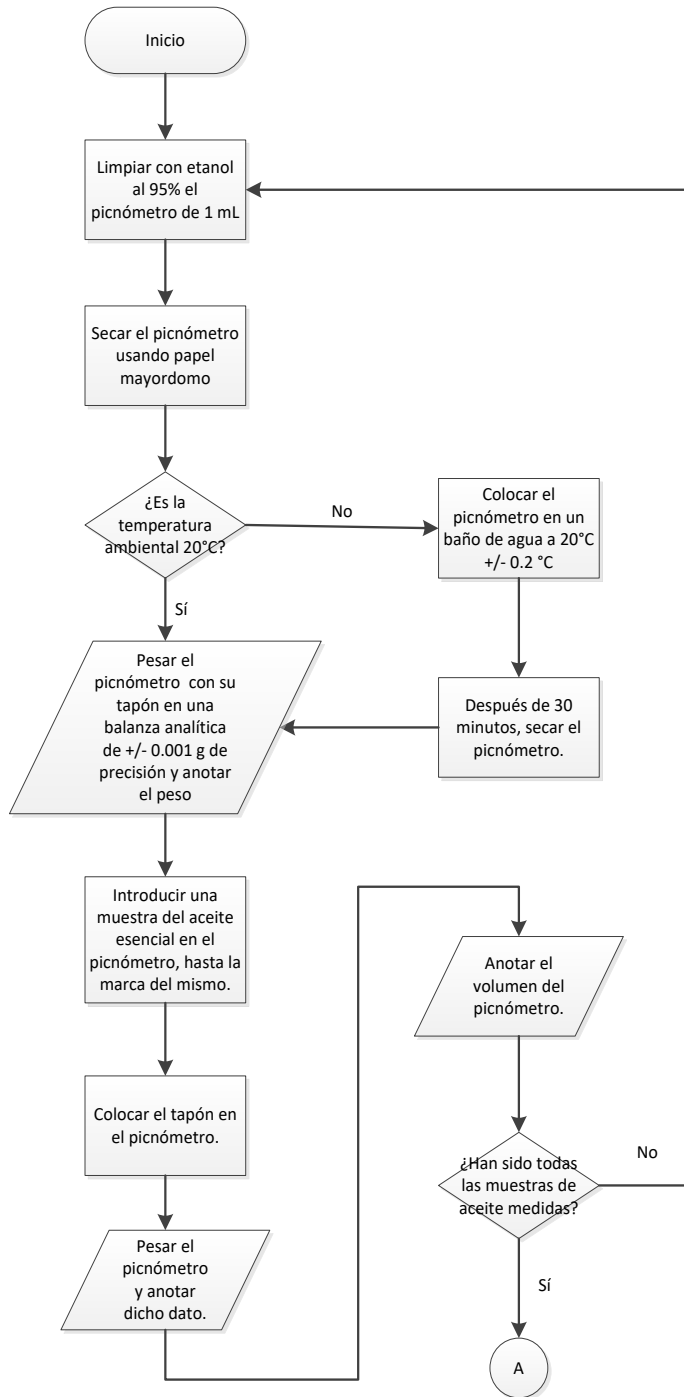
Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 9. Procedimiento eliminación del solvente del aceite esencial



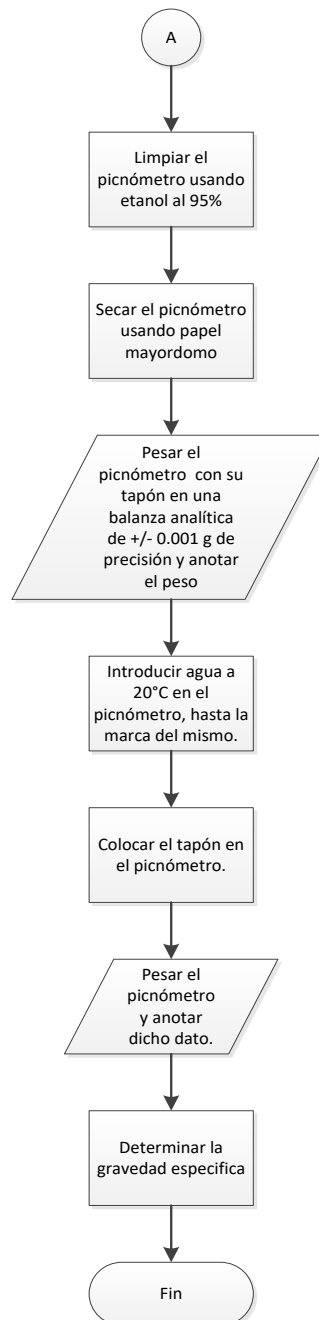
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. **Procedimiento para la determinación de la densidad relativa del aceite esencial**



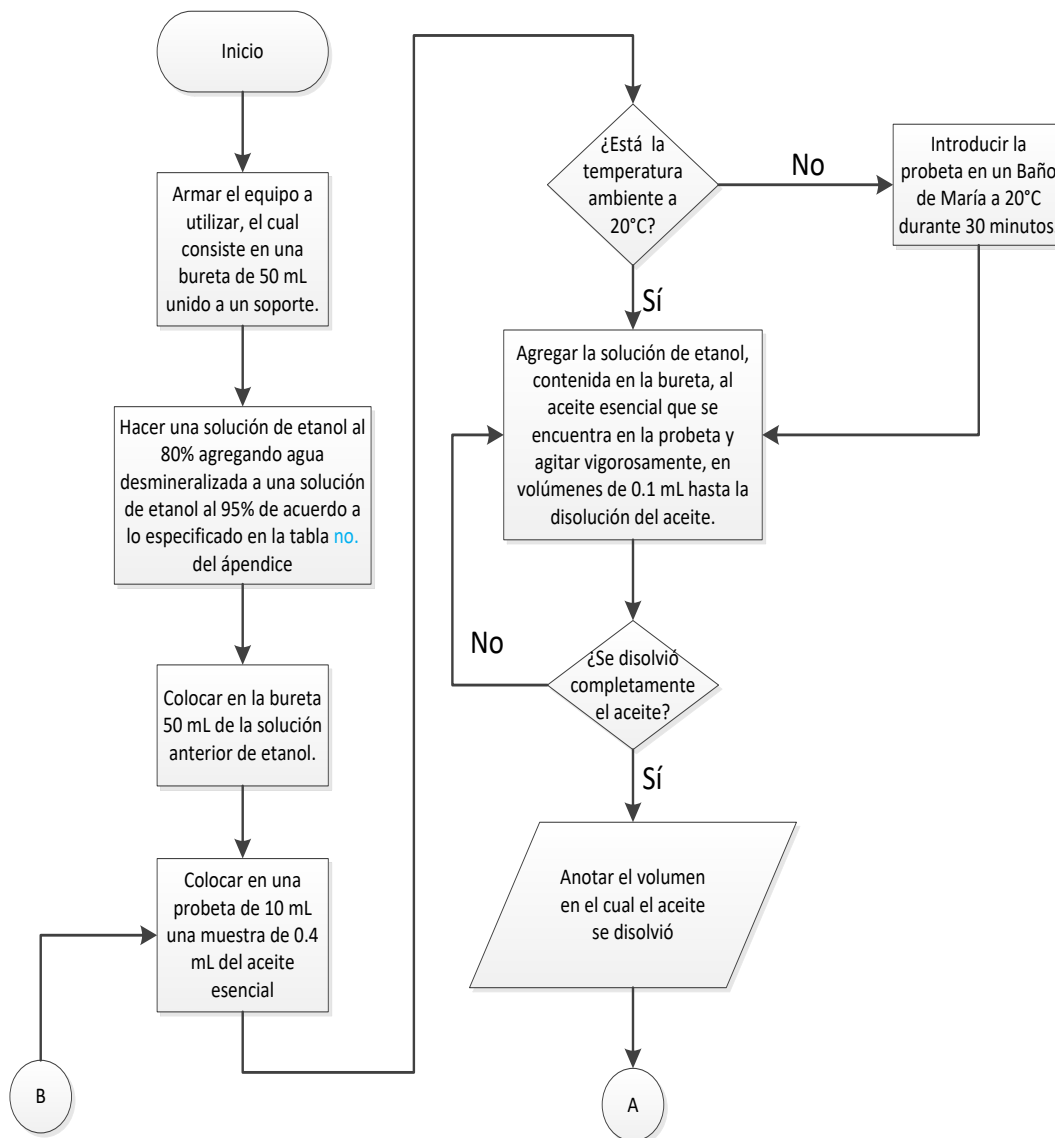


Continuación apéndice 10.

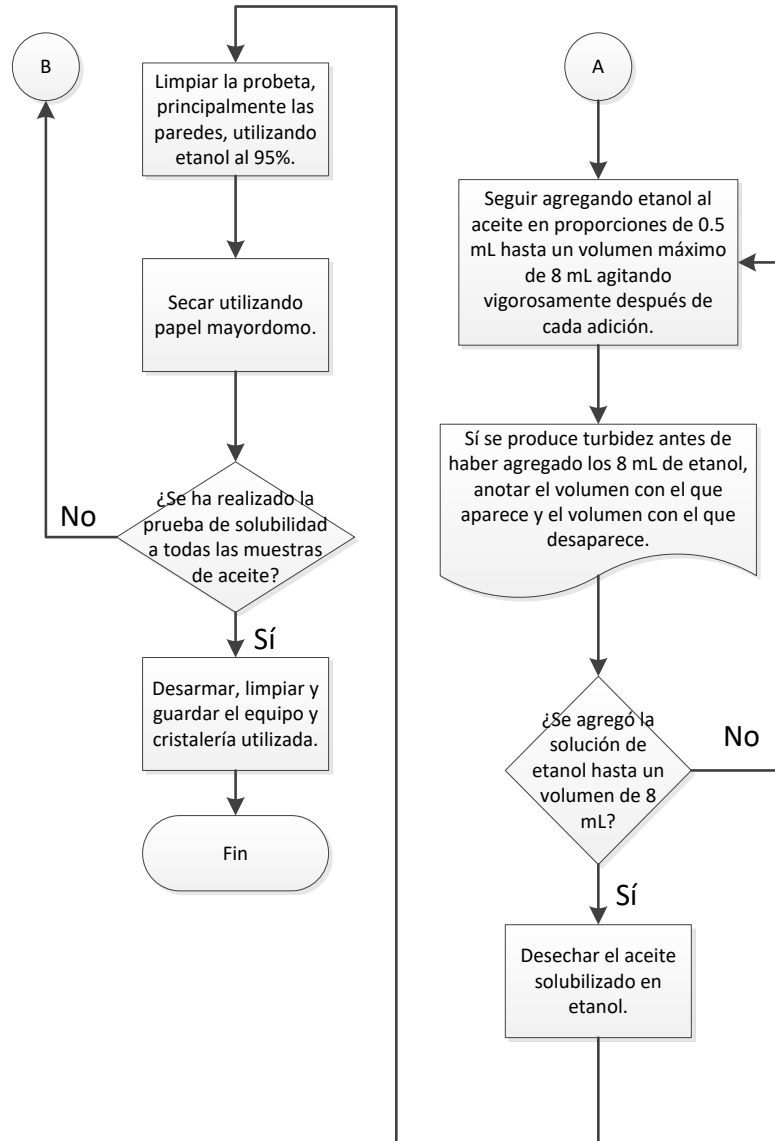


Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. **Procedimiento para la determinación de la solubilidad en etanol del aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

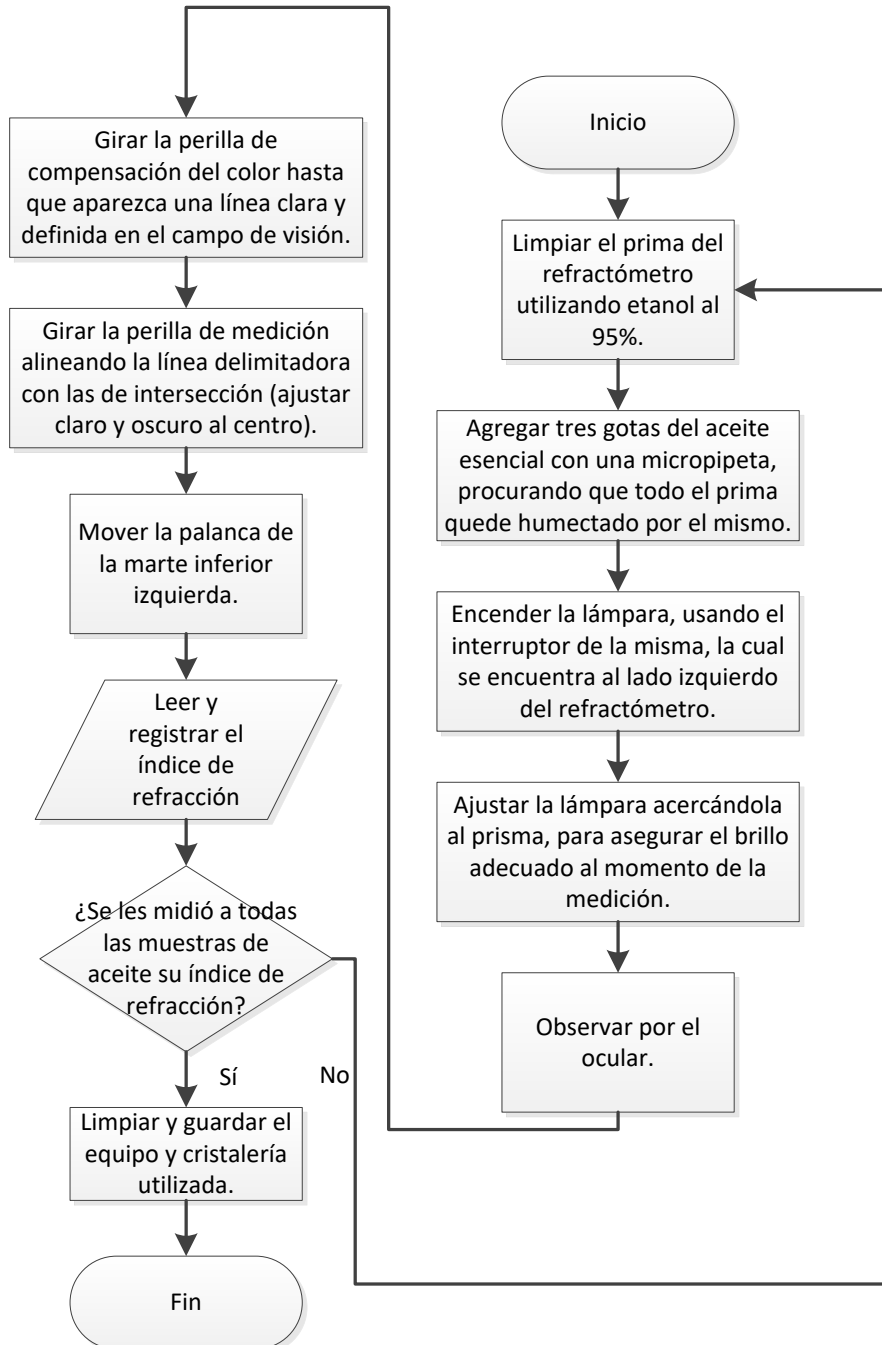


Continuación apéndice 11.



Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 12. Procedimiento para la determinación del índice de refracción



Fuente: elaboración propia.

