



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

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO Y CARACTERIZACIÓN
FISICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (*Elettaria
cardamomum* L. Matton) DE PRIMERA, SEGUNDA Y TERCERA CALIDAD
MEDIANTE EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN A ESCALA LABORATORIO**

Stephanny Michelle Espina Quiñónez

Asesorado por la Inga. Telma Maricela Cano Morales e

Ing. Mario José Mérida Meré

Guatemala, junio de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (*Elettaria cardamomum* L. Matton) DE PRIMERA, SEGUNDA Y TERCERA CALIDAD MEDIANTE EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN A ESCALA LABORATORIO

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

STEPHANNY MICHELLE ESPINA QUIÑÓNEZ

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

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, JUNIO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Dr. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADOR	Ing. Renato Giovanni Ponciano Sandoval
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

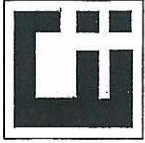
En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (*Elettaria cardamomum* L. Matton) DE PRIMERA, SEGUNDA Y TERCERA CALIDAD MEDIANTE EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN A ESCALA LABORATORIO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 22 de noviembre de 2013.



Stephanny Michelle Espina Quiñónez



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



Guatemala, 07 de Mayo de 2014

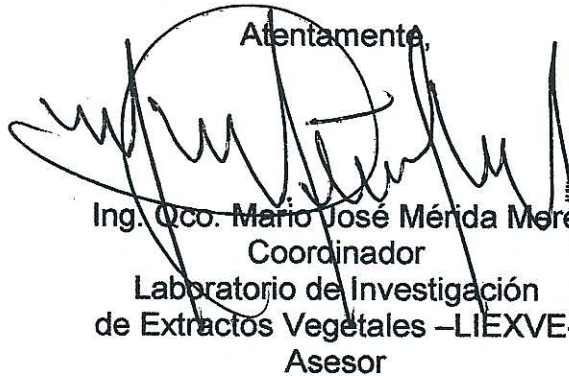
Ingeniero
Victor Manuel Monzón Valdez
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Ingeniero Monzón:

Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al Informe Final del trabajo de graduación titulado "EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (*Elettaria cardamomum* L. Matton) DE PRIMERA, SEGUNDA Y TERCERA CALIDAD MEDIANTE EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN A ESCALA LABORATORIO", de la estudiante de Ingeniería Química Stephanny Michelle Espina Quiñónez quien se identifica con el carné número 2009-15436.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,


Ing. Qco. Mario José Mérida Mérida
Coordinador
Laboratorio de Investigación
de Extractos Vegetales -LIEXVE-
Asesor





Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
Directora
Centro de Investigaciones de Ingeniería / CII
Asesora





Guatemala, 10 de junio de 2014
Ref. EIQ.TG-IF.018.2014

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **146-2013** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por la estudiante universitaria: **Stephanny Michelle Espina Quiñónez**.
Identificada con número de carné: **2009-15436**.

Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.


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

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (*Elettaria cadamomum* L. Matton) DE PRIMERA, SEGUNDA Y TERCERA CALIDAD MEDIANTE EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN 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. César Alfonso García Guerra
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo



Ref.EIQ.TG.099.2014

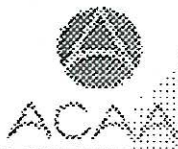
El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **STEPHANNY MICHELLE ESPINA QUIÑÓNEZ** titulado: **"EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO Y CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (ELETTARIA CARDAMOMUM L. MATTON) DE PRIMERA, SEGUNDA Y TERCERA CALIDAD MEDIANTE EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN A ESCALA LABORATORIO"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, junio 2014

Cc: Archivo
VMMV/ale



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 281-2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (*Elettaria Cardamomum* L. MATTON) DE PRIMERA, SEGUNDA Y TERCERA CALIDAD MEDIANTE EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN A ESCALA LABORATORIO**", presentado por la estudiante universitaria **Stephanny Michelle Espina Quiñónez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval shape.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos

DECANO



Guatemala, junio de 2014

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por bendecirme a lo largo de mi vida y permitirme alcanzar mi gran sueño.
A la Virgen María	Por darme su amor de madre todo este tiempo y cubrirme con su manto protector.
Mis padres	Rossy Quiñónez y Roberto Espina, por su apoyo, consejos, amor incondicional y creer siempre en mis sueños.
Mi hermano	Junior Espina, por siempre creer en mí y ser la razón de mis logros.
Mi hermana	Daphne Espina, por enseñarme a amar de una manera incondicional, eres mi razón para seguir adelante.
Mis abuelos	Isabel Ramírez, Alvaro Quiñónez (q.e.p.d.), Edgar Espina y Berta Lidia Jiménez (q.e.p.d.) por creer en mí y en mis sueños.
Mi novio	Edwin Saravia, por alentarme siempre a seguir mis sueños, apoyo y amor incondicional.

Mis tíos

Idania Quiñónez, Fluvia Quiñónez, Marco Quiñónez, Sandra Espina y Guillermo Espina, por siempre alentarme a cumplir mis metas.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	A mi casa de estudios por formarme como profesional durante este tiempo y ayudarme a cumplir mis sueños.
Mi madre	Rosy Quiñónez, por darme su amor incondicional, comprensión, apoyo y ser la mujer ejemplar de lucha y perseverancia en mi vida.
Mi padre	Roberto Espina, por su apoyo y amarme incondicionalmente. Este logro hubiese sido imposible sin ti.
Mi hermano	Junior Espina, por ser el mejor amigo que la vida me pudo dar.
Mi hermana	Daphne Espina, por iluminar mis días y ser la razón de mis logros. Eres mi todo.
Mis abuelos	Isabel Ramírez, Alvaro Quiñónez (q.e.p.d.), Edgar Espina y Berta Lidia Jiménez (q.e.p.d.), por siempre creer en mí y en mis sueños, ser padres y madres toda mi vida. En especial a Alvaro (q.e.p.d.), porque siempre me viste como profesional y no dudaste nunca que lo lograría.

Edwin Saravia

Por alentarme a seguir mis sueños, apoyo, amor incondicional y ser mi compañero de vida. Mi vida no sería la misma sin ti.

Mis tíos

Idania Quiñónez, Fluvia Quiñónez, Marco Antonio Quiñónez, Sandra Espina, Guillermo Espina, Berna Salas, por siempre alentarme a cumplir mis metas y ser ejemplos a seguir.

Mis Primos

En especial a Derek Sosa, Nicolle Sosa, Cassie Sosa, Kiara Quiñónez, Sebastián Quiñónez, Byron Cisneros, Renato Cisneros, Jenifer Morataya, Luis Morataya, por alegrar mis días y apoyarme a lo largo de mi vida.

Familia Saravia Cano

Por su apoyo incondicional, apoyarme a lo largo de mi carrera y compartir conmigo cada triunfo.

Mis amigos

En especial a Leonel Morataya, Edgar Morales, Wagner Monterroso, Bryan Carrera, Diego Milián, Alma Ralón, Rudy Figueroa, Armando Samayoa, Maynor Samayoa, Diego Samayoa, José Carlos Cano, Ivonne Soto, Silda Mora, Pablo Aldana. Ustedes hicieron de este camino inolvidable.

Sacerdote

Mario Venturini, por su valiosa amistad y sus consejos de vida. El tiempo compartido será inolvidable.

Mis asesores	Inga. Telma Cano e Ing. Mario Mérida, por su valiosa amistad y su apoyo incondicional a lo largo de este estudio y de mi formación académica.
Mis revisores	Ing. César García e Ing. Adrián Soberanis, por su esfuerzo, dedicación y compromiso para revisar este estudio.
Ing. Sergio Alfaro	Por su apoyo para la adquisición de la materia prima utilizada en este estudio.
Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII)	Por ser parte de mi formación profesional y permitirme realizar la parte experimental de este estudio.
Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)	Por ser un pilar importante en mi formación profesional.
Universidad del Valle de Guatemala	Por su apoyo en la realización de pruebas para este estudio.

2.2.	Métodos de obtención de aceites esenciales	12
2.2.1.	Hidrodestilación	13
2.2.1.1.	Descripción del proceso de extracción	13
2.2.1.2.	Equipo empleado: Neoclevenger	15
2.2.2.	Destilación por arrastre con vapor de agua directo	15
2.2.3.	Enflorado	16
2.2.4.	Fluidos supercríticos	17
2.2.5.	Expresión	18
2.3.	Caracterización fisicoquímica	18
2.3.1.	Índice de refracción	18
2.3.2.	Densidad	19
2.3.3.	Solubilidad	19
2.3.3.1.	Cromatografía de gases acoplado a espectrofotometría de masas	20
2.4.	Cardamomo (<i>Elettaria cardamomum</i> L. Matton)	21
2.4.1.	Reseña histórica	21
2.4.2.	Descripción botánica	22
2.4.3.	Perteneciente a la familia Zingiberaceae	22
2.4.4.	Hábitat	23
2.4.5.	Obtención	23
2.4.6.	Composición química y principios activos	24
2.4.7.	Función de los metabolitos secundarios en las plantas	25
2.4.7.1.	Metabolitos secundarios presentes en el aceite esencial de cardamomo producido en Guatemala	26
2.4.8.	Agricultura	35

2.4.8.1.	Zonas de cultivo en Guatemala	35
2.4.8.2.	Clima y suelos	40
2.4.8.3.	Siembra.....	41
2.4.8.4.	Propagación	41
2.4.8.5.	Cultivo	42
2.4.8.6.	Calidad.....	43
2.4.9.	Comercio exterior.....	45
2.4.9.1.	Exportaciones de cardamomo	45
2.4.10.	Consumo nacional	46
2.4.11.	Producción	47
2.4.12.	Precio medio	48
2.4.13.	Aplicaciones del aceite esencial de cardamomo	49
2.4.13.1.	Industria alimentaria	49
2.4.13.2.	Industria farmacéutica	50
2.4.13.3.	Industria de cosméticos.....	50
2.4.13.4.	Perfumería	50
2.4.13.5.	Aromaterapia.....	51
3.	METODOLÓGIA	53
3.1.	Localización.....	53
3.2.	Variables	53
3.2.1.	Variable respuesta	54
3.3.	Delimitación del campo de estudio	54
3.4.	Obtención de las muestras	55
3.5.	Técnicas cuantitativas y cualitativas	55
3.6.	Procedimiento.....	56
3.6.1.	Preparación de la materia prima	56
3.6.2.	Porcentaje de humedad	56
3.6.3.	Análisis granulométrico	57

3.6.4.	Extracción de aceite esencial a escala laboratorio	57
3.6.5.	Análisis fisicoquímicos.....	59
3.6.5.1.	Índice de refracción	59
3.6.5.2.	Densidad	60
3.6.5.3.	Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas	60
3.7.	Diseño de tratamientos	61
3.8.	Recolección y ordenamiento de datos.....	63
3.9.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	77
3.10.	Análisis estadístico.....	89
3.10.1.	Análisis de varianza (ANOVA).....	90
3.10.2.	Análisis de varianza de dos factores para el rendimiento extractivo	92
3.10.3.	Análisis de varianza de dos factores para el rendimiento extractivo volumétrico	93
3.10.4.	Análisis de varianza de dos factores para la densidad.....	95
3.10.5.	Análisis de varianza de dos factores para el índice de refracción	96
4.	RESULTADOS	99
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	113
	CONCLUSIONES	123
	RECOMENDACIONES	125
	BIBLIOGRAFÍA	127