## ANEXOS

### Anexo 1. Disoluciones de etanol por volumen y masa

Diluciones ml de etanol en 100 ml de mezcla (W/V) a $\pm 0.1$ l	Volumen de agua destilada a 20°C, para ser adicionada a 100 ml de etanol de 95%, a la misma temperatura a $\pm 0.1$ °C, para la preparación de las diluciones correspondientes	Masa de etanol 95% (v/v)	Masa de agua para ser añadida	Límites de la densidad relativa y densidad aparente.			
				d <sub>20</sub>		d <sub>4</sub>	
				20	20	20	4
	ml	g	g				
50	95.8	46.0	54.0	0.9316 a 0.9320	0.9300	a	0.9304
55	77.9	51.1	48.9	0.9214 a 0.9218	0.9198	a	0.9202
60	62.9	56.4	43.6	0.9105 a 0.9110	0.9089	a	0.9094
65	50.2	61.9	38.1	0.8990 a 0.8994	0.8974	a	0.8978
70	35.1	67.6	32.4	0.8868 a 0.8873	0.8852	a	0.8857
75	25.5	73.4	26.6	0.8740 a 0.8745	0.8725	a	0.8730
80	20.9	79.6	20.4	0.8604 a 0.8610	0.8589	a	0.8595
85	13.3	86.0	14.0	0.8460 a 0.8456	0.8445	a	0.8451
90	6.4	92.7	7.3	0.8303 a 0.8309	0.8288	a	0.8294
95	0.0	100.0	0.0	0.8123 a 0.8131	0.8109	a	0.8117

Fuente: Norma mexicana NMX-K-081-1976

## Anexo 2. Valores críticos de la distribución F

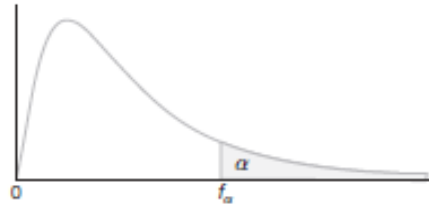


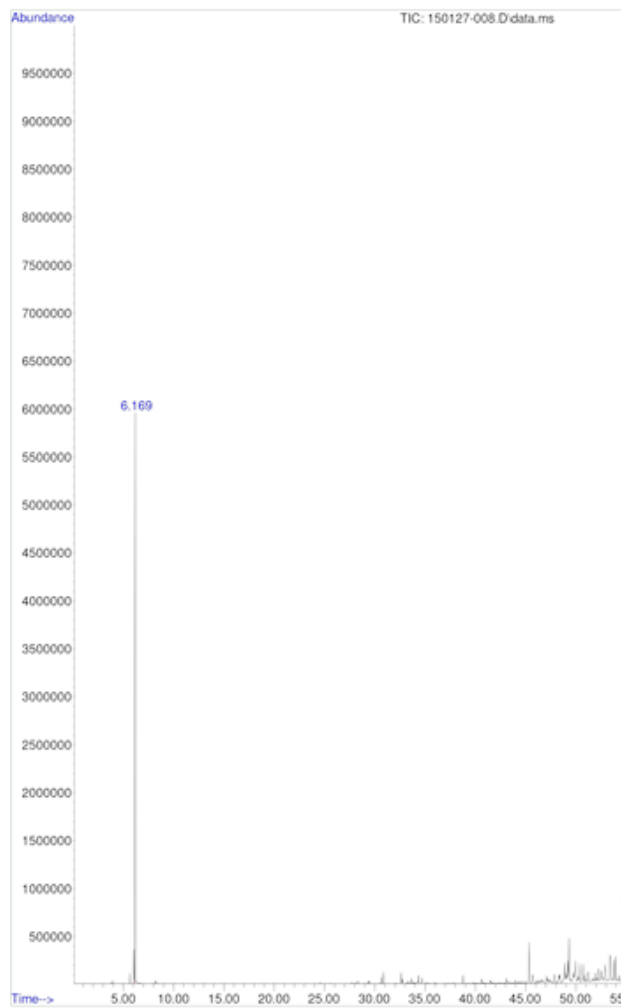
Tabla A.6 Valores críticos de la distribución F

$v_2$	$f_{\alpha, \beta}(v_1, v_2)$								
	$v_1$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96
$\infty$	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88

Fuente: WAPOLE, Ronald. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. p 757.

Anexo 3. **Cromatograma para la repetición 1 de la muestra deshidratada de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

File  
:C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL  
\150127-008.D  
Operator : AdeM  
Acquired : 28 Jan 2015 00:04  
using AcqMethod ACEITES  
ESENCIALES MCS DB-WAX SCAN 2.M  
Instrument : GC-MSD  
Sample Name: Vetever 5  
Misc Info : Vetever 5  
Vial Number: 8



Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

**Anexo 4. Porcentajes de área para los picos del cromatograma de la repetición 1 para muestra deshidratada de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

LIQA Area Percent Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\  
 Data File : 150127-008.D  
 Acq On : 28 Jan 2015 00:04  
 Operator : AdeM  
 Sample : Vetever 5  
 Misc : Vetever 5  
 ALS Vial : 8 Sample Multiplier: 1  
 Integration Parameters: events.e  
 Integrator: ChemStation  
 Method : C:\msdchem\1\METHODS\Tetrabromocloroetano SCAN.M  
 Title :  
 Signal : TIC: 150127-008.D\data.ms

peak #	R.T. min	first scan	max scan	last scan	PK TY	peak height	corr. area	corr. % max.	% of total
1	6.169	1320	1337	1361	PB	5922707	157148029	93.52%	27.185%
2	56.485	12339	12399	12426	BB 2	735138	36014251	21.43%	6.230%
3	57.726	12644	12672	12692	BB 3	1188344	47983554	28.56%	8.301%
4	58.868	12877	12923	12957	BB 3	2949630	168029138	100.00%	29.067%
5	59.658	13055	13096	13126	BV 3	2549984	111066082	66.10%	19.213%
6	59.886	13126	13147	13157	VV 3	511687	20970043	12.48%	3.628%
7	60.003	13157	13172	13193	VB 2	869882	36865408	21.94%	6.377%

Sum of corrected areas: 578076504  
 Tetrabromoc...etano SCAN.M Thu Jan 29 13:27:29 2015

Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.



**Anexo 5. Identificación de los componentes químicos del cromatograma para la repetición 1 de la muestra deshidratada de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\  
 Data File : 150127-008.D  
 Title :  
 Acq On : 28 Jan 2015 00:04  
 Operator : AdeM  
 Sample : Vetever 5  
 Misc : Vetever 5  
 ALS Vial : 8 Sample Multiplier: 1

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

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	6.169	27.18	C:\Database\NIST05a.L Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	91
2	56.486	6.23	C:\Database\NIST05a.L 3a,7-Methano-3aH-cyclopentacyclooc tene, 1,4,5,6,7,8,9,9a-octahydro-1 ,1,7-trimethyl-, [3aR-(3a.alpha.,7 .alpha.,9a.beta.)]- Pyrido[3,4-d]pyridazin-1(2H)-one, 3,4-dihydro-5-amino-4-imino-2,7-di methyl- 4H-Benzo[def]carbazole, 4-methyl-	60088	000469-92-1	53
				60848	1000271-08-5	27
				60727	084819-26-1	25
3	57.728	8.30	C:\Database\NIST05a.L Cycloisolongifolene, 9,10-dehydro- 1-Indanone, 3,3,5,6,7-pentamethyl- Vinyl dimethyl (5-chlorothieryl-2) si lane	58529	1000156-81-6	42
				58476	016204-69-6	38
				58676	180140-41-4	38
4	58.870	29.07	C:\Database\NIST05a.L cis-.alpha.-Copaene-8-ol 7-Methoxymethyl-2,7-dimethylcycloh epta-1,3,5-triene .beta.-Ethylphenethyl alcohol	71367	058569-25-8	25
				32121	073992-48-0	25
				22772	002035-94-1	22

Continuación anexo 5.

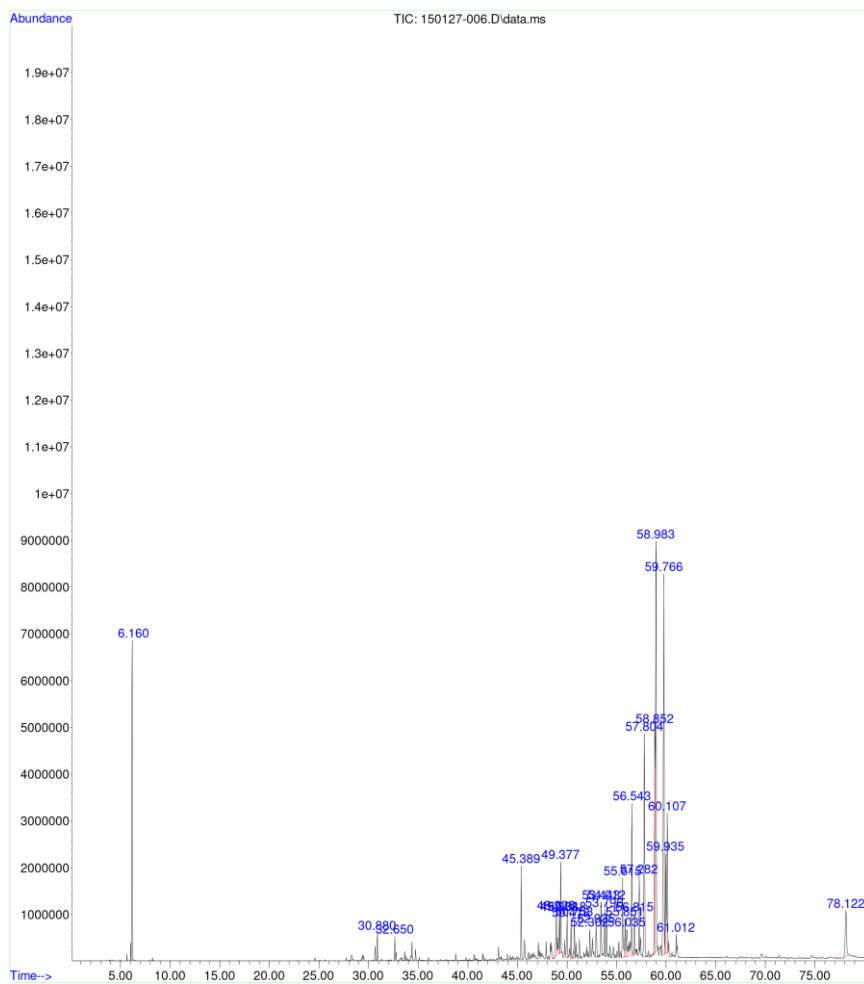
5	59.656	19.21	C:\Database\NIST05a.L			
			.beta.-Vatirenene	58513	1000293-04-2	43
			1,2,3,3a,4a,5,6,7,8,9,9a,9b-Dodeca	58547	1000080-13-6	25
			hydrocyclopenta[def]phenanthrene			
			cis-.alpha.-Copaene-8-ol	71367	058569-25-8	25
6	59.888	3.63	C:\Database\NIST05a.L			
			.gamma.-Elemene	59817	030824-67-0	47
			Benzenamine, 3,4-dimethyl-	9318	000095-64-7	30
			Benzenamine, 2,4-dimethyl-	9321	000095-68-1	25
7	60.002	6.38	C:\Database\NIST05a.L			
			1-Methyl-1-n-pentyloxy-1-silacyclo	56979	232270-61-0	30
			hexane			
			[1,1'-Biphenyl]-4-ol, 3-amino-	46720	001134-36-7	27
			1-Chloromethyl-1-(2,2-dimethylprop	80793	1000279-42-6	17
			oxy)-1-silacyclohexane			

Tetrabromoc...etano SCAN.M Thu Jan 29 13:26:17 2015

Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

Anexo 6. **Cromatograma para la repetición 2 para la muestra deshidratada de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\150127-006.D  
Operator : AdeM  
Acquired : 27 Jan 2015 21:10 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES MCS DB-WAX SCAN 2.M  
Instrument : GC-MSD  
Sample Name: Vetever 3  
Misc Info : Vetever 3  
Vial Number: 6



Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

Anexo 7. **Porcentajes de área para los picos del cromatograma para la repetición 2 de la muestra deshidratada de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

LIQA Area Percent Report

Data Path: C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\  
 Data File: 150127-006.D  
 Acq On : 27 Jan 2015 21:10  
 Operator : AdeM  
 Sample : Vetever 3  
 Misc : Vetever 3  
 ALS Vial : 6 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: Events.e  
 Integrator: ChemStation

Method : C:\msdchem\1\METHODS\Tetrabromocloroetano SCAN.M  
 Title :

Signal : TIC: 150127-006.D\data.ms

peak #	R.T. min	first scan	max scan	last scan	PK TY	peak height	corr. area	corr. % max.	% of total
1	6.160	1317	1335	1362	VB	6813642	190417665	36.70%	6.235%
2	30.880	6749	6770	6793	BB 3	587685	22563327	4.35%	0.739%
3	32.650	7137	7159	7172	BV 3	500349	17733111	3.42%	0.581%
4	45.389	9925	9959	9985	BB	1988476	77687520	14.97%	2.544%
5	48.926	10681	10737	10750	BV 5	940719	51972802	10.02%	1.702%
6	49.238	10789	10806	10817	VV 3	857395	33869521	6.53%	1.109%
7	49.377	10817	10836	10849	VV 2	1926542	71903741	13.86%	2.354%
8	50.018	10939	10977	10993	VV 3	942319	46182295	8.90%	1.512%
9	50.418	11046	11065	11089	VB 3	823770	33086595	6.38%	1.083%
10	50.753	11120	11139	11159	VV 4	838057	36307521	7.00%	1.189%
11	52.302	11458	11479	11504	PB 7	587963	29250620	5.64%	0.958%
12	52.935	11593	11618	11655	BB 9	667246	41578109	8.01%	1.361%
13	53.443	11683	11730	11759	BB 4	1145783	57647317	11.11%	1.888%
14	53.796	11783	11808	11833	BV 8	978407	46270950	8.92%	1.515%
15	54.012	11833	11855	11880	PV 3	1157653	49940918	9.62%	1.635%
16	55.615	12181	12207	12242	BV 3	1687507	85610824	16.50%	2.803%
17	55.851	12242	12259	12283	VV 2	812832	38844824	7.49%	1.272%
18	56.035	12283	12300	12325	VV 3	577581	31580744	6.09%	1.034%

Continuación anexo 7.

19	56.543	12387	12411	12441	VV	2	3252223	155430864	29.96%	5.089%
20	56.815	12441	12471	12488	VV	2	867112	45427756	8.76%	1.487%
21	57.282	12543	12574	12587	BV	3	1632612	65244611	12.57%	2.136%
22	57.804	12645	12689	12727	BB	2	4753095	231984418	44.71%	7.596%
23	58.852	12886	12919	12925	BV	3	4823095	218388687	42.09%	7.151%
24	58.983	12925	12948	12977	VV		8778359	518876860	100.00%	16.989%
25	59.766	13070	13120	13136	PV	2	8122083	496610736	95.71%	16.260%
26	59.935	13136	13157	13169	VV	2	2142331	95137632	18.34%	3.115%
27	60.107	13169	13195	13210	VV	2	2986513	158800876	30.60%	5.200%
28	61.012	13368	13394	13406	BV	6	377453	12503915	2.41%	0.409%
29	78.122	17102	17156	17207	BB	8	968682	93265689	17.97%	3.054%

Sum of corrected areas: 3054120447

Tetrabromoc...etano SCAN.M Thu Jan 29 13:11:34 2015

Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

**Anexo 8. Identificación de los componentes químicos del cromatograma para la repetición 2 de la muestra deshidratada de aceite esencial de vetiver (Vetiveria zizanioides Stapf)**

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\  
 Data File : 150127-006.D  
 Title :  
 Acq On : 27 Jan 2015 21:10  
 Operator : AdeM  
 Sample : Vetever 3  
 Misc : Vetever 3  
 ALS Vial : 6 Sample Multiplier: 1

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

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	6.160	6.23	C:\Database\NIST05a.L Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	91
2	30.882	0.74	C:\Database\NIST05a.L Himachala-2,4-diene	59844	060909-27-5	50
			2-Allylphenol	14785	001745-81-9	46
			1-(3-Methylbutyl)-2,3,5-trimethylbenzene	50024	107997-60-4	43
3	32.651	0.58	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59952	000483-75-0	99
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59953	000483-75-0	99
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)	60010	031983-22-9	98
4	45.387	2.54	C:\Database\NIST05a.L 2-Naphthalenemethanol, decahydro-1.alpha.,4a-trimethyl-8-methylene-, [2R-(2.alpha.,4a.alpha.,8a.beta.)]-	73010	000473-15-4	89
			2-Naphthalenemethanol, 2,3,4,4a,5,	73020	063891-61-2	58

## Continuación anexo 8.

			6,7,8-octahydro-.alpha.,.alpha.,4a 8-tetramethyl-, [2R-(2.alpha.,4a. beta.,8.beta.)]- Benzene, 1-(1,1-dimethylethyl)-4-m ethoxy	32092	005396-38-3	50
5	48.926	1.70	C:\Database\NIST05a.L Selina-6-en-4-ol 1H-Cyclopropa[a]naphthalene, 1a,2, 3,5,6,7,7a,7b-octahydro-1,1,7,7a-t etramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,7.alp ha.,7a.alpha.,7b.alpha.)]- 1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,4 a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetrame thyl-, [1aR-(1a.alpha.,4.alpha.,4a .beta.,7b.alpha.)]-	72909 60096	1000140-23-2 017334-55-3	91 84
6	49.240	1.11	C:\Database\NIST05a.L 10s,11s-Himachala-3(12),4-diene Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4,11,11 -trimethyl-8-methylene-, [1R-(1R*,4 Z,9S*)]- 1,2,4,8-Tetramethylbicyclo[6.3.0]u ndeca-2,4-diene	59868 59972	060909-28-6 000118-65-0	95 92
7	49.377	2.35	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-oct ahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-m ethylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha., 8a.alpha.)- Copaene 1,4-Methanoazulene, decahydro-4,8, 8-trimethyl-9-methylene-, [1S-(1.a lpha.,3a.beta.,4.alpha.,8a.beta.)]	60070 59778 60018	030021-74-0 003856-25-5 000475-20-7	49 30 30
8	50.018	1.51	C:\Database\NIST05a.L .alpha.-Cadinol 1,5-Cyclodecadiene, 1,5-dimethyl-8 -(1-methylethylidene)-, (E,E)- 1,4-Methano-1H-indene, octahydro-1 ,7a-dimethyl-4-(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,7 a.beta.)]	72908 59934	000481-34-5 015423-57-1	90 56
9	50.418	1.08	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isoprop yl-5-methyl-9-methylene- Guaiol Isolatedene	59918 72885 59783	150320-52-8 000489-86-1 1000156-10-8	90 64 60
10	50.755	1.19	C:\Database\NIST05a.L Tetracyclo[5.2.1.0(2,6).0(3,5)]dec ane, 4,4-dimethyl-	30913	074646-38-1	30

## Continuación anexo 8.

			Spiro[4.4]nona-1,3-diene, 1,2-dimethyl-	21932	1000163-57-6	25
			Pyrrole-3-carbonitrile, 5-formyl-2,4-dimethyl	22264	032487-71-1	18
11	52.301	0.96	C:\Database\NIST05a.L Spiro[4.5]dec-8-en-7-ol, 4,8-dimethyl-1-(1-methylethyl)-5-Hepten-3-yn-2-ol, 6-methyl-5-(1-methylethyl)-2-Methoxybenzyl alcohol	72964	061050-89-3	98
				33441	063922-41-8	35
				16711	000612-16-8	30
12	52.934	1.36	C:\Database\NIST05a.L 1-Naphthalenol, decahydro-1,4a-dimethyl-7-(1-methylethylidene)-, [1R-(1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)]-2-Isopropenyl-4a,8-dimethyl-1,2,3,4,4a,5,6,7-octahydronaphthalene.delta.-Selinene	72999	000473-04-1	94
				59939	1000192-43-5	91
				59822	028624-23-9	86
13	53.443	1.89	C:\Database\NIST05a.L Benzene, 1,4-bis(1-carboxyethyl)-2-Thiazolamine, N-[2-(3,4-dimethoxyphenyl)ethyl]-4-(2-pyridinyl)-Benzeneacetonitrile, 3,4-dimethoxy	72429	150552-26-4	22
				148227	1000316-57-3	16
				40865	000093-17-4	16
14	53.798	1.52	C:\Database\NIST05a.L 4,7-Methanoazulene, 1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-1,4,9,9-tetramethyl-, [1S-(1.alpha.,4.alpha.,7.alpha.)]-4,7-Methanoazulene, 1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-1,4,9,9-tetramethyl-, [1S-(1.alpha.,4.alpha.,7.alpha.)]-1H-Cycloprop[e]azulene, decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-, [1R-(1a.alpha.,4a.beta.,7.alpha.,7a.beta.,7b.alpha.)]	60013	000514-51-2	90
				60012	000514-51-2	81
				60077	025246-27-9	50
15	54.012	1.64	C:\Database\NIST05a.L 1s,4R,7R,11R-8-Hydroxy-1,3,4,7-tetramethyltricyclo[5.3.1.0(4,11)]undec-2-ene 1-Naphthalenol, 1,2,3,4,4a,7,8,8a-octahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-, [1R-(1.alpha.,4.beta.,4a.beta.,8a.beta.)]-5-Benzimidazolepropionic acid, .beta.-methyl-2-oxo-	71447	1000140-20-8	58
				73021	019435-97-3	49
				70848	021190-17-0	46
16	55.613	2.80	C:\Database\NIST05a.L 2-Cyclopenten-1-one, 2-(2-butenyl)	22904	017190-71-5	38



Continuación anexo 8.

			-3-methyl-, (Z)-			
			2-Methoxy-5-methylbenzaldehyde	23482	007083-19-4	38
			4,6-Diaminopyrazolo[3,4-d]pyrimidine	23137	005413-80-9	35
17	55.849	1.27	C:\Database\NIST05a.L			
			6-Amino-2,4-dimethyl-5-methoxyquinoline	58340	084264-47-1	55
			1(2H)-Naphthalenone, 7-(1,1-dimethylethyl)-3,4-dihydro-	58504	022583-68-2	49
			11-Isopropylidetricyclo[4.3.1.1(2,5)]undec-3-en-10-one	58508	1000191-49-3	46
18	56.036	1.03	C:\Database\NIST05a.L			
			Benzene, 1-methoxy-2-(1-methyl-2-methylenecyclopentyl)-	58505	039877-94-6	43
			Isolongifolene, 9,10-dehydro-	58523	1000151-67-1	43
			Dibenzofurane, 2-amino-6,7,8,9-tetrahydro	48103	1000302-68-7	43
19	56.541	5.09	C:\Database\NIST05a.L			
			3a,7-Methano-3aH-cyclopentacyclocotene, 1,4,5,6,7,8,9,9a-octahydro-1,1,7-trimethyl-, [3aR-(3a.alpha.,7.alpha.,9a.beta.)]-	60088	000469-92-1	49
			3-Methanesulphonyl-thiophene-2-carboxamide	60771	078031-20-6	30
			4-(Trifluoromethoxy)benzoic acid	61766	000330-12-1	27
20	56.814	1.49	C:\Database\NIST05a.L			
			5.alpha.-Hydroxy-4.alpha.,8,10,11-tetramethyltricyclo[6.3.0.0(2,4)]undec-10-ene	71450	141922-47-6	83
			Cyclopenta[c]pentalen-3(3aH)-one, octahydro-1,2,3a,6-tetramethyl-	71427	120052-69-9	70
			Benzenemethanamine, 4-methoxy-	16195	002393-23-9	43
21	57.282	2.14	C:\Database\NIST05a.L			
			1s,4R,7R,11R-1,3,4,7-Tetramethyltricyclo[5.3.1.0(4,11)]undec-2-en-8one	69972	137235-42-8	55
			Cyclopenta[c]pyran-7-carboxaldehyde, 4-[(acetyloxy)methyl]-	69619	018234-46-3	51
			Megastigma-4,6(E),8(E)-triene	40365	051468-86-1	45
22	57.805	7.60	C:\Database\NIST05a.L			
			6-Amino-2,4-dimethyl-5-methoxyquinoline	58340	084264-47-1	46
			Cycloisolongifolene, 9,10-dehydro-	58529	1000156-81-6	46
			Vinyl-dimethyl(5-chlorothienyl-2)silane	58676	180140-41-4	43
23	58.851	7.15	C:\Database\NIST05a.L			

## Continuación anexo 8.

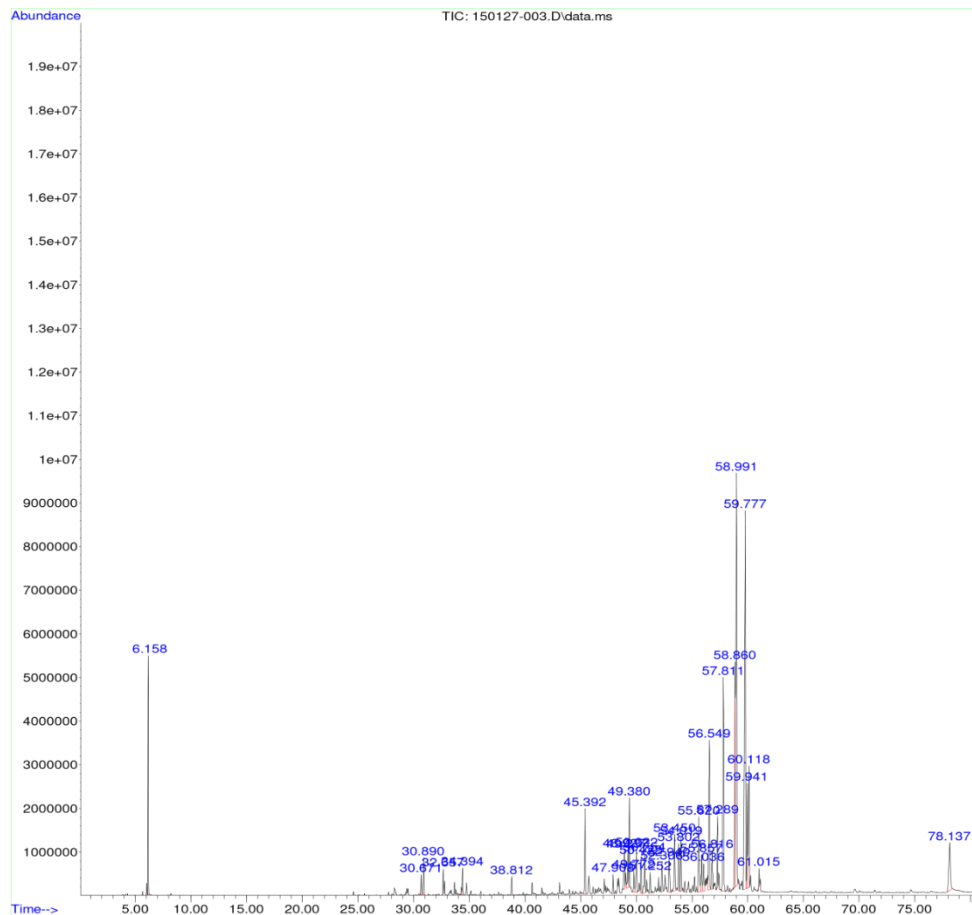
			2-Naphthalenecarboxylic acid, 8-ethyl-3,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-5-methylene-	69905	001451-36-1	55
			(1S,6R,9S)-5,5,9,10-Tetramethyltricyclo[7.3.0.0(1,6)]dodec-10(11)-ene	70028	1000298-97-8	45
			4,6,6-Trimethyl-2-(3-methylbuta-1,3-dienyl)-3-oxatricyclo[5.1.0.0(2,4)]octane	69975	1000190-22-2	42
24	58.983	16.99	C:\Database\NIST05a.L 2,5-Pyrrolidinedione, 3-methyl-1-phenyl-	49264	075619-07-7	30
			7-Methoxymethyl-2,7-dimethylcyclohepta-1,3,5-triene	32121	073992-48-0	25
			cis-.alpha.-Copaene-8-ol	71367	058569-25-8	25
25	59.766	16.26	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Vatirenene	58513	1000293-04-2	38
			cis-.alpha.-Copaene-8-ol	71367	058569-25-8	25
			1,3,4-Trimethyl-6-cyclohexylbenzene	58532	032406-17-0	14
26	59.934	3.12	C:\Database\NIST05a.L .gamma.-Elemene	59817	030824-67-0	47
			2-(3-Pentyl)pyridine	22399	007399-50-0	35
			Benzenamine, 3,4-dimethyl-	9318	000095-64-7	30
27	60.107	5.20	C:\Database\NIST05a.L 1-Methyl-1-n-pentyloxy-1-silacyclohexane	56979	232270-61-0	30
			Ethanone, 1-(5-methyl-1-phenyl-1H-pyrazol-4-yl)-	57047	006123-63-3	27
			1-Chloromethyl-1-(2,2-dimethylpropoxy)-1-silacyclohexane	80793	1000279-42-6	17
28	61.012	0.41	C:\Database\NIST05a.L Pyrazol-(4H)-one, 1-(4-ethylphenyl)-3-methyl-	58349	107430-31-9	30
			.beta.-Vatirenene	58513	1000293-04-2	30
			Cycloheptane, 4-methylene-1-methyl-2-(2-methyl-1-propen-1-yl)-1-vinyl	59957	1000159-38-5	25
29	78.124	3.05	C:\Database\NIST05a.L m-Toluic acid, 2,2-dimethylpropyl ester	61322	069912-00-1	25
			1,2-Naphthalenediol, 1,2,3,4-tetrahydro-1,3,3-trimethyl-, cis-	61386	056588-37-5	20
			Cedren-13-ol, 8-	71333	018319-35-2	18

Tetrabromoc...etano SCAN.M Thu Jan 29 13:10:18 2015

Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

**Anexo 9. Cromatograma para la repetición 3 de la muestra deshidratada de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\150127-003.D  
Operator : AdeM  
Acquired : 27 Jan 2015 16:48 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES  
MCS DB-WAX SCAN 2.M  
Instrument : GC-MSD  
Sample Name: Vetever 1  
Misc Info : Vetever 1  
Vial Number: 3



Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

**Anexo 10. Porcentajes de área para los picos del cromatograma de la repetición 3 para la muestra deshidratada de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

```

                LIQA      Area Percent Report
Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\
Data File : 150127-003.D
Acq On    : 27 Jan 2015  16:48
Operator  : AdeM
Sample    : Vetever 1
Misc      : Vetever 1
ALS Vial  : 3      Sample Multiplier: 1
Integration Parameters: events.e
Integrator: ChemStation

Method    : C:\msdchem\1\METHODS\Tetrabromocloroetano SCAN.M
Title     :

Signal     : TIC: 150127-003.D\data.ms
peak  R.T. first max last  PK   peak      corr.   corr.   % of
#     min  scan scan scan  TY   height   area    % max.  total
----  -
1   6.158  1318 1335 1358 PB   5453890 142449885 25.52%  4.258%
2   30.671 6700 6724 6740 BB 3   458753  17290825  3.10%  0.517%
3   30.890 6751 6772 6796 BB 4   846509  32993458  5.91%  0.986%
4   32.657 7137 7160 7173 BV 2   568788  19674776  3.52%  0.588%
5   34.394 7527 7542 7563 VB 3   620623  23373354  4.19%  0.699%

6   38.812 8491 8513 8535 BB 2   418816  15681089  2.81%  0.469%
7   45.392 9920 9960 9985 BB   1958692 77496317 13.88%  2.316%
8   47.908 10489 10513 10535 BB   436626  16795939  3.01%  0.502%
9   48.927 10706 10737 10750 BV 5   895011  45200359  8.10%  1.351%
10  49.237 10775 10805 10818 VV 5   850766  37243601  6.67%  1.113%

11  49.380 10818 10837 10850 VV 3  2038851  77322282 13.85%  2.311%
12  49.772 10899 10923 10944 BV 7   489347  22439218  4.02%  0.671%
13  50.022 10944 10978 10994 VV 4  1002392  50077022  8.97%  1.497%
14  50.422 11047 11066 11089 VB   838479  34003281  6.09%  1.016%
15  50.754 11092 11139 11158 BV 7   893603  45783422  8.20%  1.368%

16  51.252 11222 11248 11275 BB 6   469805  21740799  3.89%  0.650%
17  52.306 11462 11480 11506 BB 7   676733  32583493  5.84%  0.974%
18  52.940 11594 11619 11658 BB 6   764559  45685849  8.18%  1.366%
19  53.450 11685 11731 11759 BV 4  1285106  65038715 11.65%  1.944%
20  53.802 11784 11809 11834 BV 7  1081449  51428108  9.21%  1.537%

21  54.019 11834 11857 11882 PV 3  1228058  52864823  9.47%  1.580%
22  55.620 12182 12208 12243 BV 5  1709419  86935223 15.57%  2.598%

```

### Continuación anexo 10.

23	55.857	12243	12261	12283	VV	4	842234	40892665	7.33%	1.222%
24	56.036	12283	12300	12325	VV	4	618834	34584212	6.20%	1.034%
25	56.549	12387	12413	12440	VV		3426882	165109979	29.58%	4.935%
26	56.816	12440	12471	12489	VV	4	884153	49159777	8.81%	1.469%
27	57.289	12548	12576	12588	BV	3	1621942	65556634	11.74%	1.959%
28	57.811	12644	12690	12729	BB	2	4883505	245490917	43.98%	7.338%
29	58.860	12836	12921	12927	BV	7	5146468	248186051	44.46%	7.418%
30	58.991	12927	12950	12978	VV		9426258	558228020	100.00%	16.685%
31	59.777	13072	13122	13138	PV		8655670	547278025	98.04%	16.358%
32	59.941	13138	13159	13171	VV	3	2399977	108672703	19.47%	3.248%
33	60.118	13171	13197	13211	VV		2784268	152024334	27.23%	4.544%
34	61.015	13364	13395	13407	BV	3	414699	12911159	2.31%	0.386%
35	78.137	17099	17159	17212	BB	5	1090427	103480047	18.54%	3.093%