APÉNDICES.....129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema del equipo Neoclevenger.....	15
2.	Cardamomo (<i>Elettaria cardamomum</i> L. Matton) oro y pergamino.....	22
3.	Plantación después de haberse realizado la cosecha.....	24
4.	Estructura molecular 1,8-cineol (eucaliptol).....	26
5.	Estructura molecular del acetato de α -terpinilo	27
6.	Estructura molecular acetato de linalino.....	28
7.	Estructura molecular linaool	29
8.	Estructura molecular del geraniol	30
9.	Estructura molecular α -terpineol	31
10.	Estructura molecular del α -pineno	32
11.	Estructura molecular β -pineno	33
12.	Estructura molecular del limoneno	34
13.	Producción de cardamomo en Guatemala	36
14.	Producción de cardamomo en el departamento de Alta Verapaz	37
15.	Producción de cardamomo en el departamento de Quiché.....	38
16.	Producción de cardamomo en el departamento de Huehuetenango ...	39
17.	Producción de cardamomo en el departamento de Izabal	40
18.	Época de cosecha durante 12 meses	43
19.	Exportación de cardamomo oro y pergamino.....	45
20.	Exportaciones de cardamomo de Guatemala	46
21.	Consumo nacional aparente de cardamomo en Guatemala	47
22.	Producción de cardamomo en pergamino.....	48
23.	Precio medio de cardamomo oro y pergamino.....	49

24.	Análisis granulométrico de cardamomo de primera calidad.....	79
25.	Análisis granulométrico de cardamomo de segunda calidad	80
26.	Análisis granulométrico de cardamomo de tercera calidad.....	81
27.	Rendimiento extractivo másico del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad con base seca en función del tiempo de extracción.....	101
28.	Rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad con base seca en función del tiempo de extracción.....	103
29.	Contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad en función del tiempo de extracción.....	106
30.	Densidad del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad en función del tiempo de extracción	109
31.	Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad en función del tiempo de extracción.....	111

TABLAS

I.	Características del 1,8-cineol (eucaliptol)	27
II.	Características del acetato de α -terpinilo	27
III.	Características del linalino	28
IV.	Características del linaool.....	29
V.	Características del geraniol	30
VI.	Características del α -terpineol.....	31
VII.	Características del α -pineno.....	32
VIII.	Características del α β -pineno.....	33
IX.	Características del limoneno.....	34
X.	Calidad de cardamomo pergamino	44

XI.	Variables dependientes e independientes.....	53
XII.	Técnicas cuantitativas y cualitativas	55
XIII.	Porcentaje de humedad de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad.....	63
XIV.	Análisis granulométrico de cardamomo de primera calidad	64
XV.	Análisis granulométrico de cardamomo de segunda calidad	64
XVI.	Análisis granulométrico de cardamomo de tercera calidad	65
XVII.	Extracción del aceite esencial de cardamomo de primera calidad...	65
XVIII.	Extracción del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad.....	66
XIX.	Extracción del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad....	66
XX.	Composición química del aceite esencial de cardamomo de primera calidad para un tiempo de extracción de 120 minutos obtenida por GC-MS.....	67
XXI.	Composición química del aceite esencial de cardamomo de primera calidad para un tiempo de extracción de 180 minutos obtenida por GC-MS	68
XXII.	Composición química del aceite esencial de cardamomo de primera calidad para un tiempo de extracción de 240 minutos obtenida por GC-MS	68
XXIII.	Composición química del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad para un tiempo de extracción de 120 minutos obtenida por GC-MS.	69
XXIV.	Composición química del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad para un tiempo de extracción de 180 minutos obtenida por GC-MS	70
XXV.	Composición química del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad para un tiempo de extracción de 240 minutos obtenida por GC-MS	71

XXVI.	Composición química del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad para un tiempo de extracción de 120 minutos obtenida por GC-MS.....	71
XXVII.	Composición química del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad para un tiempo de extracción de 180 minutos obtenida por GC-MS.....	72
XXVIII.	Composición química del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad para un tiempo de extracción de 240 minutos obtenida por GC-MS.....	73
XXIX.	Densidad del aceite esencial de cardamomo de primera calidad	74
XXX.	Densidad del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad	74
XXXI.	Densidad del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad	75
XXXII.	Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de primera calidad	76
XXXIII.	Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad	76
XXXIV.	Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad	77
XXXV.	Porcentaje de humedad de cardamomo.....	77
XXXVI.	Análisis granulométrico de cardamomo de primera calidad	78
XXXVII.	Análisis granulométrico de cardamomo de segunda calidad.....	79
XXXVIII.	Análisis granulométrico de cardamomo de tercera calidad	80
XXXIX.	Extracción del aceite esencial de cardamomo de primera calidad	81
XL.	Extracción del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad	82

XLI.	Extracción del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad ..	82
XLII.	Rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo de primera calidad.....	83
XLIII.	Rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad	84
XLIV.	Rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad.....	84
XLV.	Densidad del aceite esencial de cardamomo de primera calidad ..	85
XLVI.	Densidad del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad.....	86
XLVII.	Densidad del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad ...	86
XLVIII.	Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de primera calidad	87
XLIX.	Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad	88
L.	Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad	88
LI.	Experimento de dos factores	89
LII.	Varianza en un experimento de dos factores.....	91
LIII.	Experimento de dos factores para el rendimiento extractivo másico.....	92
LIV.	Análisis de varianza del rendimiento extractivo másico	93
LV.	Experimento de dos factores para el rendimiento extractivo volumétrico.....	94
LVI.	Análisis de varianza del rendimiento extractivo volumétrico	94
LVII.	Experimento de dos factores para la densidad	95
LVIII.	Análisis de varianza de la densidad	96
LIX.	Experimento de dos factores para el índice de refracción	97
LX.	Análisis de varianza del índice de refracción	97

LXI.	Rendimiento extractivo másico del aceite esencial de cardamomo de primera calidad con base seca a tres tiempos de extracción	99
LXII.	Rendimiento extractivo másico del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad con base seca a distintos a tres tiempos de extracción.....	100
LXIII.	Rendimiento extractivo másico del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad con base seca a tres tiempos de extracción	100
LXIV.	Modelo matemático y coeficiente de correlación del rendimiento extractivo másico del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad con base seca en función del tiempo de extracción	101
LXV.	Rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo de primera calidad con base seca a tres tiempos de extracción	102
LXVI.	Rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad con base seca a tres tiempos de extracción	102
LXVII.	Rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad con base seca a tres tiempos de extracción	103
LXVIII.	Modelo matemático y coeficiente de correlación del rendimiento extractivo del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad con base seca en función del tiempo de extracción	104
LXIX.	Contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) en el aceite esencial de cardamomo de primera calidad en función del tiempo de extracción	104

LXX.	Contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) en el aceite esencial de cardamomo de segunda calidad en función del tiempo de extracción.....	105
LXXI.	Contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) en el aceite esencial de cardamomo de tercera calidad en función del tiempo de extracción.....	105
LXXII.	Modelo matemático y coeficiente de correlación del contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad en función del tiempo de extracción.....	106
LXXIII.	Componentes químicos mayoritarios en el aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad	107
LXXIV.	Densidad del aceite esencial de cardamomo de primera calidad en función del tiempo de extracción	107
LXXV.	Densidad del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad en función del tiempo de extracción	108
LXXVI.	Densidad del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad en función del tiempo de extracción.....	108
LXXVII.	Modelo matemático y coeficiente de correlación de la densidad del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad en función del tiempo de extracción	109
LXXVIII.	Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de primera calidad en función del tiempo de extracción	110
LXXIX.	Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad en función del tiempo de extracción.....	110
LXXX.	Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad en función del tiempo de extracción	111

LXXXI. Modelo matemático y coeficiente de correlación del índice de refracción aceite esencial de cardamomo de primera, segunda, tercera calidad en función del tiempo de extracción 112

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
R²	Coefficiente de correlación
σ	Desviación estándar
F	Factor de Fisher
g	Gramos
mL	Mililitros
min	Minutos
mm	Milímetros
%	Porcentaje
SSE	Suma de cuadrados para el error
SSA	Suma de cuadrados para tratamientos A
SSB	Suma de cuadrados para tratamientos B
SST	Suma de cuadrados totales
t	Tiempo

GLOSARIO

1,8-cineol	También conocido como eucaliptol, componente orgánico mayoritario presente en el aceite esencial de cardamomo el cual indica la calidad de este.
Aceite esencial	Producto de composición compleja que posee los componentes más volátiles, los cuales poseen un carácter intensamente aromático, a partir de materias primas de origen vegetal.
Cardamomo	Nombre científico <i>Elettaria cardamomum</i> L. Matton, es un fruto seco proveniente de una planta perenne. Guatemala es el principal exportador.
Cromatografía	Método de separación de especies químicas estrechamente relacionadas con especies complejas, empleado para la caracterización de mezclas.
Cromatograma	Gráfico que consiste en un conjunto de picos y línea base registrados en función del tiempo, dando como resultados los todos los componentes detectados en una mezcla.
Densidad	Característica física de una sustancia, la cual indica la relación de la cantidad de masa presente en un volumen determinado.

Destilación	Proceso de separación empleando diversas evaporaciones y condensaciones de distintos componentes líquidos de una mezcla en función de sus presiones de vapor.
Granulometría	Es la distribución de los tamaños de las partículas de alguna materia, se emplea tamices para una mejor distribución.
GC-MS	Cromatografía de gases con acoplamiento a espectrometría de masas, técnica de análisis empleada para el análisis y cuantificación de una mezcla compleja.
Hidrodestilación	Destilación de un material vegetal con vapor de agua, la función del vapor de agua es arrastrar el aceite esencial presente en el material vegetal empleado.
Índice de refracción	Característica física de una sustancia, la cual determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio homogéneo.
Neoclevenger	Equipo adecuado para la extracción de aceite esencial de materias vegetales a escala laboratorio.
Pergamino	El fruto pergamino consiste en el estado seco del fruto maduro, pero aún conserva su coloración verde, contiene la semilla del cardamomo denominada oro.

Tamiz	Equipo empleado para realizar la separación de un materia por diámetro de partícula, está formado por una tela metálica de distintos diámetros de apertura.
Terpeno	Hidrocarburo complejo, principal componente presente en los aceites esenciales de materias vegetales.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio de investigación es la evaluación del rendimiento extractivo, rendimiento volumétrico, contenido de 1,8-cineol (eucaliptol), densidad e índice de refracción del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) de primera, segunda y tercera calidad mediante el método de hidrodestilación a escala laboratorio.

Es importante saber la forma de clasificación del cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton), la primera calidad es un grano de coloración verde y grande, segunda calidad, grano de coloración verde claro o amarillo y mediano y la tercera calidad, grano de coloración café y pequeño.

Se empleó materia prima vegetal de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) pergamino deshidratada molida a la cual se le evaluó el porcentaje de humedad con base seca y se realizó un análisis granulométrico del tamiz #3/8 al #30. La extracción se realizó a escala laboratorio mediante el método de hidrodestilación empleando el equipo llamado Neoclevenger, con base a tres calidades y en función de tres tiempos extractivos.

Se determinó que el rendimiento extractivo másico (m/m) y rendimiento extractivo volumétrico (mL) mayor se obtuvo con el cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) pergamino de primera calidad, al igual que el contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) realizado por medio de una GC-MS. Por último se realizó la caracterización fisicoquímica del aceite esencial evaluando el índice de refracción y la densidad.

OBJETIVOS

General

Evaluar el rendimiento extractivo y la caracterización fisicoquímica del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) en función de tres calidades de pergamino y con base al tiempo extractivo, mediante el método de hidrodestilación a escala laboratorio.

Específicos

1. Evaluar el rendimiento extractivo másico del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) en función de tres calidades de pergamino y con base a tres tiempos extractivos a escala laboratorio.
2. Determinar una correlación matemática entre el rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo de tres calidades y con base a tres tiempos extractivos a escala laboratorio.
3. Evaluar el contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) en función de tres calidades de pergamino y con base a tres tiempos extractivos a escala laboratorio.

4. Caracterizar fisicoquímicamente el aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) con base al índice de refracción y densidad en función de tres calidades de pergamino, con base a tres tiempos extractivos a escala laboratorio.

Hipótesis

Hipótesis nula

Ho₁: no existe diferencia significativa en la evaluación del rendimiento extractivo másico del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) en función de tres calidades de pergamino y con base a tres tiempos extractivos a escala laboratorio.

Ho₂: no existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) en función de tres calidades de pergamino y con base a tres tiempos extractivos a escala laboratorio.

Ho₃: no existe diferencia significativa en el índice de refracción y densidad del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) en función de tres calidades de pergamino y con base a tres tiempos extractivos a escala laboratorio.

Hipótesis alternativa

Hi₁: existe diferencia significativa en la evaluación del rendimiento extractivo másico del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L.

Matton) en función de tres calidades de pergamino y con base a tres tiempos extractivos a escala laboratorio.

Hi₂: existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) en función de tres calidades de pergamino y con base a tres tiempos extractivos a escala laboratorio.

Hi₃: existe diferencia significativa en el índice de refracción y densidad del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) en función de tres calidades de pergamino y con base a tres tiempos extractivos a escala laboratorio.

INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales han sido utilizados a lo largo de la historia para una gran variedad de aplicaciones por sus propiedades. Los egipcios fueron algunos de las primeras personas en usar aceites esenciales aromáticos ampliamente en la práctica médica, tratamientos de belleza, preparación de alimentos y en ceremonias religiosas. El incienso, sándalo, mirra y la canela eran considerados tan valiosos en las rutas comerciales y caravanas que muchas veces eran intercambiados por oro.

Son mezclas químicas que son biosintetizados por las plantas y forman las esencias odoríferas de un gran número de estas. Se encuentran principalmente en las semillas, cortezas, tallos, raíces, flores y otras partes de las plantas. En general, son líquidos a temperatura ambiente y su densidad es inferior a la del agua para la mayoría de aceites.

La calidad y la intensidad de los aceites esenciales varían debido a: variedad de la planta, condiciones de cultivo, época de recolección, parte cosechada de la planta, manejo del material vegetal, métodos de extracción, entre otros.

En Guatemala, la producción de aceites esenciales se inició en 1945 a pequeña escala. Esta industria ha tenido un crecimiento sustancial en el transcurso de los años. (Günther 1950).

Guatemala cuenta con una gran biodiversidad y entre esta se tiene gran cantidad de plantas medicinales y aromáticas en las que se encuentra el

cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton). Fue introducido a Guatemala en 1914 por el alemán Oscar Majus Kloeffer. Guatemala es actualmente el principal productor mundial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) tanto en cantidad como en calidad, desplazando a la India que ha sido tradicionalmente el principal productor. El buen potencial productivo del país determina una significativa generación de divisas anuales a través del mercado de exportación, pues casi la totalidad se destina a este mercado.

Por lo cual en el presente estudio se evaluó el rendimiento extractivo másico mediante el método de hidrodestilación a escala laboratorio y el contenido de 1,8-cineol, por medio de una cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas y la caracterización fisicoquímica evaluando la densidad y el índice de refracción del aceite esencial de cardamomo en función de tres calidades y con base a tres tiempos de extracción.

1. ANTECEDENTES

Dentro del campo de los aceites esenciales estos son algunos estudios que se han realizado del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) a lo largo de los años.

En el 2006 Krista Ivonne Aguilar Ovando en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala realizó su estudio de graduación titulado: *Evaluación de un método experimental de generación de datos a nivel de laboratorio para el estudio del sistema ternario aceite esencial de cardamomo (Elettaria cardamomum)-(alcohol isopropílico-agua)_{50%}-benceno en equilibrio a dos temperaturas diferentes y 640 milímetros de mercurio*. El objetivo del estudio fue evaluar un método experimental para la generación de datos a nivel de laboratorio del sistema aceite esencial de cardamomo-(alcohol isopropílico-agua)_{50%}-benceno en equilibrio líquido-líquido.

Se trabajó para dos distintas temperaturas el sistema ternario (25 y 10 grados centígrados), para cada una de las temperaturas trabajadas se obtuvo curvas de calibración que relacionan el índice de refracción contra la composición porcentual en peso del cardamomo, para las mezclas binaria de aceite esencial de cardamomo-(alcohol isopropílico-agua) 50 por ciento y aceite esencial de cardamomo-benceno.

Dando como resultados que el aceite esencial de cardamomo es insoluble en agua, en contraste con el isopropanol puro, el cual es miscible completamente en benceno. Para la determinación de las concentraciones del aceite esencial, se empleó el método de refractometría en conjunto con el

método de picnometría, dando como resultado que el índice de refracción del sistema ternario disminuye al incrementarse la concentración del aceite esencial de cardamomo, siendo este de 1.5011.

En el 2006 en la Universidad Nacional de Colombia, Medellín, se realizó el estudio titulado: *Extracción y caracterización de aceite esencial de cardamomo (Elettaria cardamomum)*. El estudio consistió en evaluar tres métodos para la extracción del aceite esencial de cardamomo, arrastre con vapor, hidrodestilación y extracción con solventes. Los componentes del aceite esencial se identificaron y cuantificaron por técnicas de cromatografía gaseosa asociada con espectrometría de masas. Los rendimientos obtenidos están alrededor del 4,7 por ciento para arrastre con vapor, 3,7 por ciento para hidrodestilación, y 6,5 por ciento para extracción con solventes. Los principales compuestos identificados fueron: cineol, acetato de terpinilo, linalol y α -pineno.

En el 2004 German Almengol Huitz Canastuj en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala realizó su estudio de graduación titulado: *Obtención y caracterización fisicoquímica del aceite esencial, extraído por arrastre de vapor de cáscara de cardamomo*. El objetivo principal del estudio fue aprovechar el desecho o subproducto de la agroindustria de cardamomo, mediante la extracción de aceite esencial crudo de la cáscara de cardamomo, así como determinar el contenido de aceite esencial crudo de la cáscara.

Se obtuvo que a nivel laboratorio y en la planta exportadora de cardamomo, ubicada en Río Bravo, Suchitepéquez (actualmente conocida como Monte de Oro) el contenido de aceite esencial promedio fue de 1,04 por ciento (p/p) de cuarenta y seis corridas. Se realizó una comparación de las

propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de cáscara de cardamomo con la Norma ISO 4733 las cuales están dentro de los requerimientos especificados.

Por último se concluyó que para una empresa exportadora de cardamomo ya establecida, es factible económicamente la extracción de aceite crudo de la cáscara de cardamomo a nivel industrial

En el 2002, Vivianne Patricia Ruiz Valenzuela en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala realizó su estudio de graduación titulado: *Evaluación del rendimiento de extracción de aceite esencial de cardamomo a partir de semilla de Elettaria cardamomum de tres calidades distintas cultivadas en el departamento de Suchitepéquez*. El objetivo del estudio fue establecer parámetros de comparación del rendimiento de extracción de aceite esencial de la semilla de cardamomo a partir de tres calidades clasificadas como primera, segunda y tercera, cultivadas en el municipio de Mazatenango, departamento de Suchitepéquez.

Se varió la cantidad de materia prima para la extracción de aceite esencial empleando 20, 40 y 80 gramos de semilla de cardamomo para las tres calidades, obteniendo para la primera calidad un rendimiento máximo de 3,75 por ciento para una masa inicial de 80 gramos. Para la segunda calidad se obtuvo un rendimiento máximo de 3,41 por ciento para una masa inicial de 80 gramos y para la tercera calidad se obtuvo un rendimiento de 3,41 por ciento para una masa de 80 gramos.

En 1988 en la Universidad Rafael Landívar se realizó el estudio titulado: *Métodos de extracción, densidad e índice de refracción del aceite esencial de cardamomo*. El estudio consistió en la evaluación del rendimiento del aceite esencial de cardamomo de primera y baja calidad de oro y la cáscara para

introducirlo al mercado internacional para su exportación mediante el método de arrastre de vapor y extracción con solvente. Los rendimientos más altos obtenidos para el cardamomo de distintos lugares de cultivo fueron: 7,40 por ciento para el cardamomo oro perteneciente a Cobán, Guatemala; 3,23 por ciento para el cardamomo amarillo perteneciente a Suchitepléquez, Guatemala; 3,125 por ciento para el cardamomo oro amarillo perteneciente a San Marcos, Guatemala.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aceites esenciales

Los aceites esenciales o esencias son productos de composición compleja que posee componentes volátiles (generalmente terpenos), los cuales poseen un olor característico a partir de materias primas frescos de origen vegetal, es frecuente que un aceite esencial contenga más de doscientos componentes, la falta de un elemento puede cambiar el aroma.

La misma especie botánica, cultivada en diferentes partes del mundo, tiene generalmente los mismos componentes; sin embargo, las condiciones climáticas y topográficas que afectan a las plantas pueden modificar el aceite esencial cuantitativamente.

Son líquidos a temperatura ambiente, generalmente incoloros y de densidad inferior a la del agua, en su mayoría insolubles en agua, pero fácilmente solubles en alcohol, éter y aceites vegetales y minerales, se oxidan por exposición al aire. Por lo general no son oleosos al tacto.