Sum of corrected areas: 3345676362

Tetrabromoc...etano SCAN.M Thu Jan 29 13:05:15 2015

Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

Anexo 11. **Identificación de los componentes químicos del cromatograma de la repetición 1 para la muestra fresca de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\  
 Data File : 150127-003.D  
 Title :  
 Acq On : 27 Jan 2015 16:48  
 Operator : AdeM  
 Sample : Vetever 1  
 Misc : Vetever 1  
 ALS Vial : 3 Sample Multiplier: 1  
 Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	6.160	4.26	C:\Database\NIST05a.L Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	91
2	30.673	0.52	C:\Database\NIST05a.L Benzene, 1-isopentyl-2,4,5-trimethyl-	50019	010425-90-8	50
			1-(3-Methylbutyl)-2,3,4-trimethylbenzene	50022	107997-59-1	43
			Himachala-2,4-diene	59844	060909-27-5	38
3	30.891	0.99	C:\Database\NIST05a.L Himachala-2,4-diene	59844	060909-27-5	46
			Naphthalene, 1,2,3,5,8,8a-hexahydro-	14417	062690-65-7	43
			Benzenamine, N,N,3-trimethyl-	15083	1000244-82-3	43
4	32.656	0.59	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59952	000483-75-0	99
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59953	000483-75-0	99
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)	60010	031983-22-9	98
5	34.394	0.70	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Guaiene	59807	000088-84-6	90
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octa	60048	004630-07-3	89

Continuación anexo 11.

			hydro-1,8a-dimethyl-7-(1-methyleth enyl)-, [1R-(1.alpha.,7.beta.,8a.a lpha.)]-				
			1H-Cycloprop[e]azulene, decahydro-	60073	025246-27-9	89	
			1,1,7-trimethyl-4-methylene-, [1aR -(1a.alpha.,4a.beta.,7.alpha.,7a.b eta.,7b.alpha.)]				
6	38.810	0.47	C:\Database\NIST05a.L				
			.beta.-Vatirene	58513	1000293-04-2	96	
			Aromadendrene, dehydro-	58517	1000156-12-5	91	
			Cycloisolongifolene, 8,9-dehydro-	58528	1000151-28-0	70	
7	45.392	2.32	C:\Database\NIST05a.L				
			2-Naphthalenemethanol, decahydro-. alpha.,.alpha.,4a-trimethyl-8-meth ylene-, [2R-(2.alpha.,4a.alpha.,8a .beta.)]-	73010	000473-15-4	87	
			2-Naphthalenemethanol, 2,3,4,4a,5, 6,7,8-octahydro-.alpha.,.alpha.,4a ,8-tetramethyl-, [2R-(2.alpha.,4a. beta.,8.beta.)]-	73020	063891-61-2	58	
			Benzene, 1-(1,1-dimethylethyl)-4-m ethoxy	32092	005396-38-3	46	
8	47.907	0.50	C:\Database\NIST05a.L				
			Hydrazine, 1-methyl-1-(2-methylpro pyl)-	4296	020240-63-5	25	
			Hexane, 1-(1-methoxyethoxy)-	30025	054340-90-8	22	
			Cyclohexanemethanol, .alpha.,.alph a.,4-trimethyl-, cis-	27175	007322-63-6	22	
9	48.926	1.35	C:\Database\NIST05a.L				
			Selina-6-en-4-ol	72909	1000140-23-2	91	
			1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,4 a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetrame thyl-, [1aR-(1a.alpha.,4.alpha.,4a .beta.,7b.alpha.)]-	60089	000489-40-7	90	
			1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,4 a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetrame thyl-, [1aR-(1a.alpha.,4.alpha.,4a .beta.,7b.alpha.)]-	60090	000489-40-7	86	
10	49.236	1.11	C:\Database\NIST05a.L				
			Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4,11,11 -trimethyl-8-methylene-, [1R-(1R*,4 Z,9S*)]-	59972	000118-65-0	95	
			10s,11s-Himachala-3(12),4-diene	59868	060909-28-6	95	
			Eudesma-4(14),11-diene	59851	1000152-04-3	90	
11	49.381	2.31	C:\Database\NIST05a.L				
			Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-oct ahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-m ethylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha., 8a.alpha.)-	60070	030021-74-0	49	
			Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-oct ahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-m	60057	039029-41-9	35	

## Continuación anexo 11.

			ethylethyl)-, (1.alpha.,4a.beta.,8 a.alpha.)- Copaene	59778 003856-25-5 30
12	49.772	0.67	C:\Database\NIST05a.L Cyclolongifolene oxide, dehydro- Cyclohexanol, 1,3,3-trimethyl-2-(3 -methyl-2-methylene-3-butenylidene )-, (Z)- 3a,7-Methano-3aH-cyclopentacyclooc tene, 1,4,5,6,7,8,9,9a-octahydro-1 ,1,7-trimethyl-, [3aR-(3a.alpha.,7 .alpha.,9a.beta.)]-	69941 1000156-11-4 72 71445 069296-92-0 53 60085 000469-92-1 50
13	50.023	1.50	C:\Database\NIST05a.L .alpha.-Cadinol 1,4-Methano-1H-indene, octahydro-1 ,7a-dimethyl-4-(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,7 a.beta.)]- 1,5-Cyclodecadiene, 1,5-dimethyl-8 -(1-methylethylidene)-, (E,E)	72908 000481-34-5 87 60055 087064-18-4 64 59934 015423-57-1 45
14	50.423	1.02	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isoprop yl-5-methyl-9-methylene- 1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-met hylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E )]- Isoledene	59918 150320-52-8 91 59960 023986-74-5 70 59783 1000156-10-8 60
15	50.755	1.37	C:\Database\NIST05a.L Spiro[5.5]undeca-1,7-diene Seneciophylline Spiro[benzoxazol-2,2'-cyclohexanol	21900 039170-86-0 43 144128 000480-81-9 43 60583 1000260-36-8 38
16	51.251	0.65	C:\Database\NIST05a.L Aromadendrene oxide-(2) 1,3,6,10-Dodecatetraene, 3,7,11-tr imethyl-, (Z,E)- Longipinocarveol, trans-	71361 1000151-98-6 35 59890 026560-14-5 30 71365 1000159-36-5 27
17	52.306	0.97	C:\Database\NIST05a.L Spiro[4.5]dec-8-en-7-ol, 4,8-dimet hyl-1-(1-methylethyl)- 2-Methoxybenzyl alcohol 1,4-Benzenediol, 2,6-dimethyl-	72964 061050-89-3 98 16711 000612-16-8 30 16770 000654-42-2 25
18	52.938	1.37	C:\Database\NIST05a.L 1-Naphthalenol, decahydro-1,4a-dim ethyl-7-(1-methylethylidene)-, [1R -(1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)]- 2-Isopropenyl-4a,8-dimethyl-1,2,3, 4,4a,5,6,7-octahydronaphthalene Naphthalene, decahydro-4a-methyl-1 -methylene-7-(1-methylethylidene)- , (4aR- trans)	72999 000473-04-1 94 59939 1000192-43-5 91 59991 000515-17-3 84



## Continuación anexo 11.

19	53.448	1.94	C:\Database\NIST05a.L 1,3,5,6-Tetramethyladamantane Benzene, 1,4-bis(1-carboxyethyl)- Tricyclo[6.3.0.0(2,4)]undec-8-ene, 3,3,7,11-tetramethyl-	51358 034694-70-7 38 72429 150552-26-4 22 59910 1000152-25-6 20
20	53.803	1.54	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahyd ro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl) , (1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)-(. +/-.)- 4,7-Methanoazulene, 1,2,3,4,5,6,7, 8-octahydro-1,4,9,9-tetramethyl-, [1S-(1.alpha.,4.alpha.,7.alpha.)]- 1H-Cyclopropa[a]naphthalene, 1a,2, 3,5,6,7,7a,7b-octahydro-1,1,7,7a-t etramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,7.alp ha.,7a.alpha.,7b.alpha.)]-	60043 005951-61-1 90 60013 000514-51-2 90 60097 017334-55-3 76
21	54.021	1.58	C:\Database\NIST05a.L 1s,4R,7R,11R-8-Hydroxy-1,3,4,7-tet ramethyltricyclo[5.3.1.0(4,11)]und ec-2-ene Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahyd ro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)- 1H-Cyclopropa[a]naphthalene, 1a,2, 3,5,6,7,7a,7b-octahydro-1,1,7,7a-t etramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,7.alp ha.,7a.alpha.,7b.alpha.)]-	71447 1000140-20-8 52 59954 000483-75-0 43 60097 017334-55-3 43
22	55.617	2.60	C:\Database\NIST05a.L 2-Cyclopenten-1-one, 2-(2-butenyl) -3-methyl-, (Z)- Benzamide, 2-(methylamino)- 4,6-Diaminopyrazolo[3,4-d]pyrimidi ne	22904 017190-71-5 38 23330 007505-81-9 35 23137 005413-80-9 35
23	55.859	1.22	C:\Database\NIST05a.L Pyrazol-(4H)-one, 1-(4-ethylphenyl )-3-methyl- 1,1,2,2,3,3-Hexamethylindane 6-Amino-2,4-dimethyl-5-methoxyquin oline	58349 107430-31-9 70 58522 091324-94-6 49 58340 084264-47-1 49
24	56.036	1.03	C:\Database\NIST05a.L Isolongifolene, 4,5-dehydro- 6-Ethoxyquinaldine Benzene, 1-methoxy-2-(1-methyl-2-m ethylenecyclopentyl)-	58521 1000152-07-1 42 48075 006628-28-0 38 58505 039877-94-6 38
25	56.550	4.94	C:\Database\NIST05a.L 3a,7-Methano-3aH-cyclopentacyclooc tene, 1,4,5,6,7,8,9,9a-octahydro-1 ,1,7-trimethyl-, [3aR-(3a.alpha.,7 .alpha.,9a.beta.)]- 5,6-Decadien-3-yne, 5,7-diethyl- Disiloxane, pentaethyl-	60088 000469-92-1 38 50009 061227-89-2 25 69402 061233-74-7 22

## Continuación anexo 11.

26	56.814	1.47	C:\Database\NIST05a.L Cyclopenta[c]pentalen-3(3aH)-one, octahydro-1,2,3a,6-tetramethyl- 5.alpha.-Hydroxy-4.alpha.,8,10,11- tetramethyltricyclo[6.3.0.0(2,4)]u ndec-10-ene Benzenemethanamine, 4-methoxy-	71427	120052-69-9	86
				71450	141922-47-6	70
				16195	002393-23-9	45
27	57.291	1.96	C:\Database\NIST05a.L Benzene, 1-methyl-3,5-bis(1-methyl ethyl)- Cyclopenta[c]pyran-7-carboxaldehyd e, 4-[(acetyloxy)methyl]- Bicyclo[6.3.0]undeca-1(8),9-diene, 11,11- dimethyl	40378	003055-14-9	84
				69619	018234-46-3	49
				40394	1000163-44-3	46
28	57.810	7.34	C:\Database\NIST05a.L Cycloisolongifolene, 9,10-dehydro- 6-Amino-2,4-dimethyl-5-methoxyquin oline Cadina-1(10),6,8-triene	58529	1000156-81-6	46
				58340	084264-47-1	46
				58519	001460-96-4	43
29	58.861	7.42	C:\Database\NIST05a.L 2-Naphthalenecarboxylic acid, 8-et henyl-3,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro- 5-methylene- (1S,6R,9S)-5,5,9,10-Tetramethyltri cyclo[7.3.0.0(1,6)]dodec-10(11)-en Cyclohexene, 1,3-diisopropenyl-6-m ethyl	69905	001451-36-1	55
				70028	1000298-97-8	38
				40377	1000151-28-9	35
30	58.993	16.69	C:\Database\NIST05a.L 2,5-Pyrrolidinedione, 3-methyl-1-p henyl cis-.alpha.-Copaene-8-ol 7-Methoxymethyl-2,7-dimethylcycloh epta-1,3,5-triene	49264	075619-07-7	30
				71367	058569-25-8	25
				32121	073992-48-0	25
31	59.775	16.36	C:\Database\NIST05a.L cis-.alpha.-Copaene-8-ol 2-Amino-9-oxa-1,3,4a-triaza-fluore n-4-one 1,3,4-Trimethyl-6-cyclohexylbenzen	71367	058569-25-8	25
				58790	1000300-40-2	14
				58532	032406-17-0	14
32	59.943	3.25	C:\Database\NIST05a.L .gamma.-Elemene 2-(3-Pentyl)pyridine Benzenamine, 3,4-dimethyl-	59817	030824-67-0	47
				22399	007399-50-0	35
				9318	000095-64-7	30
33	60.116	4.54	C:\Database\NIST05a.L 1-Methyl-1-n-pentyloxy-1-silacyclo hexane 1-Chloromethyl-1-(2,2-dimethylprop oxy)-1-silacyclohexane 2-(2-Chlorobenzylidene)cyclohexano ne	56979	232270-61-0	30
				80793	1000279-42-6	17
				71036	042426-32-4	16

## Continuación anexo 11.

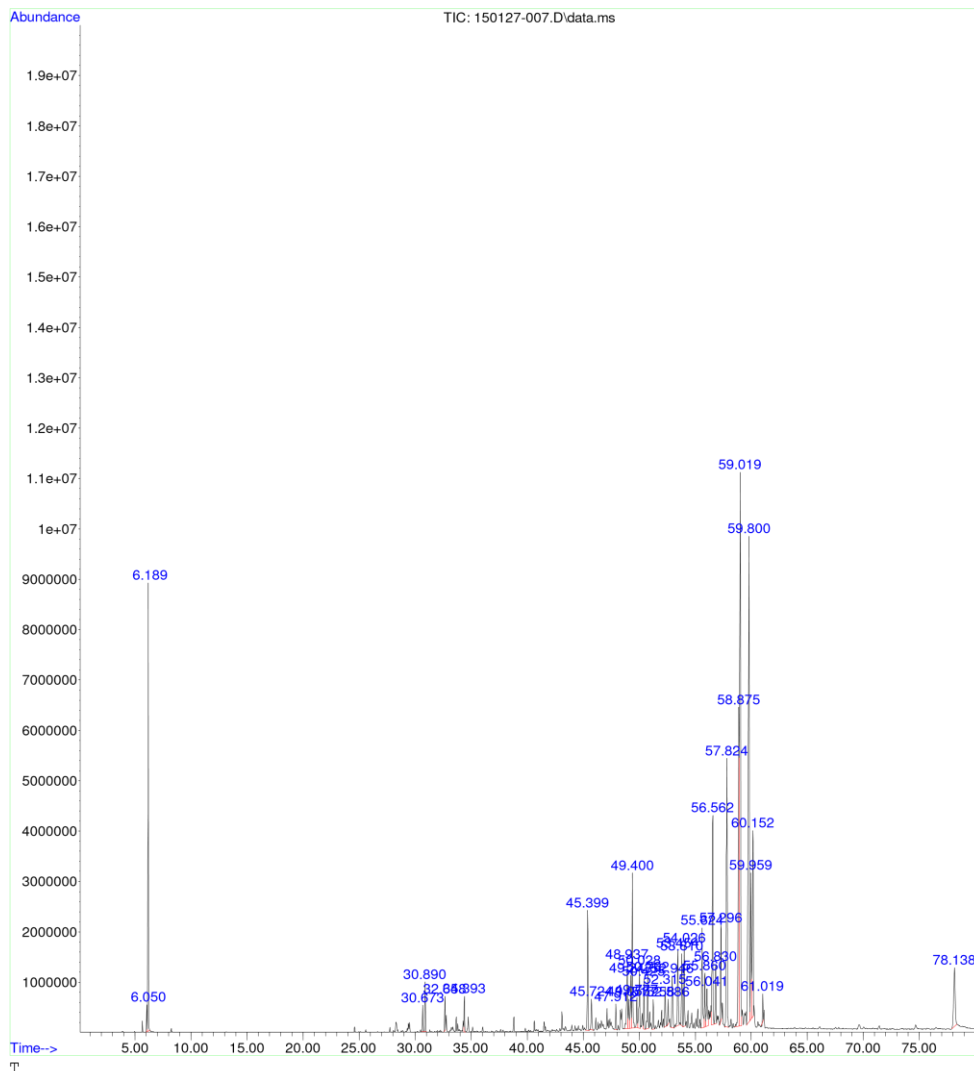
34	61.017	0.39	C:\Database\NIST05a.L			
			Humulen- (v1)	59795	1000159-39-4	41
			Isoaromadendrene epoxide	71364	1000159-36-6	30
			(+)-2-Carene, 4-.alpha.-isopropeny	40374	1000151-26-0	30
			-1			
35	78.138	3.09	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[4.1.0]heptane, 7-bicyclo[4.	48793	1000152-39-9	30
			1.0]hept-7-ylidene			
			m-Toluic acid, 2,2-dimethylpropyl	61322	069912-00-1	25
			ester			
			1,2-Naphthalenediol, 1,2,3,4-tetra	61386	056588-37-5	20
			hydro-1,3,3-trimethyl-, cis			

Tetrabromoc...etano SCAN.M Thu Jan 29 13:03:36 2015

Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

## Anexo 12. Cromatograma para la repetición 1 para la muestra fresca de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\150127-007.D  
Operator : AdeM  
Acquired : 27 Jan 2015 22:37 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES MCS DB-WAX SCAN 2.M  
Instrument : GC-MSD  
Sample Name: Vetever 4  
Misc Info : Vetever 4  
Vial Number: 7



Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

**Anexo 13. Porcentajes de área para los picos del cromatograma de la repetición 1 de la muestra húmeda de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

LIQA Area Percent Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\  
 Data File : 150127-007.D  
 Acq On : 27 Jan 2015 22:37  
 Operator : AdeM  
 Sample : Vetever 4  
 Misc : Vetever 4  
 ALS Vial : 7 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: events.e  
 Integrator: ChemStation

Method : C:\msdchem\1\METHODS\Tetrabromocloroetano SCAN.M  
 Title :  
 Signal : TIC: 150127-007.D\data.ms

peak #	R.T. min	first scan	max scan	last scan	PK TY	peak height	corr. area	corr. % max.	% of total
1	6.050	1297	1311	1322	BV	537723	15529582	2.19%	0.351%
2	6.189	1322	1341	1373	VB	8876918	295548268	41.71%	6.683%
3	30.673	6697	6724	6740	BB 2	523156	20129033	2.84%	0.455%
4	30.890	6746	6772	6796	BB 4	984593	39336093	5.55%	0.889%
5	32.659	7136	7161	7173	BV 2	676091	23573507	3.33%	0.533%
6	34.393	7526	7542	7563	VB 4	706180	26548649	3.75%	0.600%
7	45.399	9920	9962	9986	BB	2369868	97032324	13.69%	2.194%
8	45.724	10004	10033	10070	BB 5	610450	32145707	4.54%	0.727%
9	47.912	10487	10514	10538	BB 2	505310	19945861	2.81%	0.451%
10	48.937	10678	10739	10752	BV 5	1314459	75573144	10.66%	1.709%
11	49.055	10752	10765	10777	VV 3	581134	25322844	3.57%	0.573%
12	49.243	10777	10807	10819	VV 5	1042649	52553410	7.42%	1.188%
13	49.400	10819	10841	10885	VB 2	3075856	138868995	19.60%	3.140%
14	49.777	10895	10924	10943	BV 5	597535	27085044	3.82%	0.612%
15	50.028	10943	10979	10995	VV 4	1195753	61017255	8.61%	1.380%
16	50.425	11047	11067	11092	VB 3	988547	40330259	5.69%	0.912%
17	50.762	11094	11141	11161	BV 6	1070978	53532783	7.55%	1.210%
18	51.258	11220	11250	11275	BB 4	584362	26470464	3.74%	0.599%
19	52.315	11460	11482	11507	PB 7	790640	39201421	5.53%	0.886%
20	52.586	11513	11542	11559	BV 5	492088	21547933	3.04%	0.487%

Continuación anexo 13.

21	52.946	11589	11621	11661	BB	8	1012208	61678428	8.70%	1.395%
22	53.454	11686	11733	11761	BV	4	1484583	74912973	10.57%	1.694%
23	53.810	11785	11811	11835	BV	6	1430716	66758875	9.42%	1.510%
24	54.026	11835	11858	11883	PV	3	1606773	69391956	9.79%	1.569%
25	55.624	12184	12209	12244	BV	3	1980292	104077621	14.69%	2.353%
26	55.860	12244	12261	12284	VV	2	1063099	50765593	7.16%	1.148%
27	56.041	12284	12301	12326	VV	3	740366	41098974	5.80%	0.929%
28	56.562	12388	12416	12441	VV		4144779	199094188	28.09%	4.502%
29	56.830	12441	12475	12491	VV	4	1172195	65367187	9.22%	1.478%
30	57.296	12550	12577	12590	BV	2	1888926	75735507	10.69%	1.713%
31	57.824	12645	12693	12731	BB	3	5329831	289557918	40.86%	6.548%
32	58.875	12840	12924	12932	BV	5	6316387	335451725	47.34%	7.585%
33	59.019	12932	12956	12981	VV		10973800	708659597	100.00%	16.024%
34	59.800	13075	13128	13141	PV	2	9612403	672482065	94.89%	15.206%
35	59.959	13141	13162	13176	VV	2	2905376	135053674	19.06%	3.054%
36	60.152	13176	13205	13217	VV	2	3686880	209746932	29.60%	4.743%
37	61.019	13367	13396	13409	BV	3	549701	18601457	2.62%	0.421%
38	78.138	17103	17159	17212	BB	3	1164497	112648168	15.90%	2.547%

Sum of corrected areas: 4422375414

Tetrabromoc...etano SCAN.M Thu Jan 29 13:25:08 2015

Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

Anexo 14. **Porcentajes de área para los picos del cromatograma de la repetición 1 para la muestra fresca de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\  
 Data File : 150127-007.D  
 Title :  
 Acq On : 27 Jan 2015 22:37  
 Operator : AdeM  
 Sample : Vetever 4  
 Misc : Vetever 4  
 ALS Vial : 7 Sample Multiplier: 1

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

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1.	6.051	0.35	C:\Database\NIST05a.L			
			Isopropyl Alcohol	289	000067-63-0	91
			Isopropyl Alcohol	288	000067-63-0	91
			2,3-Butanediol, [S-(R*,R*)]-	2271	019132-06-0	72
2.	6.187	6.68	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
3.	30.673	0.46	C:\Database\NIST05a.L			
			1,4-Methano-1H-indene, octahydro-4	60092	003650-28-0	46
			-methyl-8-methylene-7-(1-methylethyl)-, [1S-(1.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,7.alpha.,7a.beta.)]-	50022	107997-59-1	43
			1-(3-Methylbutyl)-2,3,4-trimethylbenzene	59844	060909-27-5	38
4.	30.891	0.89	C:\Database\NIST05a.L			
			Naphthalene, 1,2,3,5,8,8a-hexahydro-	14417	062690-65-7	43
			o-			
			1-(3-Methylbutyl)-2,3,5-trimethylbenzene	50024	107997-60-4	43
			Cycloheptane, 1,3,5-tris(methylene	14422	068284-24-2	41
5.	32.660	0.53	C:\Database\NIST05a.L			
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59952	000483-75-0	99
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59953	000483-75-0	99
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)	60010	031983-22-9	98
6.	34.393	0.60	C:\Database\NIST05a.L			
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,8a-dimethyl-7-(1-methylethenyl)-, [1R-(1.alpha.,7.beta.,8a.alpha.)]-	60048	004630-07-3	90
			1H-Cycloprop[e]azulene, decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-, [1aR-(1a.alpha.,4a.beta.,7.alpha.,7a.beta.,7b.alpha.)]-	60073	025246-27-9	90

## Continuación anexo 14.

	Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octa	60046	004630-07-3	90			
	hydro-1,8a-dimethyl-7-(1-methyleth enyl)-, [1R-(1.alpha.,7.beta.,8a.a lpha.)]						
7	45.401	2.19	C:\Database\NIST05a.L				
	2-Naphthalenemethanol, decahydro-. alpha.,.alpha.,4a-trimethyl-8-meth ylene-, [2R-(2.alpha.,4a.alpha.,8a .beta.)]-	73010	000473-15-4	64			
	2-Naphthalenemethanol, 2,3,4,4a,5, 6,7,8-octahydro-.alpha.,.alpha.,4a ,8-tetramethyl-, [2R-(2.alpha.,4a. beta.,8.beta.)]-	73020	063891-61-2	58			
	Benzene, 1-(1,1-dimethylethyl)-4-m ethoxy	32092	005396-38-3	46			
8	45.724	0.73	C:\Database\NIST05a.L				
	Butanamide, N-(4-hydroxyphenyl)-	42252	000101-91-7	38			
	Trivinyl(1,3,3-tribromopropyl)sila ne	167354	082389-54-6	38			
	1,2-Diazaspiro[4.4]nonen-3-carboxy lic acid, 6,6,9,9-tetramethyl-, et hyl ester	93206	1000164-25-9	38			
9	47.912	0.45	C:\Database\NIST05a.L				
	Acrylic acid, 3-(2-(methyl-aci-nit ro)acetamido)-, (E)	48859	003552-16-7	25			
	o-Menthan-8-ol	27046	343855-44-7	22			
	Cyclohexanemethanol, .alpha.,.alph a.,4-trimethyl-, trans-	27176	005114-00-1	22			
10	48.935	1.71	C:\Database\NIST05a.L				
	Selina-6-en-4-ol	72909	1000140-23-2	94			
	1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,4 a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetrame thyl-, [1aR-(1a.alpha.,4.alpha.,4a .beta.,7b.alpha.)]-	60090	000489-40-7	86			
	1H-Cyclopropa[a]naphthalene, 1a,2, 3,5,6,7,7a,7b-octahydro-1,1,7,7a-t etramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,7.alp ha.,7a.alpha.,7b.alpha.)]-	60096	017334-55-3	84			
11	49.054	0.57	C:\Database\NIST05a.L				
	1-Naphthalenol, decahydro-1,4a-dim ethyl-7-(1-methylethylidene)-, [1R -(1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)]-	72999	000473-04-1	55			
	(+)-Isomenthol	27047	1000152-08-3	22			
	1,4-Methanoazulene-9-methanol, dec ahydro-4,8,8-trimethyl-, [1S-(1.al pha.,3a.beta.,4.alpha.,8a.beta.,9R *)]	73006	001139-17-9	14			
12	49.245	1.19	C:\Database\NIST05a.L				
	Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4,11,11	59972	000118-65-0	95			



Continuación anexo 14.

			-trimethyl-8-methylene-, [1R-(1R*,4Z,9S*)]-			
			10s,11s-Himachala-3(12),4-diene	59868	060909-28-6	95
			1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,4a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,4.alpha.,4a.beta.,7b.alpha.)]-	60090	000489-40-7	91
13	49.399	3.14	C:\Database\NIST05a.L			
			Cyclohexene, 6-ethenyl-6-methyl-1-(1-methylethyl)-3-(1-methylethylidene)-, (S)-	59984	005951-67-7	30
			Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)-	60070	030021-74-0	30
			Copaene	59778	003856-25-5	30
14	49.777	0.61	C:\Database\NIST05a.L			
			Cyclolongifolene oxide, dehydro-3a,7-Methano-3aH-cyclopentacyclooctene, 1,4,5,6,7,8,9,9a-octahydro-1,1,7-trimethyl-, [3aR-(3a.alpha.,7.alpha.,9a.beta.)]-	69941	1000156-11-4	60
			Tricyclo[4.3.0.0(7,9)]non-3-ene, 2,2,5,5,8,8-hexamethyl-, (1.alpha.,6.beta.,7.alpha.,9.alpha.)	60085	000469-92-1	53
				60007	054832-80-3	38
15	50.027	1.38	C:\Database\NIST05a.L			
			.alpha.-Cadinol	72908	000481-34-5	87
			.tau.-Muurolol	72907	019912-62-0	43
			1,4-Methano-1H-indene, octahydro-1,7a-dimethyl-4-(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,7a.beta.)]	60055	087064-18-4	43
16	50.427	0.91	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-.tau.-Cadinol	59918	150320-52-8	90
			1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E)]	72906	005937-11-1	83
				59960	023986-74-5	70
17	50.764	1.21	C:\Database\NIST05a.L			
			Tetracyclo[5.2.1.0(2,6).0(3,5)]decane, 4,4-dimethyl-	30913	074646-38-1	25
			Benzeneacetonitrile, 3,4-diethoxy-	60580	027472-21-5	25
			Spiro[benzoxazol-2,2'-cyclohexanol	60583	1000260-36-8	25
18	51.260	0.60	C:\Database\NIST05a.L			
			Cyclohexane, 3,4-bis(1-methylethenyl)-1,1-dimethyl-	51373	061142-74-3	30
			Cyclohexane, 1,1-dimethyl-2,4-bis(	51376	062337-98-8	30

Continuación anexo 14.

			1-methylethenyl)-, cis-			
			1-Formyl-2,2-dimethyl-3-trans-(3-methyl-but-2-enyl)-6-methylidene-cyclohexane	71449	1000144-09-7	27
19	52.315	0.89	C:\Database\NIST05a.L			
			Spiro[4.5]dec-8-en-7-ol, 4,8-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	72964	061050-89-3	98
			1,4-Benzenediol, 2,6-dimethyl-	16770	000654-42-2	38
			5-Hepten-3-yn-2-ol, 6-methyl-5-(1-methylethyl)	33441	063922-41-8	35
20	52.588	0.49	C:\Database\NIST05a.L			
			4H-Pyrido[1,2-a]pyrimidin-4-one, 3-ethyl-6-methyl-	48522	057773-19-0	42
			Dispiro[4.2.4.2]tetradeca-6,13-diene	48773	078578-90-2	38
			1(2H)-Naphthalenone, 3,4-dihydro-4,6,7-trimethyl	48741	030316-32-6	35
21	52.947	1.39	C:\Database\NIST05a.L			
			1-Naphthalenol, decahydro-1,4a-dimethyl-7-(1-methylethylidene)-, [1R-(1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)]-	72999	000473-04-1	94
			2-Isopropenyl-4a,8-dimethyl-1,2,3,4,4a,5,6,7-octahydronaphthalene	59939	1000192-43-5	91
			Naphthalene, decahydro-4a-methyl-1-methylene-7-(1-methylethylidene)-, (4aR-trans)	59991	000515-17-3	84
22	53.457	1.69	C:\Database\NIST05a.L			
			4(1H)-Pteridinone, 2-amino-7-methyl-	41125	013040-58-9	27
			2-Amino-4-carbamoyl-6-piperidino-1,3,5-triazine	73254	036739-58-9	22
			Tricyclo[6.3.0.0(2,4)]undec-8-ene, 3,3,7,11-tetramethyl	59910	1000152-25-6	20
23	53.811	1.51	:\Database\NIST05a.L			
			4,7-Methanoazulene, 1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-1,4,9,9-tetramethyl-, [1S-(1.alpha.,4.alpha.,7.alpha.)]-	60012	000514-51-2	76
			4,7-Methanoazulene, 1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-1,4,9,9-tetramethyl-, [1S-(1.alpha.,4.alpha.,7.alpha.)]-	60013	000514-51-2	64
			Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl), (1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)-(+/-)	60045	005951-61-1	60
24	54.025	1.57	C:\Database\NIST05a.L			
			1s,4R,7R,11R-8-Hydroxy-1,3,4,7-tetramethyltricyclo[5.3.1.0(4,11)]und	71447	1000140-20-8	58

## Continuación anexo 14.

ec-2-ene			1-Naphthalenol, 1,2,3,4,4a,7,8,8a-	73021	019435-97-3	46
			octahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methyl			
			ethyl)-, [1R-(1.alpha.,4.beta.,4a.			
			beta.,8a.beta.)]-			
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahyd	59954	000483-75-0	43
			ro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)			
25	55.622	2.35	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Methoxy-5-methylbenzaldehyde	23482	007083-19-4	35
			Benzamide, 2-(methylamino)-	23330	007505-81-9	35
			Benzoic acid, 3,5-dimethyl-	23467	000499-06-9	30
26	55.858	1.15	C:\Database\NIST05a.L			
			6-Amino-2,4-dimethyl-5-methoxyquin	58340	084264-47-1	49
			oline			
			1,1,2,2,3,3-Hexamethylindane	58522	091324-94-6	49
			Cadina-1(10),6,8-triene	58519	001460-96-4	46
27	56.040	0.93	C:\Database\NIST05a.L			
			Dibenzofurane, 2-amino-6,7,8,9-tet	48103	1000302-68-7	43
			rahydro-			
			6-Hydroxy-2-methylcyclohepta(b)pyr	48061	109338-95-6	43
			idin-7-one			
			Cadina-1(10),6,8-triene	58519	001460-96-4	38
28	56.563	4.50	C:\Database\NIST05a.L			
			3a,7-Methano-3aH-cyclopentacyclooc	60088	000469-92-1	38
			tene, 1,4,5,6,7,8,9,9a-octahydro-1			
			,1,7-trimethyl-, [3aR-(3a.alpha.,7			
			.alpha.,9a.beta.)]-			
			3-Methanesulphonyl-thiophene-2-car	60771	078031-20-6	30
			boxamide			
			m-Trifluoromethoxybenzoic acid	61763	001014-81-9	22
29	56.832	1.48	C:\Database\NIST05a.L			
			5.alpha.-Hydroxy-4.alpha.,8,10,11-	71450	141922-47-6	83
			tetramethyltricyclo[6.3.0.0(2,4)]u			
			ndec-10-ene			
			Cyclopenta[c]pentalen-3(3aH)-one,	71427	120052-69-9	46
			octahydro-1,2,3a,6-tetramethyl-			
			Benzenemethanamine, 4-methoxy-	16195	002393-23-9	43
30	57.296	1.71	C:\Database\NIST05a.L			
			Benzene, 1-methyl-3,5-bis(1-methyl	40378	003055-14-9	84
			ethyl)-			
			Cyclopenta[c]pyran-7-carboxaldehyd	69619	018234-46-3	51
			e, 4-[(acetyloxy)methyl]-			
			Bicyclo[6.3.0]undeca-1(8),9-diene,	40394	1000163-44-3	46
			11,11-dimethyl			
31	57.823	6.55	C:\Database\NIST05a.L			
			6-Amino-2,4-dimethyl-5-methoxyquin	58340	084264-47-1	46
			oline			

## Continuación anexo 14.

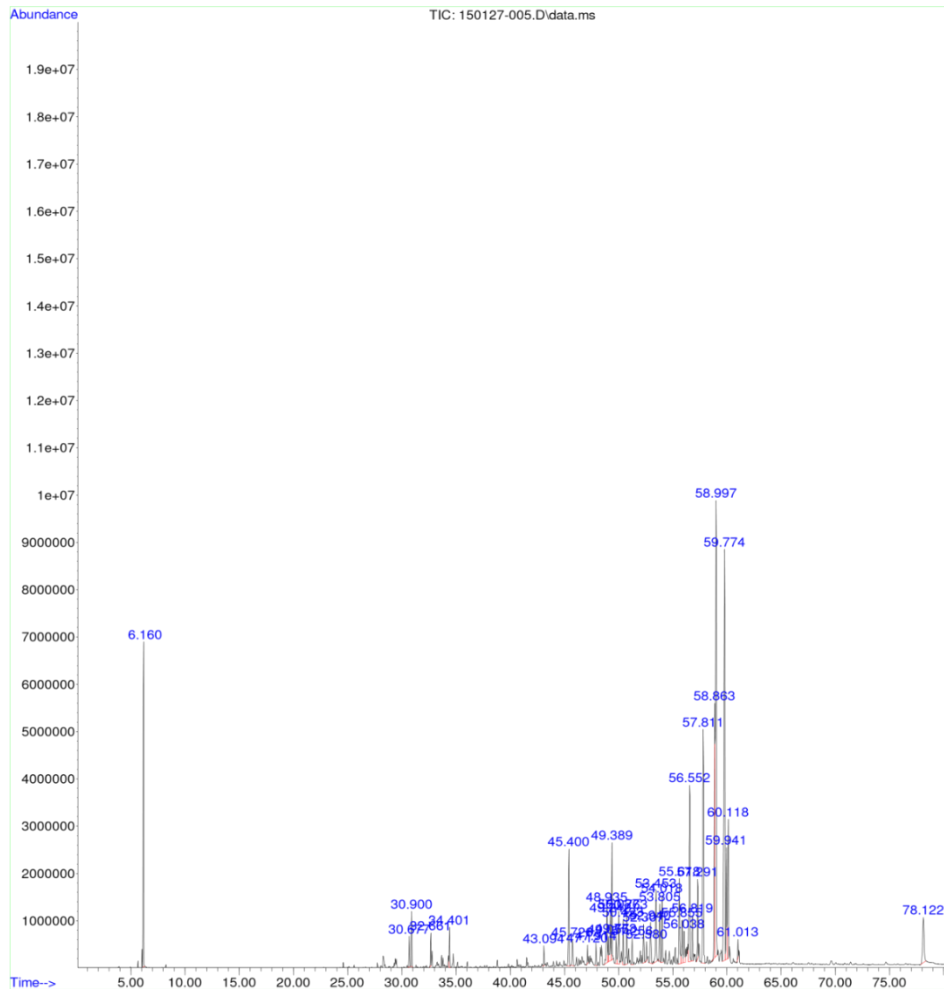
			Cadina-1(10),6,8-triene	58519	001460-96-4	43
32	58.874	7.59	C:\Database\NIST05a.L 2-Naphthalenecarboxylic acid, 8-ethenyl-3,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-5-methylene-Cyclohexene, 1,3-diisopropenyl-6-methyl-(1S,6R,9S)-5,5,9,10-Tetramethyltricyclo[7.3.0.0(1,6)]dodec-10(11)-en	69905	001451-36-1	55
				40377	1000151-28-9	35
				70028	1000298-97-8	30
33	59.020	16.02	C:\Database\NIST05a.L 2,5-Pyrrolidinedione, 3-methyl-1-pyridin-2-yl-7-Methoxymethyl-2,7-dimethylcycloheptane-1,3,5-triene cis-.alpha.-Copaene-8-ol	49264	075619-07-7	30
				32121	073992-48-0	25
				71367	058569-25-8	25
34	59.802	15.21	C:\Database\NIST05a.L 3-[4-Hydroxyisopent-2(Z)-enyl]-4-hydroxyacetophenone cis-.alpha.-Copaene-8-ol 13,5-Trimethyl-2-cyclohexylbenzene	71078	024672-83-1	25
				71367	058569-25-8	25
				58530	004516-10-3	22
35	59.957	3.05	C:\Database\NIST05a.L .gamma.-Elemene Benzenamine, 3,4-dimethyl-4-(2-Hydroxymethyl-benzyloxy)-phthalonitrile	59817	030824-67-0	47
				9318	000095-64-7	30
				101286	1000295-96-7	27
36	60.152	4.74	C:\Database\NIST05a.L 1-Methyl-1-n-pentyloxy-1-silacyclohexane Ethanone, 1-(5-methyl-1-phenyl-1H-pyrazol-4-yl)- Pyridine, 4-[4-methoxyphenyl]-	56979	232270-61-0	30
				57047	006123-63-3	27
				46718	005938-16-9	27
37	61.021	0.42	C:\Database\NIST05a.L 1,2,3,3a,4a,5,6,7,8,9,9a,9b-Dodecahydrocyclopenta[def]phenanthrene Humulen-(v1) Isoaromadendrene epoxide	58547	1000080-13-6	45
				59795	1000159-39-4	38
				71364	1000159-36-6	30
38	78.138	2.55	C:\Database\NIST05a.L 1H-3a,6-Methanoazulene-3-carboxylic acid, octahydro-7,7-dimethyl-8-methylene-, [3S-(3.alpha.,3a.alpha.,6.alpha.,8a.alpha.)]- Bicyclo[4.1.0]heptane, 7-bicyclo[4.1.0]hept-7-ylidene m-Toluic acid, 2,2-dimethylpropyl ester	81148	016203-25-1	91
				48793	1000152-39-9	30
				61322	069912-00-1	25

Tetrabromoc...etano SCAN.M Thu Jan 29 13:23:26 2015

Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

Anexo 15. **Cromatograma para la repetición 2 para la muestra fresca de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\150127-005.D  
Operator : AdeM  
Acquired : 27 Jan 2015 19:42 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES MCS  
DB-WAX SCAN 2.M  
Instrument : GC-MSD  
Sample Name: Vetever 2  
Misc Info : Vetever 2  
Vial Number: 5



Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala

**Anexo 16. Porcentajes de área para los picos del cromatograma de la repetición 2 para la muestra fresca de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

LIQA Area Percent Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\  
 Data File : 150127-005.D  
 Acq On : 27 Jan 2015 19:42  
 Operator : AdeM  
 Sample : Vetever 2  
 Misc : Vetever 2  
 ALS Vial : 5 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: events.e  
 Integrator: ChemStation

Method : C:\msdchem\1\METHODS\Tetrabromocloroetano SCAN.M  
 Title :

Signal : TIC: 150127-005.D\data.ms

peak #	R.T. min	first scan	max scan	last scan	PK TY	peak height	corr. area	corr. % max.	% of total -
1	6.160	1317	1335	1363	VB	6865451	193234994	32.70%	5.186%
2	30.677	6701	6725	6742	BB 3	646235	25015458	4.23%	0.671%
3	30.900	6753	6774	6799	BB 4	1163090	47240992	7.99%	1.268%
4	32.661	7137	7161	7173	BV 2	696942	24290328	4.11%	0.652%
5	34.401	7528	7544	7564	VB 3	844277	32212303	5.45%	0.864%
6	43.094	9430	9455	9470	BB	414021	14476913	2.45%	0.389%
7	45.400	9920	9962	9986	BB 2	2475026	103530129	17.52%	2.778%
8	45.726	10004	10033	10072	BB 6	546455	31233776	5.28%	0.838%
9	47.120	10314	10340	10354	BV 2	383234	13351409	2.26%	0.358%
10	47.914	10488	10514	10538	BB 2	472199	18633256	3.15%	0.500%
11	48.935	10677	10739	10752	BV 7	1227667	70500432	11.93%	1.892%
12	49.055	10752	10765	10776	VV 4	536683	21956719	3.72%	0.589%
13	49.242	10776	10806	10818	VV 6	961484	44652180	7.56%	1.198%
14	49.389	10818	10839	10863	VB 2	2467726	99631094	16.86%	2.674%
15	49.773	10897	10923	10943	BV 5	585398	26407569	4.47%	0.709%
16	50.027	10943	10979	10994	VV 4	1110748	56924993	9.63%	1.528%
17	50.423	11047	11066	11092	VB 3	957722	39061277	6.61%	1.048%
18	50.763	11093	11141	11159	BV 6	1117507	55127167	9.33%	1.479%
19	51.256	11220	11249	11275	BB 4	562615	25880154	4.38%	0.695%
20	52.307	11459	11480	11507	PB 6	815802	39171473	6.63%	1.051%
21	52.580	11513	11540	11559	BV 6	402983	18301774	3.10%	0.491%

Continuación anexo 16.

22	52.940	11591	11619	11660	BB	9	854872	54124824	9.16%	1.453%
23	53.453	11660	11732	11761	BB	3	1507958	79281585	13.41%	2.128%
24	53.805	11777	11810	11835	BV	5	1214359	55925284	9.46%	1.501%
25	54.018	11835	11856	11882	PV	4	1417167	60956749	10.31%	1.636%
26	55.618	12182	12208	12243	BV	4	1796069	92558671	15.66%	2.484%
27	55.855	12243	12260	12283	VV	3	911734	43566647	7.37%	1.169%
28	56.038	12283	12301	12325	VV	2	669033	36767617	6.22%	0.987%
29	56.552	12387	12413	12441	VV		3713446	179475887	30.37%	4.816%
30	56.819	12441	12472	12489	VV	5	959566	52857993	8.94%	1.419%
31	57.291	12548	12576	12588	BV	3	1672753	68442088	11.58%	1.837%
32	57.811	12644	12690	12728	BB		4914553	252742967	42.77%	6.783%
33	58.863	12860	12922	12927	BV	6	5380627	249525748	42.22%	6.696%
34	58.997	12927	12951	12978	VV		9639604	590994518	100.00%	15.860%
35	59.774	13072	13122	13137	PV		8659106	540924615	91.53%	14.516%
36	59.941	13137	13159	13173	VV	3	2358769	109087242	18.46%	2.927%
37	60.118	13173	13197	13212	VV		2932575	152639142	25.83%	4.096%
38	61.013	13368	13394	13407	BV	4	405001	13805672	2.34%	0.370%
39	78.122	17098	17155	17207	BB	4	959164	91796156	15.53%	2.463%

Sum of corrected areas: 3726307798

Tetrabromoc...etano SCAN.M Thu Jan 29 13:09:31 2015

Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala

**Anexo 17. Identificación de los componentes químicos del cromatograma para la repetición 2 de la muestra fresca de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\  
 Data File : 150127-005.D  
 Title :  
 Acq On : 27 Jan 2015 19:42  
 Operator : AdeM  
 Sample : Vetever 2  
 Misc : Vetever 2  
 ALS Vial : 5 Sample Multiplier: 1

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

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	6.160	5.19	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	91
2	30.677	0.67	C:\Database\NIST05a.L			
			1-(3-Methylbutyl)-2,3,4-trimethylb enzene	50022	107997-59-1	50
			Pyrazine, 2-methyl-5-(1-propenyl)- , (E)-	14742	018217-82-8	43
			Pyrazine, 2-methyl-5-(2-propenyl)-	14729	055138-63-1	43
3	30.900	1.27	C:\Database\NIST05a.L			
			Naphthalene, 1,2,3,5,8,8a-hexahydr o-	14417	062690-65-7	43
			1-(3-Methylbutyl)-2,3,5-trimethylb enzene	50024	107997-60-4	43
			2H-1-Benzopyran, 3,4-dihydro-	14837	000493-08-3	38
4	32.660	0.65	C:\Database\NIST05a.L			
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahyd ro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59953	000483-75-0	99
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahyd ro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59952	000483-75-0	99
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahyd ro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	60010	031983-22-9	98



Continuación anexo 17.

						, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)
5	34.403	0.86	C:\Database\NIST05a.L			
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octa	60053	010219-75-7	90
			hydro-1,8a-dimethyl-7-(1-methyleth			
			enyl)-, [1S-(1.alpha.,7.alpha.,8a.			
			alpha.)]-			
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octa	60046	004630-07-3	90
			hydro-1,8a-dimethyl-7-(1-methyleth			
			enyl)-, [1R-(1.alpha.,7.beta.,8a.a			
			lpha.)]-			
			.beta.-Guaiene	59807	000088-84-6	90
6	43.095	0.39	C:\Database\NIST05a.L			
			1,4-Benzenediol, 2,3,5-trimethyl-	24950	000700-13-0	64
			1-(3-Hydroxyphenyl)urea	24627	000701-82-6	58
			Benzaldehyde, 2-hydroxy-5-methoxy-	24817	000672-13-9	50
7	45.401	2.78	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Naphthalenemethanol, decahydro-.	73010	000473-15-4	89
			alpha.,.alpha.,4a-trimethyl-8-meth			
			ylene-, [2R-(2.alpha.,4a.alpha.,8a			
			.beta.)]-			
			2-Naphthalenemethanol, 2,3,4,4a,5,	73020	063891-61-2	58
			6,7,8-octahydro-.alpha.,.alpha.,4 <sup>a</sup>			
			,8-tetramethyl-, [2R-(2.alpha.,4a.			
			beta.,8.beta.)]-			
			Cyclohexane, 1,1,4,4-tetramethyl-2	32230	1000154-20-4	50
			,5-dimethylene			
8	45.724	0.84	C:\Database\NIST05a.L			
			Trivinyl(1,3,3-tribromopropyl)sila	167354	082389-54-6	38
			ne			
			4-Pentyloxyaniline	42345	039905-50-5	38
			Butanamide, N-(4-hydroxyphenyl)-	42252	000101-91-7	38
9	47.121	0.36	C:\Database\NIST05a.L			
			1H-Cyclopropa[a]naphthalene, 1a,2,	60074	000489-29-2	98
			3,3a,4,5,6,7b-octahydro-1,1,3a,7-t			
			etramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,3a.al			
			pha.,7b.alpha.)]-			
			Naphthalene, 2,3,4,4a,5,6-hexahydr	59949	000473-14-3	95
			o-1,4a-dimethyl-7-(1-methylethyl)-			
			.delta.-Selinene	59822	028624-23-9	95
10	47.912	0.50	C:\Database\NIST05a.L			
			Hydrazine, 1-methyl-1-(2-methylpro	4296	020240-63-5	25
			pyl)-			
			2-Dodecanol, 2-methyl-	57279	001653-37-8	22
			Cyclohexanemethanol, .alpha.,.alph	27176	005114-00-1	22
			a.,4-trimethyl-, trans-			
11	48.935	1.89	C:\Database\NIST05a.L			
			Selina-6-en-4-ol	72909	1000140-23-2	94
			1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,4	60089	000489-40-7	90
			a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetrame			

## Continuación anexo 17.

			thyl-, [1aR-(1a.alpha.,4.alpha.,4a				
			.beta.,7b.alpha.)]-				
			1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,4	60090	000489-40-7	86	
			a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetrame				
			thyl-, [1aR-(1a.alpha.,4.alpha.,4a				
			.beta.,7b.alpha.)]-				
12	49.054	0.59	C:\Database\NIST05a.L				
			1-Naphthalenol, decahydro-1,4a-dim	72999	000473-04-1	55	
			ethyl-7-(1-methylethylidene)-, [1R				
			-(1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)]-				
			1H-Cycloprop[e]azulene, decahydro-	60079	000489-39-4	41	
			1,1,7-trimethyl-4-methylene-, [1aR				
			-(1a.alpha.,4a.alpha.,7.alpha.,7a.				
			beta.,7b.alpha.)]-				
			1,4-Methanoazulen-7-ol, decahydro-	73007	026804-55-7	35	
			1,5,5,8a-tetramethyl-, [1s-(1.alph				
			a.,3a.beta.,4.alpha.,7.beta.,8a.be				
			ta.)]				
13	49.240	1.20	C:\Database\NIST05a.L				
			Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4,11,11	59972	000118-65-0	95	
			-trimethyl-8-methylene-, [1R-(1R*,4				
			Z,9S*)]-				
			10s,11s-Himachala-3(12),4-diene	59868	060909-28-6	95	
			1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,4	60090	000489-40-7	91	
			a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetrame				
			thyl-, [1aR-(1a.alpha.,4.alpha.,4a				
			.beta.,7b.alpha.)]-				
14	49.390	2.67	C:\Database\NIST05a.L				
			Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-oct	60070	030021-74-0	50	
			ahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-m				
			ethylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,				
			8a.alpha.)]-				
			Copaene	59778	003856-25-5	30	
			1,4-Methanoazulene, decahydro-4,8,	60018	000475-20-7	30	
			8-trimethyl-9-methylene-, [1S-(1.a				
			lpha.,3a.beta.,4.alpha.,8a.beta.)]				
15	49.772	0.71	C:\Database\NIST05a.L				
			Cyclolongifolene oxide, dehydro-	69941	1000156-11-4	60	
			3a,7-Methano-3aH-cyclopentacyclooc	60085	000469-92-1	41	
			tene, 1,4,5,6,7,8,9,9a-octahydro-1				
			,1,7-trimethyl-, [3aR-(3a.alpha.,7				
			.alpha.,9a.beta.)]-				
			Tricyclo[4.3.0.0(7,9)]non-3-ene, 2	60007	054832-80-3	35	
			,2,5,5,8,8-hexamethyl-, (1.alpha.,				
			6.beta.,7.alpha.,9.alpha.)]				
16	50.027	1.53	C:\Database\NIST05a.L				
			.alpha.-Cadinol	72908	000481-34-5	90	
			Epiglobulol	72900	1000150-05-1	53	
			6-(3-Isopropenylcycloprop-1-enyl)-	59754	1000195-43-0	38	
			6-methylhept-3-en-2-one				