2.1.1. Composición química

Los aceites esenciales son mezclas complejas y muy variables de constituyentes que pertenecen a dos grupos caracterizados por orígenes biogénicos distintos: el grupo de los terpenoides y el grupo de los compuestos aromáticos derivados del fenilpropano, mucho menos frecuentes.

Generalmente los componentes mayoritarios de los aceites esenciales son hidrocarburos terpénicos; a causa que los terpenos son inodoros, estos no aportan significativamente al carácter aromático del aceite esencial. En menor concentración se encuentra un número no muy alto de sustancias químicas volátiles que son los responsables principales del aroma global del aceite esencial, que son los grupos funcionales: aldehídos, cetonas, alcoholes, fenoles, ésteres, cetonas, entre otros.

Otros componentes del aceite esencial no están relacionados con su aroma (ceras y ácidos) pero sí pueden tener su importancia para determinadas aplicaciones y pueden actuar como conservantes, antibióticos, o fijadores del aroma en el aceite esencial.

2.1.2. Localización

Los aceites esenciales se encuentran muy difundidos en el reino vegetal y en la mayoría de especies vegetales conocidas en distintas composiciones, siendo posible su extracción de diversas partes de la estructura vegetal:

- Flores (lavanda, jazmín)
- Hojas (albahaca, ciprés, eucalipto)
- Frutos (anís, ciprés)
- Madera (cedro, cidro)
- Raíz (gengibre)
- Cáscara de los frutos (limón, naranja)

Además, en las diferentes partes de la misma planta proporcionan aceite esencial distinto en composición y propiedades. Las cantidades y composiciones de los aceites varían de una especie vegetal a otra, dentro de

los mismos géneros de planta, y aun dentro de las mismas especies dependiendo de la región de cultivo, el clima, temperatura, altitud, la madurez de la planta, otros.

2.1.3. Clasificación

Los aceites esenciales se pueden clasificar de acuerdo a distintos criterios: consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios.

2.1.3.1. Según su consistencia

Los aceites esenciales pueden ser clasificados de acuerdo a su consistencia que poseen en su estado natural, estos se clasifican en esencias fluidas, bálsamos y oleorresinas; consistencias que se describen a continuación.

- Esencias fluidas

Son líquidos volátiles a temperatura ambiente.

- Bálsamos

Son extractos naturales obtenidos de un arbusto o un árbol. Se caracterizan por tener un alto contenido de ácido benzoico y cinámico, así como sus correspondientes ésteres. Son de consistencia más espesa, son poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización, son ejemplos el bálsamo de copaiba, el bálsamo del Perú, benjuí, bálsamo de tolú, estoraque, otros.

- Oleorresinas

Son mezclas homogéneas de resinas y aceites esenciales. También se utiliza el término oleorresina para nombrar los extractos vegetales obtenidos mediante el uso de solventes, los cuales deben estar libres de dichos solventes. Tienen el aroma de la materia vegetal en forma concentrada y normalmente son líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas.

Se utilizan extensamente para la sustitución de especias de uso alimenticio y farmacéutico por su variedad de ventajas como su estabilidad y uniformidad química y microbiológica, facilidad de incorporar al producto terminado.

2.1.3.2. Según su origen

Los aceites esenciales pueden ser clasificados de acuerdo a la fuente de la cual se originan, estos se encuentran entre las categorías de naturales, artificiales y sintéticos; las cuales se describen a continuación.

- Naturales

Los aceites esenciales naturales se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su proceso de extracción y al rendimiento bajo que se obtiene son de costo elevado.

- **Artificiales**

Se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes. Por ejemplo, la mezcla de los aceites esenciales de rosa, geranio y jazmín, enriquecida con linalool.

- **Sintéticos**

Son producidos por la combinación de sus componentes los cuales son la mayoría de las veces producidos por procesos de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes en la industria alimenticias.

2.1.4. Sustitutos sintéticos de los aceites esenciales

Las fluctuaciones en el mercado y en la disponibilidad de los aceites naturales han inducido a los consumidores a buscar sustitutos. Varios de los primeros aceites de gran consumo se han reemplazado por productos sintéticos debido a la gran demanda que estos poseen. Las variaciones marcadas en el costo son especialmente evidentes en esencias como las de rosa, jazmín, violeta, lila, entre otros.

La síntesis artificial de estas esencias es económicamente redituable. Las técnicas y sistemas modernos ofrecen la posibilidad de un análisis completo de estos aceites. Las principales compañías de saborizantes y ganancias de todo el mundo han aprovechado lo anterior para fabricar sustitutos baratos y fáciles de obtener. No obstante, hay una tendencia a evitar el uso de aceites sintéticos, ya que su obtención no es, en la mayoría de los casos, técnica, estética ni económicamente posible.

Al seleccionar aceites esenciales, lo más importante es comprender la diferencia entre aceites esenciales puros y productos sintéticos, aunque algunos aceites sintéticos pueden poseer el olor característicos de alguna materia vegetal pero, debido a que no poseen la totalidad de los innumerables componentes de los aceites esenciales, los aceites sintéticos jamás podrán producir los mismos resultados deseables que producen los aceites esenciales puros.

Asimismo, los sustitutos sintéticos adolecen del equilibrio y la sinergia presentes en los aceites esenciales puros.

2.1.5. Propiedades físicas

Los aceites esenciales son volátiles y líquidos a temperatura ambiente. Recién destilados son incoloros o ligeramente amarillos. En su mayoría la densidad es inferior a la del agua (a excepción del clavo de olor). Son insolubles en agua y solubles en alcoholes, éteres y en disolventes orgánicos habituales ya que son liposolubles, cabe mencionar que son arrastrables por el vapor de agua.

2.1.6. Propiedades químicas

En la actualidad se conocen más de doscientos aceites esenciales de apreciado valor comercial en los cuales se han identificado alrededor de cuatrocientos componentes químicos.

Además, sus componentes pueden ser agrupados casi en su totalidad en dos grupos caracterizados por orígenes biogénicos distintos: el grupo de los

terpenoides y el grupo de los compuestos aromáticos derivados del fenilpropano, como se mencionó anteriormente.

Los terpenoides son aceites contienen únicamente los terpenos más volátiles: monoterpenos, con cadenas C10-C15; y sesquiterpenos, con cadenas C15-C20. Dentro de estas dos clasificaciones es posible encontrar alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, éteres, peróxidos y fenoles. Luego se encuentran los compuestos aromáticos los cuales son derivados del fenilpropano (C6-C3) son menos frecuentes que los terpenoides.

2.1.7. Generación del olor característico

La generación del olor característico de una materia vegetal no es el mismo al de su aceite esencial, esto se debe a distintas razones, las cuales se enumeran a continuación.

2.1.7.1. Factores metabólicos

Una vez que la planta es cosechada para ser extraída, el metabolismo de la misma no permanece inalterado o estático, sino que continúa evolucionando en la medida que no se le elimine la mayor cantidad de agua, lo que finalmente inhibe los procesos enzimáticos. Se ha demostrado experimentalmente que no es igual el olor de una flor en un pie vivo de una planta, que la misma flor ya cortada.

2.1.7.2. Volatilidad y solubilidad

Para poder oler en una planta los productos aromáticos pesados habría que dejar secar la planta para eliminar los más livianos; como esto no ocurre normalmente, la presencia de los más volátiles cubre continuamente a los

constituyentes aromáticos pesados. Situación que no ocurre si se huele la esencia pura, a medida que se van volatilizando las fracciones más livianas, se van detectando los componentes más pesados del aceite esencial.

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

Se debe tener en cuenta que, cuando se obtiene un aceite esencial por arrastre de vapor, algunos compuestos quedan parcialmente retenidos en la fase acuosa.

2.1.7.3. Ubicación en tejidos de la materia vegetal

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

2.2. Métodos de obtención de aceites esenciales

La obtención de los aceites esenciales de las partes vegetales de una planta se realiza de diversas formas, se obtienen mayormente por hidrodestilación, destilación por arrastre con vapor de agua directo, enflorado, extracción con fluidos supercríticos y expresión.

2.2.1. Hidrodestilación

La hidrodestilación también es llamada: destilación por arrastre de vapor, extracción por arrastre, hidrodifusión o hidroextracción. Sin embargo, no existe un nombre claro y conciso para definirlo, debido a que se desconoce exactamente lo que sucede en el interior del equipo principal y porque se usan diferentes condiciones del vapor de agua para el proceso. Es así que, cuando se usa vapor saturado o sobrecalentado, fuera del equipo principal, es llamado destilación por arrastre de vapor (Günther, 1948).

Cuando se usa vapor saturado, pero la materia prima está en contacto íntimo con el agua generadora del vapor, se le llama hidrodestilación (Günther, 1948). Cuando se usa vapor saturado, pero la materia no está en contacto con el agua generadora, sino con un reflujo del condensado formado en el interior del destilador y se asumía que el agua era un agente extractor, se le denominó hidroextracción (Palomino y Cerpa, 1999).

Para obtener el aceite esencial de una planta aromática, mediante el uso del vapor saturado a presión atmosférica. El generador de vapor no forma parte del recipiente donde se almacena la materia prima, es externo y suministra un flujo constante de vapor. Su presión es superior a la atmosférica, pero el vapor efluente, que extrae al aceite esencial está a la presión atmosférica. La materia prima forma un lecho compacto y se desprecia el reflujo interno de agua debido a la condensación del vapor circundante.

2.2.1.1. Descripción del proceso de extracción

El proceso de hidrodestilación es la destilación de un material vegetal con vapor de agua, la función del vapor de agua es arrastrar el aceite esencial

presente en el material vegetal empleado. Es posible que se dé la destilación en este proceso, debido a que normalmente los aceites esenciales tienen un punto de ebullición superior al del agua, pero la mezcla de aceite esencial y agua que se produce presenta un punto de ebullición inferior.

Al pasar por el condensador, los vapores se enfrían, condensan y se transforman en un líquido formado por dos fases inmiscibles. La primera es la fase orgánica, en donde se encuentra el aceite esencial deseado, la segunda es la fase acuosa en donde para ciertos aceites esenciales se encuentra una cantidad de esencia, esta fase acuosa es llamada hidrolato.

La fase orgánica, formada por el aceite esencial, se separa fácilmente de la acuosa al tener distinta densidad y ser inmiscibles. Normalmente la fase orgánica formada por el aceite esencial es la fase menos densa y por ello se encuentra sobre la fase acuosa, aunque hay excepciones como lo es el aceite esencial de clavo de olor.