## Continuación anexo 17.

17	50.423	1.05	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene- .tau.-Cadinol 1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E)]	59918 150320-52-8 90 72906 005937-11-1 83 59960 023986-74-5 70
18	50.764	1.48	C:\Database\NIST05a.L Tetracyclo[5.2.1.0(2,6).0(3,5)]decane, 4,4-dimethyl- 1-Naphthalenol, 5,6,7,8-tetrahydro No Name	30913 074646-38-1 25 21823 000529-35-1 25 49918 081561-77-5 15
19	51.255	0.69	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6,10-Dodecatetraene, 3,7,11-trimethyl-, (Z,E)- Longipinocarveol, trans- 1-Formyl-2,2-dimethyl-3-trans-(3-methyl-but-2-enyl)-6-methylidene-cyclohexane	59890 026560-14-5 38 71365 1000159-36-5 35 71449 1000144-09-7 27
20	52.306	1.05	C:\Database\NIST05a.L Spiro[4.5]dec-8-en-7-ol, 4,8-dimethyl-1-(1-methylethyl)- 2-Methoxybenzyl alcohol 1,4-Benzenediol, 2,6-dimethyl-	72964 061050-89-3 98 16711 000612-16-8 30 16770 000654-42-2 25
21	52.579	0.49	C:\Database\NIST05a.L 1,3-Dimethyl-4-cyclohexylbenzene Dispiro[4.2.4.2]tetradeca-6,13-diene 1(2H)-Naphthalenone, 3,4-dihydro-4,5,8-trimethyl	48769 004501-51-3 30 48773 078578-90-2 30 48742 010468-61-8 27
22	52.938	1.45	C:\Database\NIST05a.L 1-Naphthalenol, decahydro-1,4a-dimethyl-7-(1-methylethylidene)-, [1R-(1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)]- 2-Isopropenyl-4a,8-dimethyl-1,2,3,4,4a,5,6,7-octahydronaphthalene .delta.-Selinene	72999 000473-04-1 94 59939 1000192-43-5 91 59822 028624-23-9 86
23	53.452	2.13	C:\Database\NIST05a.L 2-Amino-4-carbamoyl-6-piperidino-1,3,5-triazine Benzeneacetonitrile, 3,4-dimethoxy Benzene, 1,4-bis(1-carboxyethyl)-	73254 036739-58-9 25 40865 000093-17-4 16 72429 150552-26-4 14
24	53.807	1.50	C:\Database\NIST05a.L 4,7-Methanoazulene, 1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-1,4,9,9-tetramethyl-, [1S-(1.alpha.,4.alpha.,7.alpha.)]- 4,7-Methanoazulene, 1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-1,4,9,9-tetramethyl-, [1S-(1.alpha.,4.alpha.,7.alpha.)]-	60012 000514-51-2 70 60013 000514-51-2 64

## Continuación anexo 17.

			Neoisolongifolene	59831	1000156-12-4	58
25	54.016	1.64	C:\Database\NIST05a.L 1s,4R,7R,11R-8-Hydroxy-1,3,4,7-tetramethyltricyclo[5.3.1.0(4,11)]undec-2-ene 1-Naphthalenol, 1,2,3,4,4a,7,8,8a-octahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-, [1R-(1.alpha.,4.beta.,4a.beta.,8a.beta.)]- 1H-Cyclopropa[anaphthalene, 1a,2,3,5,6,7,7a,7b-octahydro-1,1,7,7a-tetramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,7.alpha.,7a.alpha.,7b.alpha.)]-	71447	1000140-20-8	58
				73021	019435-97-3	49
				60097	017334-55-3	47
26	55.617	2.48	C:\Database\NIST05a.L 2-Methoxy-5-methylbenzaldehyde 2-Cyclohexen-1-one, 3-methyl-6-(1-methylethylidene)- Benzoic acid, 3,5-dimethyl-	23482	007083-19-4	38
				22912	000491-09-8	35
				23467	000499-06-9	30
27	55.854	1.17	C:\Database\NIST05a.L 6-Amino-2,4-dimethyl-5-methoxyquinoline 1(2H)-Naphthalenone, 7-(1,1-dimethylethyl)-3,4-dihydro- 11-Isopropylidenetricyclo[4.3.1.1(2,5)]undec-3-en-10-one	58340	084264-47-1	55
				58504	022583-68-2	45
				58508	1000191-49-3	43
28	56.040	0.99	C:\Database\NIST05a.L 11-Isopropylidenetricyclo[4.3.1.1(2,5)]undec-3-en-10-one Isolongifolene, 4,5-dehydro- 6-Ethoxyquinaldine	58508	1000191-49-3	76
				58521	1000152-07-1	42
				48076	006628-28-0	38
29	56.550	4.82	C:\Database\NIST05a.L 3a,7-Methano-3aH-cyclopentacyclooctene, 1,4,5,6,7,8,9,9a-octahydro-1,1,7-trimethyl-, [3aR-(3a.alpha.,7.alpha.,9a.beta.)] m-Trifluoromethoxybenzoic acid 4-(Trifluoromethoxy)benzoic acid	60088	000469-92-1	49
				61763	001014-81-9	22
				61766	000330-12-1	22
30	56.818	1.42	C:\Database\NIST05a.L 5.alpha.-Hydroxy-4.alpha.,8,10,11-tetramethyltricyclo[6.3.0.0(2,4)]undec-10-ene Cyclopenta[c]pentalen-3(3aH)-one, octahydro-1,2,3a,6-tetramethyl- Benzenemethanamine, 4-methoxy-	71450	141922-47-6	83
				71427	120052-69-9	70
				16195	002393-23-9	43
31	57.291	1.84	C:\Database\NIST05a.L Benzene, 1-methyl-3,5-bis(1-methylethyl)- Cyclopenta[c]pyran-7-carboxaldehyde, 4-[(acetyloxy)methyl]-	40378	003055-14-9	84
				69619	018234-46-3	51

## Continuación anexo 17.

			2 (3H)-Naphthalenone, 4,4a,5,6,7,8-hexahydro-4a,5-dimethyl-3-(1-methylidene)-, (4a-cis)-	69988	019598-45-9	45
32	57.810	6.78	C:\Database\NIST05a.L Cycloisolongifolene, 9,10-dehydro-6-Amino-2,4-dimethyl-5-methoxyquinoline Cadina-1 (10),6,8-triene	58529 58340 58519	1000156-81-6 084264-47-1 001460-96-4	46 46 43
33	58.865	6.70	C:\Database\NIST05a.L 2-Naphthalenecarboxylic acid, 8-ethenyl-3,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-5-methylene- 8-Amino-5-ethoxy-6-methoxyquinolin 4,6,6-Trimethyl-2-(3-methylbuta-1,3-dienyl)-3-oxatricyclo[5.1.0.0(2,4)]octane	69905 69656 69975	001451-36-1 064992-85-4 1000190-22-2	51 35 25
34	58.997	15.86	C:\Database\NIST05a.L 2,5-Pyrrolidinedione, 3-methyl-1-pentenyl cis-.alpha.-Copaene-8-ol 7-Methoxymethyl-2,7-dimethylcyclohepta-1,3,5-triene	49264 71367 32121	075619-07-7 058569-25-8 073992-48-0	30 25 25
35	59.775	14.52	C:\Database\NIST05a.L 3-[4-Hydroxyisopent-2(Z)-enyl]-4-hydroxyacetophenone cis-.alpha.-Copaene-8-ol 13,5-Trimethyl-2-cyclohexylbenzene	71078 71367 58530	024672-83-1 058569-25-8 004516-10-3	25 25 22
36	59.943	2.93	C:\Database\NIST05a.L .gamma.-Elemene Silane, chlorotriethyl- 2-(3-Pentyl)pyridine	59817 23231 22399	030824-67-0 000994-30-9 007399-50-0	47 35 35
37	60.116	4.10	C:\Database\NIST05a.L 1-Methyl-1-n-pentyloxy-1-silacyclohexane [1,1'-Biphenyl]-4-ol, 3-amino-Pyridine, 4-[4-methoxyphenyl]-	56979 46720 46718	232270-61-0 001134-36-7 005938-16-9	30 27 27
38	61.012	0.37	C:\Database\NIST05a.L 1,2,3,3a,4a,5,6,7,8,9,9a,9b-Dodecahydrocyclopenta[def]phenanthrene Humulen- (v1) Pyrazol-(4H)-one, 1-(4-ethylphenyl)-3-methyl	58547 59795 58349	1000080-13-6 1000159-39-4 107430-31-9	45 38 38
39	78.120	2.46	C:\Database\NIST05a.L 1H-3a,6-Methanoazulene-3-carboxylic acid, octahydro-7,7-dimethyl-8-methylene-, [3S-(3.alpha.,3a.alpha.,6.alpha.,8a.alpha.)]- Benzene, 1-(1,1-dimethylethyl)-4-e	81148 29580	016203-25-1 001746-23-2	91 35

## Continuación anexo 17.

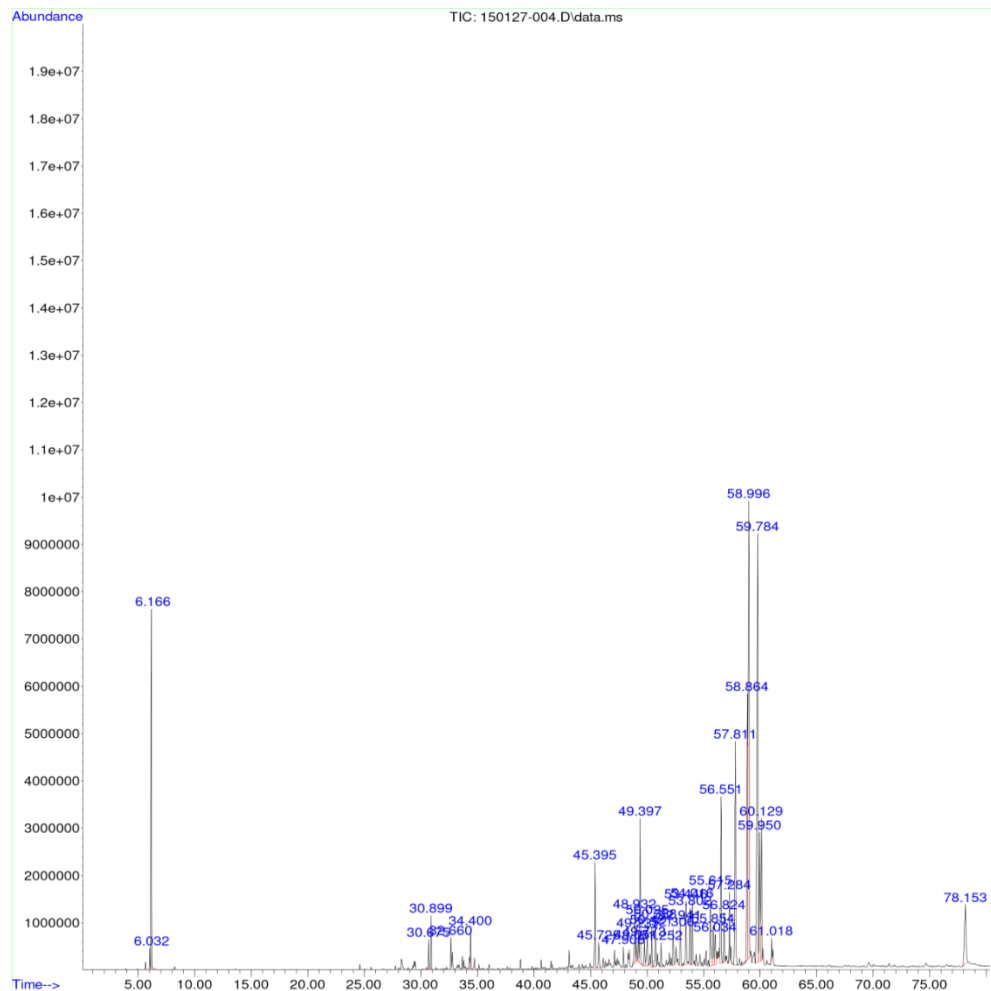
thenyl-  
Benzene, 1-fluoro-4-(trifluorometh 32505 000402-44-8 30  
yl)

Tetrabromoc...etano SCAN.M Thu Jan 29 13:08:29 2015

Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de  
Guatemala.

**Anexo 18. Cromatograma para la repetición 3 para la muestra fresca de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\150127-004.D  
Operator : AdeM  
Acquired : 27 Jan 2015 18:15 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES  
MCS DB-WAX SCAN 2.M  
Instrument : GC-MSD  
Sample Name: Vetever 1  
Misc Info : Vetever 1  
Vial Number: 4



Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

Anexo 19. **Porcentajes de área para los picos del cromatograma para la repetición 3 de la muestra fresca de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

LIQA Area Percent Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\  
 Data File : 150127-004.D  
 Acq On : 27 Jan 2015 18:15  
 Operator : AdeM  
 Sample : Vetever 1  
 Misc : Vetever 1  
 ALS Vial : 4 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: events.e  
 Integrator: ChemStation

Method: C:\msdchem\1\METHODS\Tetrabromocloroetano SCAN.M  
 Title :  
 Signal : TIC: 150127-004.D\data.ms

peak #	R.T. min	first scan	max scan	last scan	PK TY	peak height	corr. area	corr. % max.	% of total
1	6.032	1292	1307	1318	BV	438006	11268282	1.89%	0.302%
2	6.166	1318	1336	1364	VB	7568753	225608014	37.77%	6.046%
3	30.675	6700	6725	6741	BB 4	616452	23817229	3.99%	0.638%
4	30.899	6751	6774	6799	BB 3	1119930	46144666	7.73%	1.237%
5	32.660	7136	7161	7173	BV 3	643573	22225608	3.72%	0.596%
6	34.400	7528	7543	7565	VB 3	871894	32883448	5.51%	0.881%
7	45.395	9916	9961	9986	BB 2	2229177	90405391	15.14%	2.423%
8	45.725	10008	10033	10067	BB 5	530024	28500836	4.77%	0.764%
9	47.908	10487	10513	10536	BB 3	433448	17180481	2.88%	0.460%
10	48.932	10677	10738	10751	BV 7	1085102	60148493	10.07%	1.612%
11	49.051	10751	10764	10777	VB 3	407473	14546483	2.44%	0.390%
12	49.237	10782	10805	10817	BV 4	663592	26487563	4.43%	0.710%
13	49.397	10817	10841	10884	VB	3059085	128964568	21.59%	3.456%
14	49.773	10897	10923	10942	BV 5	566904	25362991	4.25%	0.680%
15	50.025	10942	10978	10993	VV 4	1033196	52466148	8.78%	1.406%
16	50.421	11047	11066	11092	VB 2	848661	34270457	5.74%	0.918%
17	50.758	11092	11140	11159	BV 8	952849	47557183	7.96%	1.274%
18	51.252	11219	11248	11275	BB 6	509790	23516976	3.94%	0.630%
19	52.306	11459	11480	11505	PB 6	767104	36337190	6.08%	0.974%
20	52.941	11587	11620	11660	BB 6	915206	53890395	9.02%	1.444%



Continuación anexo 19.