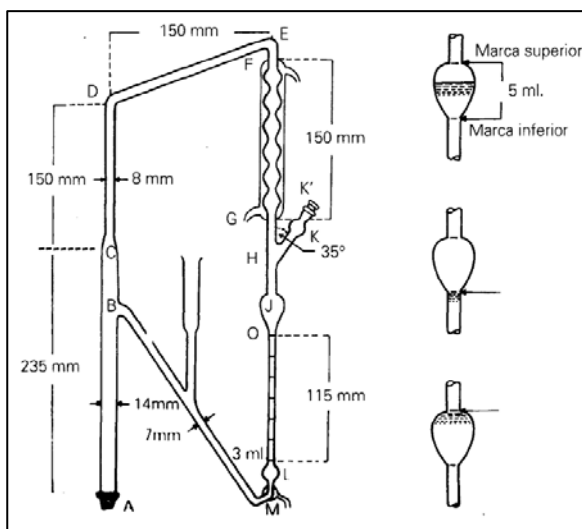
La hidrodestilación es un procedimiento ampliamente utilizado debido a que el equipo es sencillo y posee una amplia versatilidad con respecto a los materiales vegetales utilizados en este método.

El principal inconveniente del método de hidrodestilación es la alta temperatura de operación, esto lo hace inapropiado para aquellos aceites esenciales con componentes termolábiles. Además, una operación incorrecta de este método puede producir un aceite esencial de baja calidad y con un aroma desagradable.

2.2.1.2. Equipo empleado: Neoclevenger

El equipo para la obtención de aceite esencial a escala laboratorio es el Neoclevenger, es considerado en varios estándares internacionales como el más adecuado para la determinación del contenido total del aceite esencial de una materia vegetal.

Figura 1. Esquema del equipo Neoclevenger



Fuente: DE SILVA, Tuley. *Manual on the essential oil industry*.p.156.

2.2.2. Destilación por arrastre con vapor de agua directo

La destilación por arrastre con vapor de agua directo constan de las siguientes partes: una fuente de calor que genera vapor, una marmita, vaso florentino, condensador y un refrigerante para vapores.

El método consiste en colocar la materia prima (materia vegetal) en contacto directo con vapor seco generado de una caldera. Esta materia es distribuida de manera uniforme dentro de la marmita y posteriormente se humedece para garantizar que el vapor de agua penetre toda el área para que se tenga mayor contacto con la materia prima vegetal.

El vapor atraviesa la materia vegetal, extrae y arrastra el aceite esencial el cual lleva un punto bajo de volatilización y lo lleva hasta el condensador, donde al enfriarse se condensa y se separa el agua del aceite por diferencia en su densidad el cual es depositado en un recipiente llamado vaso florentino, haciendo más fácil la separación debido a esta diferencia de densidades.

Este método tiene la ventaja que el vapor que se pone en contacto con el material vegetal se encuentra a mayor presión, lo que logra favorecer la extracción rompiendo más fácilmente las micelas donde se encuentra el aceite esencial en la materia vegetal.

2.2.3. Enflorado

Es comúnmente llamado método de enflorado, enfloración o enfleurage, consiste en poner en contacto el material vegetal (generalmente se emplea flores) con aceite vegetal. El aceite esencial es solubilizado en el aceite vegetal, el cual tiene la función de actuar como un medio extractor.

El método de extracción con grasa fría es sencillo y consiste en poner en contacto la materia prima con una capa delgada de grasa dentro de cámaras pequeñas. Al desprenderse el perfume de las flores, se fija en la grasa, debido a su gran afinidad, y después de renovar varias veces las flores se dejan los pétalos 24 horas sobre la grasa (cuerpo). Pasado 60 días aproximadamente, al

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

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

2.2.4. Fluidos supercríticos

Este método es de desarrollo actual, la materia vegetal es cortada en trozos pequeños o molido, se empaca en un cámara de acero inoxidable y se hace circular a través de esta un líquido supercrítico, los aceites esenciales son así solubilizados y arrastrados y el líquido supercrítico que actúa como disolvente extractor y se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente y finalmente se obtiene el aceite esencial.

La extracción con fluidos supercríticos puede ser realizada mediante dos modos de operación. El primero es por extracción selectiva en donde se envuelve la capacidad de solvatación del fluido utilizado en la extracción por medio de la manipulación de las condiciones de temperatura y presión o modificando la naturaleza química del solvente con la adición de un co-solvente. El segundo es por separación selectiva, la cual se obtiene por medio de la despresurización, un calentamiento o enfriamiento gradual del sustrato, permitiendo con esto un fraccionamiento controlado de los productos por extraer.

2.2.5. Expresión

El objetivo primordial de este método es exprimir por máquinas o manualmente la materia vegetal de la cual se desea obtener el aceite esencial, la idea es producir la misma cantidad y calidad del aceite esencial, este es el método que más tiene aplicación en el área comercial debido a que es simple de operar.

Existe una variación para este método y es el de utilizar una esponja para obtener mayor cantidad de aceite esencial, este consiste principalmente es partir la materia vegetal, se moja y se deja reposar sumergido durante varias horas. Luego cada parte obtenida de la cáscara se prensa fuertemente contra una esponja y tiene la función de absorber el aceite esencial, que es exprimido constantemente en un recipiente distinto.

Este método aún se practica en algunos países, principalmente en Sicilia y se emplea mayormente para la obtención de aceite esencial de frutas cítricas.

2.3. Caracterización fisicoquímica

La caracterización fisicoquímica de un aceite esencial permite visualizar los parámetros de control de calidad de este, a continuación se describen los principales análisis realizados a aceites esenciales.

2.3.1. Índice de refracción

El índice de refracción es la relación que existe entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción de un rayo luminoso, de una

longitud de onda determinada, que pasa del aire a la sustancia en examen. Esta se mantiene a una temperatura constante y determinada.

El método para la obtención del índice de refracción se basa en la medida directa del ángulo de refracción; o bien, en la observación del límite de reflexión total. El índice de refracción es una magnitud exclusiva de cada aceite esencial y que cambia si se diluye o mezcla con otras soluciones.

2.3.2. Densidad

La densidad de un aceite esencial es una propiedad física que se caracteriza y está definida como el cociente entre la masa y el volumen de este.

Esta propiedad depende directamente de la temperatura, por lo que al medir la densidad de un aceite esencial debe considerarse la temperatura a la cual se realiza la medición, en general esta medición se obtiene a temperatura ambiente.

La mayoría de los aceites esenciales poseen una densidad menor a la densidad del agua (a excepción del clavo de olor), por lo que esta es una referencia empleada constantemente al obtener aceites esenciales.

2.3.3. Solubilidad

Como se mencionó anteriormente, los aceites esenciales son insolubles en agua debido a que la densidad de estos es menor a la del agua. Con alcohol etílico, si a este se le va añadiendo agua de forma progresiva, la mezcla disolverá menos aceite esencial. Dependiendo del tipo de aceite esencial que

se trate se disolverá completamente en una mezcla alcohol-agua que lleve como máximo una determinada proporción de agua.

Por lo que se determina la proporción alcohol-agua, obteniendo la menor cantidad de alcohol en esta mezcla, la cual sea suficiente para disolver el aceite esencial formando una solo fase.

2.3.3.1. Cromatografía de gases acoplado a espectrofotometría de masas

La cromatografía de gases se emplea cuando los componentes de la mezcla problema son volátiles o semivolátiles y térmicamente estables a temperaturas de hasta 350-400 grados Celsius. Es una técnica separativa que tiene la cualidad de conseguir la separación de mezclas muy complejas. Pero una vez separados, detectados, e incluso cuantificados todos los componentes individuales de una muestra problema, el único dato de que se dispone para la identificación de cada uno de ellos es el tiempo de retención de los correspondientes picos cromatográficos. Este dato no es suficiente para una identificación inequívoca, sobre todo cuando se analizan muestras con un número elevado de componentes, como es frecuente en cromatografía de gases capilar.

Por otra parte, la espectrometría de masas puede identificar de manera casi inequívoca cualquier sustancia pura, pero normalmente no es capaz de identificar los componentes individuales de una mezcla sin separar previamente sus componentes, debido a la extrema complejidad del espectro obtenido por superposición de los espectros particulares de cada componente.

Por lo tanto, la asociación de las dos técnicas, cromatografía de gases (GC) y espectrometría de masas (MS) da lugar a una técnica combinada GC-MS que permite la separación e identificación de mezclas complejas.

2.4. Cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton)

El cardamomo es un fruto seco proveniente de una planta perenne, el cual está compuesto principalmente por una vaina que contiene las semillas. Guatemala es el principal exportador a nivel mundial.

2.4.1. Reseña histórica

El cardamomo pertenece a la familia Zingiberaceae originaria de la India de la cual se tienen las primeras referencias escritas en 1550 A. C.

Fue introducido a Guatemala en 1914 por el alemán Oscar Majus Kloeffer, quien trabajaba en la finca Chinasayub (flor bonita) ubicada en Alta Verapaz, él pidió a su padre que era farmacéutico, que le enviara desde Alemania unas semillas de cardamomo, el cual era empleado para aromatizar medicinas.

Después de cosechar el cardamomo lo dejaban fermentar en tanques, por dos o tres días; seguidamente era pisoteado por los mozos para separar la cáscara de la semilla, lavaban la semilla y por último la secaban al sol.

El cardamomo tiene diferentes usos por ejemplo para saborizar galletas, pasteles, pan, se extrae aceite, para perfumería, para aromatizar licores y otras bebidas.

2.4.2. Descripción botánica

Hierba perenne, rizoma ramificado subterráneo, tallos con hojas de 1,5-4,0 metros de alto. Hojas alternas, elípticas o lanceoladas, 0,7-1,0 metros de largo. Panículas florales de 0,6-1,3 metros de largo, blancas o verde pálido, labio central violeta, en un raquis cerrado; bisexual pero autoestéril. Frutos en cápsulas triloculares, fusiformes a ovoides, verde pálido a amarillo, 15-20 semillas duras, café oscuro, anguladas, rugosas, con una membrana mucilaginosa.

Figura 2. **Cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) oro y pergamino**



Fuente: documento proporcionado por Unidad de Políticas e Información Estratégica, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

2.4.3. Perteneciente a la familia Zingiberaceae

La familia Zingiberaceae está representada por 50 géneros y casi 1 300 especies. Se encuentran en zonas tropicales y subtropicales, pero principalmente en el sudeste de Asia, la familia Zingiberaceae está formada

por los géneros: alpinia, curcuma, elettaria, etlingera, hedychium, kaempferia, renealmia y zingiber.

Se trata fundamentalmente de plantas herbáceas, provistas de rizomas, con grandes hojas que tienen una vaina larga que envuelve el tallo y poseen generalmente células oleíferas, llenas de esencia.

2.4.4. Hábitat

Nativa de bosques sombreados de India y Ceylán; crece en bosques lluviosos siempre verdes a 760–1 500 metros sobre el nivel del mar y temperaturas de 10-35 grados Celsius. En Guatemala se ha aclimatado en la zona norte y sur, donde se produce para el mercado de exportación.

2.4.5. Obtención

Crece en suelos húmidos y arcillosos. Se propaga por división de rizoma o semilla; por rizoma es más barato y produce más rápidamente, pero es difícil la producción masiva y es más susceptible a enfermedades. A las semillas se les quita el mucílago, se mezclan con ceniza y se secan a la sombra; se siembra en camas cubiertas con arena y paja con riego constante.

Figura 3. **Plantación después de haberse realizado la cosecha**



Fuente: documento proporcionado por Unidad de Políticas e Información Estratégica, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

El campo definitivo se prepara a profundidad; se siembra en surcos, con deshierbado constante; se fertiliza orgánica y químicamente. La primera cosecha se obtiene a los 3 años, es baja pero aumenta con el tiempo. Se colecta la cápsula verde y se seca al sol por 5 días en secadores con aire forzado.

2.4.6. Composición química y principios activos

Las semillas tienen aceites esencial (2-8 %), almidón, pentosano, aceite graso (1-4 %), ácidos caprílico, caproico, palmítico, esteárico, oleico, linoleico, β -sitosterol, oxalato de calcio, minerales, resina. La composición química del aceite esencial varía según las condiciones climáticas y variedades vegetales.

Por destilación se obtiene 3-10 por ciento de esencia y por extracción 52-58 por ciento de oleorresina. Es un líquido incoloro con aroma penetrante

ligeramente alcanforado, persistente, picante y de fuerte sabor aromático, soluble 1:5 en etanol 70 por ciento; se utiliza para saborizar alimentos y en la industria farmacéutica como carminativo.

2.4.7. Función de los metabolitos secundarios en las plantas

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

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

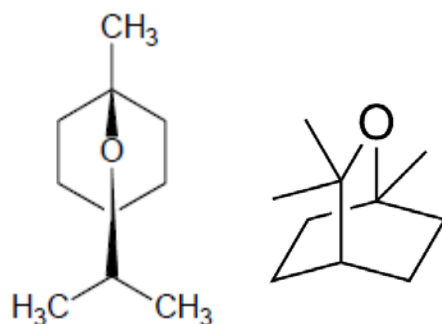
2.4.7.1. Metabolitos secundarios presentes en el aceite esencial de cardamomo producido en Guatemala

El aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) producido en Guatemala contiene acetato de alfa-terpinilo (50,7 %), 1,8-cineol (eucaliptol) (23,4 %), acetato de linalilo (6,3 %), linalool (4,5 %), sabineno (3,4 %), nerolidol (2,4 %), alfa-terpineol (1,9 %), alfa-terpineno, alfa- y beta-pineno, geraniol, neral, acetato de geranilo, limoneno y otros 20 compuestos.

- 1,8-cineol (eucaliptol)

El 1,8-cineol es uno de los metabolitos secundarios mayoritarios presentes en el aceite esencial de cardamomo, este también es conocido por el nombre sistemático como eucaliptol (como se hace referencia en los apéndices del 15-23). La evaluación del contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) en el aceite esencial da la calidad de este para su exportación.

Figura 4. Estructura molecular 1,8-cineol (eucaliptol)



Fuente: referencia bibliográfica 7, sección 2.2.3. p. 21.

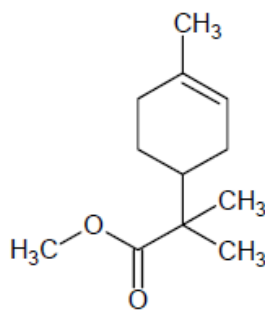
Tabla I. **Características del 1,8-cineol (eucaliptol)**

Fórmula molecular	C ₁₀ H ₁₈ O
Nombre IUPAC	1, 3, 3 - trimetil – 2 - oxabicyclo [2.2.2] octano
Propiedades físicas	
Peso fórmula	154,24932 g /mol
Composición	C (77,87%) H (11,76%) O (10,37%)
Índice de refracción	1,461 ± 0,02
Tensión superficial	32,4 ± 3,0 dinas/cm
Densidad	0,922 ± 0,06 g/cm ³

Fuente: elaboración propia.

- Acetato de α -terpinilo

Figura 5. **Estructura molecular del acetato de α -terpinilo**



Fuente: referencia bibliográfica 7, sección 2.2.3.p. 23.

Tabla II. **Características del acetato de α -terpinilo**

Fórmula molecular	C ₁₂ H ₂₀ O ₂
Nombre IUPAC	2,2 dimetil (4-metilciclohex-3-en-1-il) propanoato
Propiedades físicas	
Peso fórmula	196,286 g/mol

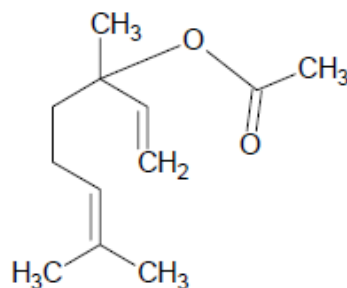
Continuación de la tabla II.

Composición	C (73,43%) H (10,27%) O (16,30%)
Índice de refracción	1,466 ± 0,02
Tensión superficial	31,8 ± 3,0 dinas/cm
Densidad	0,962 ± 0,06 g/cm ³

Fuente: elaboración propia.

- Acetato de linalino

Figura 6. **Estructura molecular acetato de linalino**



Fuente: referencia bibliográfica 7, sección 2.2.3. p. 26.

Tabla III. **Características del linalino**

Fórmula molecular	C ₁₂ H ₂₀ O ₂
Nombre IUPAC	1,5-dimetil-1-vinilhex-4-en-1-il acetato
Propiedades físicas	
Peso fórmula	196,286 g/mol
Composición	C (73,43%) H (10,27%) O (16,30%)
Índice de refracción	1,452 ± 0,02

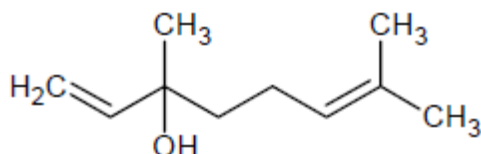
Continuación de la tabla III.

Tensión superficial	27,7 ± 3,0 dina/cm
Densidad	0,897 ± 0,06 g/cm ³

Fuente: elaboración propia.

- Linalool

Figura 7. **Estructura molecular linaool**



Fuente: referencia bibliográfica 7, sección 2.2.3. p. 25.

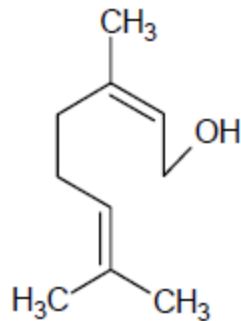
Tabla IV. **Características del linaool**

Fórmula molecular	C ₁₀ H ₁₈ O
Nombre IUPAC	3, 7-dimetil-1,6-dieno-3-octanol
Propiedades físicas	
Peso fórmula	154,24932 g/mol
Composición	C (77,87%) H (11,76%) O (10,37%)
Índice de refracción	1,463 ± 0,02
Tensión superficial	28,2 ± 3,0 dinas/cm
Densidad	0,858 ± 0,06 g/cm ³

Fuente: elaboración propia.

- Geraniol

Figura 8. Estructura molecular del geraniol



Fuente: referencia bibliográfica 7, sección 2.2.3. p.22.

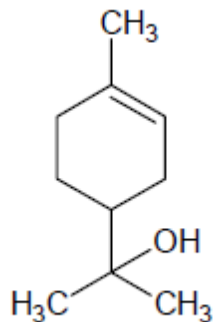
Tabla V. Características del geraniol

Fórmula molecular	C ₁₀ H ₁₈ O
Nombre IUPAC	(2Z) – 3, 7- dimetilocta – 2, 6- dien – 1 – ol
Propiedades físicas	
Peso fórmula	154,24932 g/mol
Composición	C (77,87%) H (11,76%) O (10,37%)
Índice de refracción	1,470 ± 0,02
Tensión superficial	29,1 ± 3,0 dinas/cm
Densidad	0,866 ± 0,06 g/cm ³

Fuente: elaboración propia.

- α -terpineol

Figura 9. Estructura molecular α -terpineol



Fuente: referencia bibliográfica 7, sección 2.2.3. p. 24.

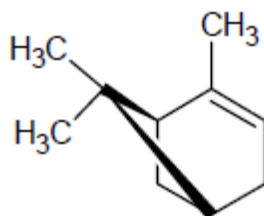
Tabla VI. Características del α -terpineol

Fórmula molecular	C ₁₀ H ₁₈ O
Nombre IUPAC	2 - (4 - metilciclohex-3-en-1-il) 2 propanol
Propiedades físicas	
Peso fórmula	154,24932 g/mol
Composición	C (77,87%) H (11,76%) O (10,37%)
Índice de refracción	1,482 ± 0,02
Tensión superficial	33,2 ± 3,0 dinas/cm
Densidad	0,934 ± 0,06 g/cm ³

Fuente: elaboración propia.

- α -pineno

Figura 10. Estructura molecular del α -pineno



Fuente: referencia bibliográfica 7, sección 2.2.3. p. 28.

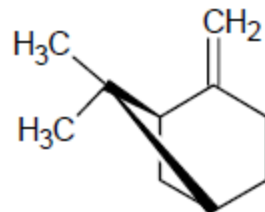
Tabla VII. Características del α -pineno

Fórmula molecular	C ₁₀ H ₁₆
Nombre IUPAC	2, 6, 6 – trimetilbicyclo [3.1.1] hept – 2 – en
Propiedades físicas	
Peso fórmula	136,23404 g/mol
Composición	C (88,16%) H (11,84%)
Índice de refracción	1,479 ± 0,02
Tensión superficial	25,3 ± 3,0 dina/cm
Densidad	0,879 ± 0,06 g/cm ³

Fuente: elaboración propia.

- β -pineno

Figura 11. Estructura molecular β -pineno



Fuente: referencia bibliográfica 7, sección 2.2.3. p. 27.

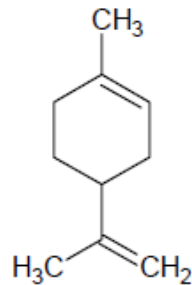
Tabla VIII. Características del α β -pineno

Fórmula molecular	C ₁₀ H ₁₆
Nombre IUPAC	6,6 – dimetil – 2 – metilenebicyclo [3.1.1] heptano
Propiedades físicas	
Peso fórmula	136,23404 g/mol
Composición	C (88,16%) H (11,84%)
Índice de refracción	1,483 ± 0,03
Tensión superficial	27,0 ± 5,0 dinas/cm
Densidad	0,88 ± 0,1 g/cm ³

Fuente: elaboración propia.

- Limoneno

Figura 12. **Estructura molecular del limoneno**



Fuente: referencia bibliográfica 7, sección 2.2.3. p. 29.

Tabla IX. **Características del limoneno**

Fórmula molecular	C ₁₀ H ₁₆
Nombre IUPAC	4-isopropenil-1-metilciclohexeno
Propiedades físicas	
Peso fórmula	136,23404 g/mol
Composición	C (88,16%) H (11,84%)
Índice de refracción	1,467 ± 0,02
Tensión superficial	25,8 ± 3,0 dinas/cm
Densidad	0,834 ± 0,06 g/cm ³

Fuente: elaboración propia.

2.4.8. Agricultura

El cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) es una planta originaria de la India y Sri-Lanka, cuyos frutos se comercializan desde antes de la era cristiana.