21	53.446	11661	11731	11759	BV 4	1331737	71425318	11.96%	1.914%
22	53.802	11784	11809	11834	BV 5	1187199	54305769	9.09%	1.455%
23	54.016	11834	11856	11881	PV 3	1354865	58234671	9.75%	1.561%
24	55.615	12180	12207	12241	BV 3	1646928	83073922	13.91%	2.226%
25	55.854	12241	12260	12283	VV 3	832301	41160693	6.89%	1.103%
26	56.034	12283	12300	12324	VV 2	637680	34203501	5.73%	0.917%
27	56.551	12387	12413	12441	VV 3	3511681	168418147	28.20%	4.513%
28	56.824	12441	12473	12490	VV 4	1052235	56117073	9.40%	1.504%
29	57.284	12548	12574	12588	BV 3	1455989	57938817	9.70%	1.553%
30	57.811	12644	12690	12727	BB 2	4722965	237592231	39.78%	6.367%
31	58.864	12840	12922	12928	BV 3	5598239	260959651	43.69%	6.994%
32	58.996	12928	12951	12979	VV 2	9609260	597244536	100.00%	16.006%
33	59.784	13074	13124	13139	PV 2	9048146	585683261	98.06%	15.696%
34	59.950	13139	13160	13173	VV 2	2711024	124724833	20.88%	3.343%
35	60.129	13173	13200	13213	VV	2999307	165303043	27.68%	4.430%
36	61.018	13369	13395	13408	BV 5	455844	15628598	2.62%	0.419%
37	78.153	17101	17162	17212	BB 4	1246281	117850377	19.73%	3.158%

Sum of corrected areas:

3731446842 Tetrabromoc...etano SCAN.M Thu Jan 29 13:07:05 2015

Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

Anexo 20. **Identificación de los componentes químicos del cromatograma para la repetición 3 de la muestra fresca de aceite esencial de vetiver (*Vetiveria zizanioides* Stapf)**

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\URL\  
 Data File : 150127-004.D  
 Title :  
 Acq On : 27 Jan 2015 18:15  
 Operator : AdeM  
 Sample : Vetever 1  
 Misc : Vetever 1  
 ALS Vial : 4 Sample Multiplier: 1

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

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	6.033	0.30	C:\Database\NIST05a.L Isopropyl Alcohol	289	000067-63-0	91
			Isopropyl Alcohol	288	000067-63-0	90
			Isopropyl Alcohol	290	000067-63-0	90
2	6.165	6.05	C:\Database\NIST05a.L Ethyl alcohol	95	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	91
3	30.677	0.64	C:\Database\NIST05a.L 1-(3-Methylbutyl)-2,3,4-trimethylb enzene	50022	107997-59-1	50
			Himachala-2,4-diene	59844	060909-27-5	42
			Pyrazine, 2-methyl-6-(2-propenyl)-	14728	055138-64-2	38
4	30.900	1.24	C:\Database\NIST05a.L Himachala-2,4-diene	59844	060909-27-5	50
			1H-Tetrazole, 5-(1,5-dimethyl-1H-p yrrol-2-yl)-	31566	1000316-15-3	50
			Naphthalene, 1,2,3,5,8,8a-hexahydr o	14417	062690-65-7	46
5	32.660	0.60	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahyd ro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59952	000483-75-0	99
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahyd	59953	000483-75-0	99

## Continuación anexo 20.

			ro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)- Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahyd	60010	031983-22-9	98
			, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)			
6	34.398	0.88	C:\Database\NIST05a.L			
			.beta.-Guaiene	59807	000088-84-6	91
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octa	60053	010219-75-7	90
			hydro-1,8a-dimethyl-7-(1-methyleth			
			enyl)-, [1S-(1.alpha.,7.alpha.,8a.			
			alpha.)]-			
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octa	60048	004630-07-3	90
			hydro-1,8a-dimethyl-7-(1-methyleth			
			enyl)-, [1R-(1.alpha.,7.beta.,8a.a			
			lpha.)]			
7	45.397	2.42	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Naphthalenemethanol, decahydro-. alpha.,.alpha.,4a-trimethyl-8-meth	73010	000473-15-4	87
			ylene-, [2R-(2.alpha.,4a.alpha.,8a			
			.beta.)]-			
			2-Naphthalenemethanol, 2,3,4,4a,5,	73020	063891-61-2	58
			6,7,8-octahydro-.alpha.,.alpha.,4a			
			,8-tetramethyl-, [2R-(2.alpha.,4a.			
			beta.,8.beta.)]-			
			1H-Indene, 1-ethylideneoctahydro-7	32242	056324-68-6	43
			a-methyl-, (1E,3a.alpha.,7a.beta.)			
8	45.724	0.76	C:\Database\NIST05a.L			
			Butanamide, N-(4-hydroxyphenyl)-	42252	000101-91-7	38
			Trivinyl(1,3,3-tribromopropyl)sila	167354	082389-54-6	38
			ne			
			4-Pentyloxyaniline	42345	039905-50-5	38
9	47.907	0.46	C:\Database\NIST05a.L			
			Acrylic acid, 3-(2-(methyl-aci-nit	48859	003552-16-7	25
			ro)acetamido)-, (E)-			
			Hydrazine, 1-methyl-1-(2-methylpro	4296	020240-63-5	25
			pyl)			
			o-Menthan-8-ol	27046	343855-44-7	22
10	48.931	1.61	C:\Database\NIST05a.L			
			Selina-6-en-4-ol	72909	1000140-23-2	94
			1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,4	60089	000489-40-7	90
			a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetrame			
			thyl-, [1aR-(1a.alpha.,4.alpha.,4a			
			.beta.,7b.alpha.)]-			
			1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,4	60090	000489-40-7	86
			a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetrame			
			thyl-, [1aR-(1a.alpha.,4.alpha.,4a			
			.beta.,7b.alpha.)]-			
11	49.049	0.39	C:\Database\NIST05a.L			
			1-Naphthalenol, decahydro-1,4a-dim	72999	000473-04-1	55
			ethyl-7-(1-methylethylidene)-, [1R			

Continuación anexo 20.

12	49.236	0.71	C:\Database\NIST05a.L					
			10s,11s-Himachala-3(12),4-diene	59868	060909-28-6	95		
			1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,4	60090	000489-40-7	93		
			a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetrame					
			thyl-, [1aR-(1a.alpha.,4.alpha.,4a					
			.beta.,7b.alpha.)]-					
			Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4,11,11	59972	000118-65-0	92		
			-trimethyl-8-methylene-, [1R-(1R*,4					
			Z,9S*)]					
13	49.399	3.46	C:\Database\NIST05a.L					
			Copaene	59778	003856-25-5	30		
			Cyclohexene, 6-ethenyl-6-methyl-1-	59984	005951-67-7	30		
			(1-methylethyl)-3-(1-methylethylid					
			ene)-, (S)-					
			Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-oct	60070	030021-74-0	30		
			ahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-m					
			ethylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,					
			8a.alpha.)]					
14	49.772	0.68	C:\Database\NIST05a.L					
			Cyclolongifolene oxide, dehydro-	69941	1000156-11-4	60		
			3a,7-Methano-3aH-cyclopentacyclooc	60085	000469-92-1	46		
			tene, 1,4,5,6,7,8,9,9a-octahydro-1					
			,1,7-trimethyl-, [3aR-(3a.alpha.,7					
			.alpha.,9a.beta.)]					
			syn-Tricyclo[5.1.0.0(2,4)]oct-5-en	50045	1000161-99-5	42		
			e, 3,3,5,6,8,8-hexamethyl-					
15	50.022	1.41	C:\Database\NIST05a.L					
			.alpha.-Cadinol	72908	000481-34-5	87		
			1,4-Methano-1H-indene, octahydro-1	60055	087064-18-4	45		
			,7a-dimethyl-4-(1-methylethenyl)-,					
			[1S-(1.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,7					
			a.beta.)]-					
			Ledol	72883	000577-27-5	35		
16	50.423	0.92	C:\Database\NIST05a.L					
			Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isoprop	59918	150320-52-8	91		
			yl-5-methyl-9-methylene-					
			.tau.-Cadinol	72906	005937-11-1	83		
			Isolodene	59783	1000156-10-8	78		
17	50.759	1.27	C:\Database\NIST05a.L					
			2-Naphthalenecarboxylic acid, 8-et	69905	001451-36-1	46		
			henyl-3,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-					
			5-methylene-					
			Spiro[5.5]undeca-1,7-diene	21900	039170-86-0	43		
			Spiro[benzoxazol-2,2'-cyclohexanol	60583	1000260-36-8	38		

## Continuación anexo 20.

18	51.251	0.63	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6,10-Dodecatetraene, 3,7,11-tr imethyl-, (Z,E)- 1-Formyl-2,2-dimethyl-3-trans-(3-m ethyl-but-2-enyl)-6-methylidene-cy clohexane Aromadendrene oxide-(2)	59890 026560-14-5 35 71449 1000144-09-7 27 71361 1000151-98-6 25
19	52.306	0.97	C:\Database\NIST05a.L Spiro[4.5]dec-8-en-7-ol, 4,8-dimet hyl-1-(1-methylethyl)- 2-Methoxybenzyl alcohol 1,4-Benzenediol, 2,6-dimethyl-	72964 061050-89-3 98 16711 000612-16-8 30 16770 000654-42-2 25
20	52.943	1.44	C:\Database\NIST05a.L 1-Naphthalenol, decahydro-1,4a-dim ethyl-7-(1-methylethylidene)-, [1R -(1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)]- 1H-Cyclopropa[a]naphthalene, 1a,2, 3,3a,4,5,6,7b-octahydro-1,1,3a,7-t etramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,3a.al pha.,7b.alpha.)]- 2-Isopropenyl-4a,8-dimethyl-1,2,3, 4,4a,5,6,7-octahydronaphthalene	72999 000473-04-1 94 60074 000489-29-2 90 59939 1000192-43-5 86
21	53.448	1.91	C:\Database\NIST05a.L [5,5-Dimethyl-6-(3-methyl-buta-1,3 -dienyl)-7-oxa-bicyclo[4.1.0]hept- 1-yl]-methanol Benzeneacetonitrile, 3,4-dimethoxy 2-Thiazolamine, N-[2-(3,4-dimethox yphenyl)ethyl]-4-(2-pyridinyl)	72802 1000189-07-3 38 40865 000093-17-4 16 148227 1000316-57-3 16
22	53.802	1.46	C:\Database\NIST05a.L 4,7-Methanoazulene, 1,2,3,4,5,6,7, 8-octahydro-1,4,9,9-tetramethyl-, [1S-(1.alpha.,4.alpha.,7.alpha.)]- Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahyd ro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl) , (1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)-(. +/-.)- 4,7-Methanoazulene, 1,2,3,4,5,6,7, 8-octahydro-1,4,9,9-tetramethyl-, [1S-(1.alpha.,4.alpha.,7.alpha.)]	60013 000514-51-2 86 60043 005951-61-1 83 60012 000514-51-2 76
23	54.016	1.56	C:\Database\NIST05a.L 1s,4R,7R,11R-8-Hydroxy-1,3,4,7-tet ramethyltricyclo[5.3.1.0(4,11)]und ec-2-ene 1-Naphthalenol, 1,2,3,4,4a,7,8,8a- octahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methyl ethyl)-, [1R-(1.alpha.,4.beta.,4a. beta.,8a.beta.)]- 1H-Cyclopropa[a]naphthalene, 1a,2, 3,5,6,7,7a,7b-octahydro-1,1,7,7a-t	71447 1000140-20-8 58 73021 019435-97-3 46 60097 017334-55-3 43

## Continuación anexo 20.

			etramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,7.alpha.,7a.alpha.,7b.alpha.)]-		
24	55.613	2.23	C:\Database\NIST05a.L		
			2-Methoxy-5-methylbenzaldehyde	23482	007083-19-4 38
			2-Cyclopenten-1-one, 2-(2-butenyl)	22904	017190-71-5 38
			-3-methyl-, (Z)-		
			4,6-Diaminopyrazolo[3,4-d]pyrimidine	23137	005413-80-9 35
25	55.854	1.10	C:\Database\NIST05a.L		
			Pyrazol-(4H)-one, 1-(4-ethylphenyl)-3-methyl-	58349	107430-31-9 55
			6-Amino-2,4-dimethyl-5-methoxyquinoline	58340	084264-47-1 55
			11-Isopropylidenetricyclo[4.3.1.1(2,5)]undec-3-en-10-one	58508	1000191-49-3 50
26	56.036	0.92	C:\Database\NIST05a.L		
			Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	58550	000483-77-2 35
			Neoisolongifolene, 8,9-dehydro-	58527	067517-14-0 35
			1,1,2,2,3,3-Hexamethylindane	58522	091324-94-6 30
27	56.550	4.51	C:\Database\NIST05a.L		
			5,6-Decadien-3-yne, 5,7-diethyl-	50009	061227-89-2 25
			1,3-Dioxolane, 2-(2,4-dimethylphenyl)-2,4,5-trimethyl-, (2.alpha.,4.alpha.,5.beta.)-	71261	074752-98-0 22
			Benzene, 1,3,5-tris(1-methylethyl)	59875	000717-74-8 22
28	56.823	1.50	C:\Database\NIST05a.L		
			5.alpha.-Hydroxy-4.alpha.,8,10,11-tetramethyltricyclo[6.3.0.0(2,4)]undec-10-ene	71450	141922-47-6 78
			m-Toluic acid, hexyl ester	71155	067101-63-7 46
			Benzenemethanamine, 4-methoxy-	16195	002393-23-9 43
29	57.282	1.55	C:\Database\NIST05a.L		
			Benzene, 1-methyl-3,5-bis(1-methylethyl)-	40378	003055-14-9 84
			1s,4R,7R,11R-1,3,4,7-Tetramethyltricyclo[5.3.1.0(4,11)]undec-2-en-8-one	69972	137235-42-8 55
			Cyclopenta[c]pyran-7-carboxaldehyde, 4-[(acetyloxy)methyl]-	69619	018234-46-3 51
30	57.810	6.37	C:\Database\NIST05a.L		
			Cycloisolongifolene, 9,10-dehydro-	58529	1000156-81-6 46
			6-Amino-2,4-dimethyl-5-methoxyquinoline	58340	084264-47-1 46
			Vinyl-dimethyl(5-chlorothienyl-2)silane	58676	180140-41-4 43
31	58.865	6.99	C:\Database\NIST05a.L		

## Continuación anexo 20.

			2-Naphthalenecarboxylic acid, 8-ethyl-3,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-5-methylene-	69905	001451-36-1	55
			Cyclohexene, 1,3-diisopropenyl-6-methyl-	40377	1000151-28-9	35
			4,6,6-Trimethyl-2-(3-methylbuta-1,3-dienyl)-3-oxatricyclo[5.1.0.0(2,4)]octane	69975	1000190-22-2	30
32	58.997	16.01	C:\Database\NIST05a.L			
			2,5-Pyrrolidinedione, 3-methyl-1-phenyl-	49264	075619-07-7	30
			7-Methoxymethyl-2,7-dimethylcyclohepta-1,3,5-triene	32121	073992-48-0	25
			cis-.alpha.-Copaene-8-ol	71367	058569-25-8	25
33	59.784	15.70	C:\Database\NIST05a.L			
			3-[4-Hydroxyisopent-2(Z)-enyl]-4-hydroxyacetophenone	71078	024672-83-1	25
			cis-.alpha.-Copaene-8-ol	71367	058569-25-8	25
			13,5-Trimethyl-2-cyclohexylbenzene	58530	004516-10-3	22
34	59.948	3.34	C:\Database\NIST05a.L			
			.gamma.-Elemene	59817	030824-67-0	47
			Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2-(1-methylethenyl)-4-(1-methylethylidene)-	59967	003242-08-8	38
			Benzenamine, 3,4-dimethyl-	9318	000095-64-7	30
35	60.130	4.43	C:\Database\NIST05a.L			
			1-Methyl-1-n-pentyloxy-1-silacyclohexane	56979	232270-61-0	30
			Methanesulfonic acid, thio-, S-[[[(methylsulfinyl)methyl]thio]methoxy]methyl ester	101537	017135-23-8	22
			Thieno(2,3-b)quinoline	46686	000268-97-3	16
36	61.017	0.42	C:\Database\NIST05a.L			
			Pyrazol-(4H)-one, 1-(4-ethylphenyl)-3-methyl-	58349	107430-31-9	41
			Humulen-(v1)	59795	1000159-39-4	38
			Cyclohexane, 1,5-diethenyl-3-methyl-2-methylene-, (1.alpha.,3.alpha.,5.alpha.)	30919	074742-35-1	27
37	78.151	3.16	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyl m-methylbenzoate	31749	000120-33-2	27
			p-Toluic acid, 2,2-dimethylpropyl ester	61320	069912-01-2	25
			m-Toluic acid, 2,2-dimethylpropyl ester	61322	069912-00-1	25

Tetrabromoc...etano SCAN.M Thu Jan 29 13:05:54 2015

Fuente: Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