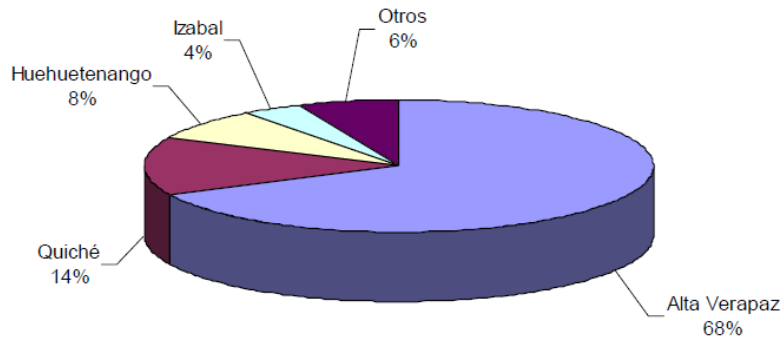
La planta es una hierba alta, tipo arbustiva, con rizomas tuberosos y fuertes que producen entre ocho y veinte tallos que no producen flores y los tallos productivos que no crecen más de 1 metro de alto, en los cuales se producen las capsulitas con las semillas, que es la parte comercializable de la planta.

Por su contenido de aceites esenciales y su agradable aroma, se utiliza mezclado con el café y también en pastelería, para cosméticos y para aromatizar licores. Al cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) se le atribuye efectos medicinales como: digestivo, ayuda a eliminar gordura y también es considerado como afrodisíaco. Sus múltiples usos han hecho de esta especie, a nivel mundial, la segunda de mayor valor después del azafrán.

2.4.8.1. Zonas de cultivo en Guatemala

Los principales departamentos productores de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) son: Alta Verapaz (68 %), Quiché (14 %), Huehuetenango (8 %) e Izabal (4 %). Sin embargo, existe una pequeña en otras regiones que es insignificante en cuanto al impacto sobre la producción nacional.

Figura 13. **Producción de cardamomo en Guatemala**

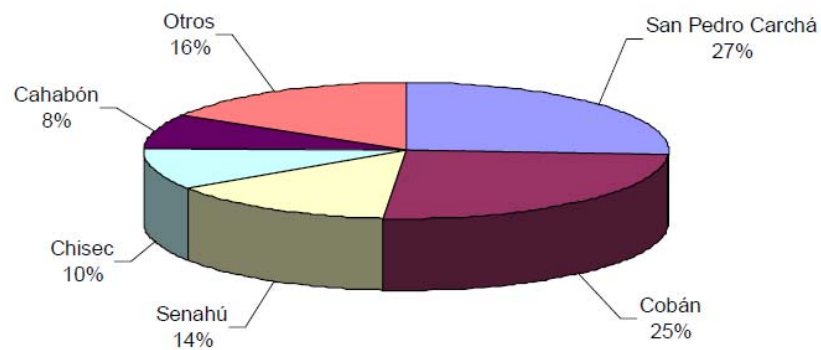


Fuente: documento Programa de Apoyo a los Agronegocios abril 2006, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

- **Alta Verapaz**

La producción de Alta Verapaz se destina principalmente a la exportación. Las zonas productoras de cardamomo se encuentran principalmente en los municipios de San Pedro Carchá, Cobán, Senahú, Chisec y Cahabón. Ocupa el tercer lugar después de maíz blanco y café.

Figura 14. **Producción de cardamomo en el departamento de Alta Verapaz**

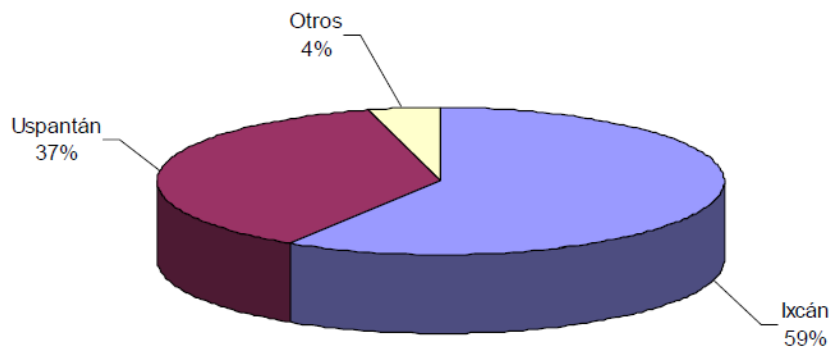


Fuente: documento Programa de Apoyo a los Agronegocios abril 2006, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

- **Quiché**

El cardamomo y el café son los cultivos que más dividendos han generado a los agricultores en determinadas áreas. Ocupa el cuarto lugar después de maíz blanco, maíz amarillo y manzana.

Figura 15. **Producción de cardamomo en el departamento de Quiché**

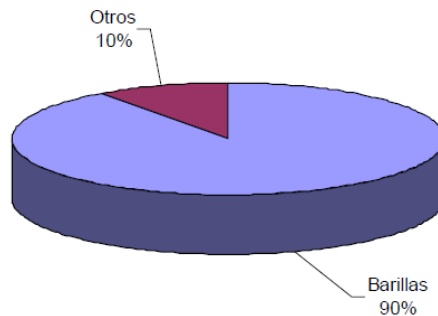


Fuente: documento Programa de Apoyo a los Agronegocios abril 2006, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

- Huehuetenango

En el departamento de Huehuetenango el municipio de Barillas es el principal productor de cardamomo. Ocupa el sexto lugar después de la producción de café, maíz blanco, maíz amarillo, papa y caña de azúcar.

Figura 16. **Producción de cardamomo en el departamento de Huehuetenango**

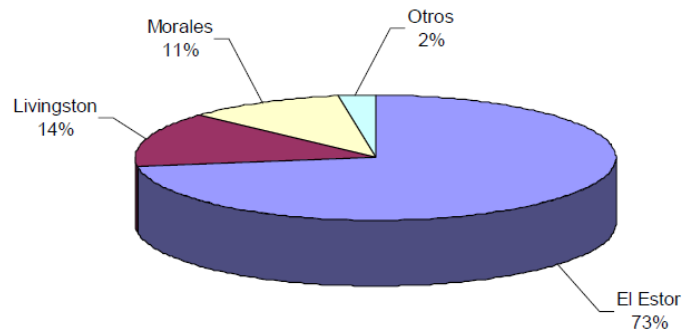


Fuente: documento Programa de Apoyo a los Agronegocios abril 2006, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

- Izabal

En el departamento de Izabal los principales municipios de producción de cardamomo son El Estor, Livingston y Morales. Ocupa el noveno lugar después de la producción de maíz blanco, banano, palma africana, plátano, piña, naranja, citronela y hule. Representa una importante fuente de empleo y de ingresos a sus productores; aunque por el escaso apoyo con el que cuentan alcanzan bajos nivel de producción y rentabilidad.

Figura 17. **Producción de cardamomo en el departamento de Izabal**



Fuente: documento Programa de Apoyo a los Agronegocios abril 2006, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

2.4.8.2. Clima y suelos

Es una planta de sombra, aunque también se puede cultivar al sol en zonas de mucha nubosidad. Se recomienda sembrarla en terrenos con pendiente moderada (5-25 %) para favorecer el drenaje.

Requiere mucha humedad, más de 1 500 milímetros de precipitación al año y no soporta épocas secas prolongadas mayores de tres meses. La temperatura óptima para su cultivo está entre 18 y 22 grados Celsius, lo que normalmente se obtiene a alturas entre 800 y 1 300 metros sobre el nivel del mar.

Prefiere los suelos orgánicos, livianos, preferiblemente de bosque, con muy buen drenaje, aunque se comportan muy bien en suelos volcánicos como los que se utilizan para el café en el valle central.

2.4.8.3. Siembra

La siembra puede hacerse bajo sombra, bosque raleado con 50-60 por ciento de sombra, o a pleno sol, junto con la siembra de árboles de sombra. Se debe tener presente que la sombra es un requisito indispensable para este cultivo.

La distancia de siembra es de 3 metros en cuadro, ya que la planta crece de 3 a 5 metros y en tres años prácticamente cierra. Si se siembran árboles de sombra, se colocarán a una distancia de 5 a 6 metros para luego ralearlos a la distancia de 10 a 12 metros.

2.4.8.4. Propagación

Se propaga por semilla y por partes de plantas. Cuando se reproduce por semilla, esta debe tomarse de frutos maduros y grandes, sanos producidos en plantas muy buenas productoras, se lavan y se secan a la sombra.

La siembra de los semilleros se debe hacer en un plazo máximo de quince días después de cosechada la semilla debido a que esta pierde rápidamente la capacidad de germinación. A los 30 días empieza a germinar escalonadamente y dos o cinco meses después de germinadas, las plántulas se pueden trasplantar al almácigo separadas entre 25 y 50 centímetros, donde se mantiene entre ocho meses y un año antes de ser llevados al campo definido.

Este tipo de propagación tiene el inconveniente de necesitar mucha cantidad de semilla, ya que su germinación es baja y a que la cosecha se inicia hasta los cuatro años de edad del cultivo.

Si se propaga por medio de partes de planta, la planta madre escogida se secciona en partes que incluyan raíces, yemas y por lo menos tres tallos, uno adulto y dos jóvenes; estas secciones se plantan inmediatamente en el campo definitivo.

2.4.8.5. Cultivo

La planta empieza a producir dos años y medio o tres años después de ser llevada al campo definitivo. Normalmente la floración empieza entre marzo y abril y se prolonga hasta agosto y septiembre. La cosecha se inicia cinco meses después de la floración o sea en agosto o setiembre y se prolonga hasta febrero o marzo.

Los frutos deben cosecharse a mano cuando empiezan a cambiar su color de verde a amarillo, momento en que se desprenden con facilidad. Se hacen cinco o seis cosechas en cada planta, en ciclos de 35 a 40 días.

De una cosecha oportuna y un secado adecuado, depende la calidad y precio del producto. Las frutas tiernas o sobremaduras, dan mala calidad en el secado.

El secado de las cápsulas debe realizarse el mismo día de la cosecha o lo más el día siguiente. Puede realizarse al sol o con secadoras diseñadas para ese fin aunque el secado al sol no da buena calidad. En el secado artificial la temperatura debe regularse a no más de 55 grados Celsius ya que el objetivo

es obtener cápsulas de un color verde uniforme, sanas y de buen tamaño. Las cápsulas se sacan de la secadora con 9-10 por ciento de humedad para que después de la selección por calidad estén en 12-13 por ciento.

Se empaican en bolsas plásticas negras para que no pierdan color y se almacenan en estañones herméticos para evitar la pérdida del aroma. Este producto se denomina pergamino verde.

Figura 18. Época de cosecha durante 12 meses



Fuente: documento proporcionado por Unidad de Políticas e Información Estratégica, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

2.4.8.6. Calidad

Alrededor de la década de 1950 el cardamomo se exportó en oro hacia los Estados Unidos y Europa. Posteriormente la exportación hacia los países árabes y norte de Europa determinó las calidades de pergamino siguientes:

- *Best Quality*: es la calidad de primera que se exportaba hacia Arabia.
- *Mixed Green*: es la calidad de segunda también exportable a países árabes.
- *Mixed yellow*: es la calidad tercera que se exportó a los países del norte de Europa.

Se tienen diferentes calidades de pergamino, tales como:

- *Royal Green*: que es superior a la primera calidad.
- *Prima Green*: calidad equivalente a la segunda.
- *Baby*: es el cardamomo de tamaño pequeño pero de primera calidad.

Actualmente la calidad está determinada por el tamaño y color del pergamino, así como su densidad aparente. La cápsula más grande y de coloración verde oscuro uniforme es considerada de mejor calidad y alcanza los mejores precios en el mercado internacional.

Después de la ventilación el cardamomo sacado del horno, es pasado por una zaranda con cedazo de ¼ de pulgada para la separación del fruto pequeño y luego se procede a la selección por color y tamaño del fruto seco en pergamino.

La clasificación por tamaño del fruto obedece a las categorías de jumbo, mediano y baby. La clasificación del producto según calidad del proceso de transformación consiste en: primera, segunda y tercera y algunas veces llega a cuarta y quinta calidad.

Tabla X. **Calidad de cardamomo pergamino**

Tamaño	Color		
	Verde	Amarillo	Café claro
Jumbo	Primera calidad		
Mediano		Segunda calidad	
<i>Baby</i>			Tercera calidad

Fuente: elaboración propia.

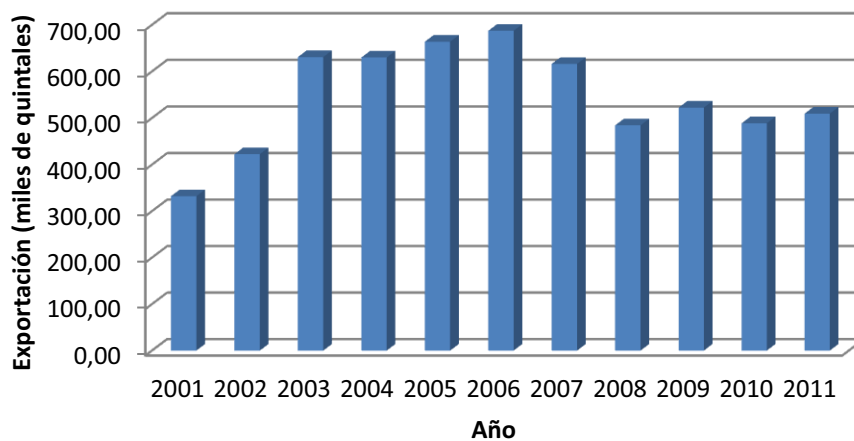
2.4.9. Comercio exterior

Guatemala y la India a lo largo de los años han ocupado los primeros dos puestos como mayores exportadores de cardamomo a nivel mundial, actualmente Guatemala exporta cardamomo de alta calidad.

2.4.9.1. Exportaciones de cardamomo

Guatemala es el mayor exportador de cardamomo, superando a la India con un buen margen; la India ocupa la segunda posición en exportación. El mercado del cardamomo se clasifica en dos grupos o regiones: los países del Medio Oriente y los países que no son del Medio Oriente.

Figura 19. **Exportación de cardamomo oro y pergamino**



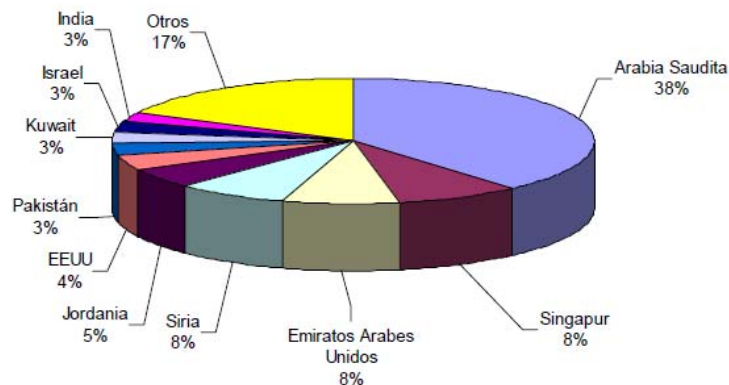
Fuente: estadísticas de producción, exportación e importación de los principales productos agropecuarios. Años 2001-2012. Banco de Guatemala.

Guatemala exporta a los países del Medio Oriente, principalmente a Arabia Saudita, Singapur, Emiratos Árabes Unidos, Siria y Jordania; seguido de

Estados Unidos, Pakistán, Kuwait, Israel e India, este grupo prefiere el cardamomo verde, grande y uniforme en tamaño y color, ya que lo emplean para uso doméstico.

Guatemala superó cuatro veces a la India en la exportación de cardamomo, debido a que la India demandó mucho de su producto para el mercado interno.

Figura 20. **Exportaciones de cardamomo de Guatemala**

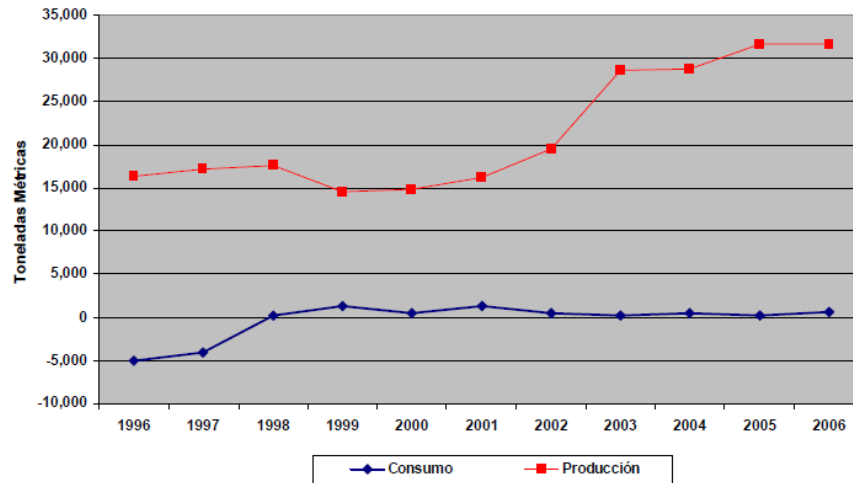


Fuente: documento Programa de Apoyo a los Agronegocios abril 2006. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

2.4.10. Consumo nacional

En el período de 1996 a 2006, la producción de cardamomo de Guatemala, ha aumentado con una tasa de crecimiento anual del 7 por ciento. Sin embargo, el consumo interno registra una tasa de crecimiento anual de 2 por ciento.

Figura 21. Consumo nacional aparente de cardamomo en Guatemala

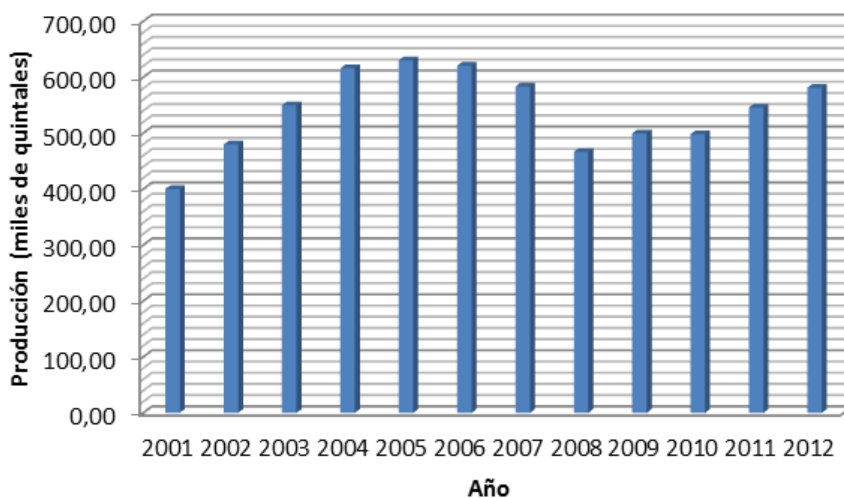


Fuente: documento Programa de Apoyo a los Agronegocios abril 2006. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

2.4.11. Producción

Guatemala es actualmente el principal productor mundial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton), tanto en cantidad como en calidad, desplazando a la India que ha sido tradicionalmente el principal productor. El buen potencial productivo del país determina una significativa generación de divisas anuales a través del mercado de exportación, pues casi la totalidad se destina a éste mercado.

Figura 22. **Producción de cardamomo en pergamino**



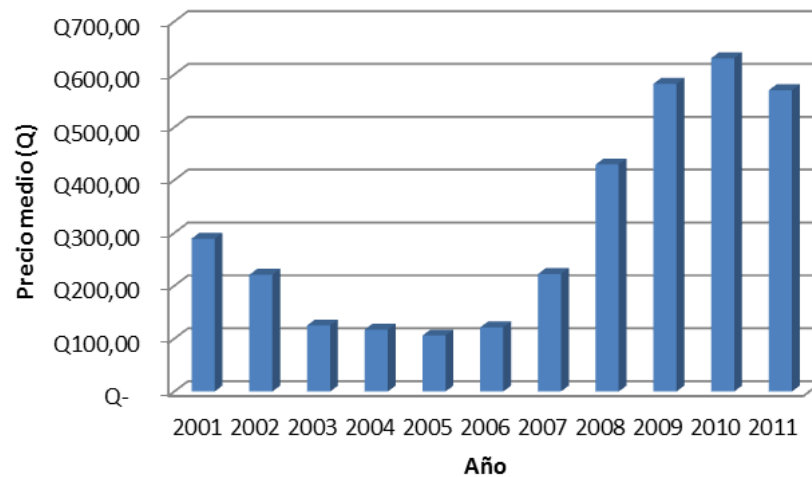
Fuente: estadísticas de producción, exportación e importación de los principales productos agropecuarios. Años 2001-2012. Banco de Guatemala.

2.4.12. Precio medio

La venta del cardamomo pergamino se realiza del procesador al exportador. Los precios en el mercado nacional son muy fluctuantes y son determinados con base a calidad. En la venta del productor que tiene capacidad de procesar, los precios también se determinan con base a calidad del pergamino.

Entre los pequeños productores se realiza el proceso de pago por el servicio de deshidratado en secadora, pagando el servicio por quintal, y luego el producto se vende al mejor demandante. La demanda potencial externa del producto se ha mantenido con algunas fluctuaciones en el mercado de los países importadores, principalmente árabes.

Figura 23. **Precio medio de cardamomo oro y pergamino**



Fuente: estadísticas de producción, exportación e importación de los principales productos agropecuarios. Años 2001-2012. Banco de Guatemala.

2.4.13. Aplicaciones del aceite esencial de cardamomo

El aceite esencial de cardamomo y en general los aceites esenciales obtenidos de cualquier materia prima tienen distintas aplicaciones en la industria. A continuación se presentan algunas de ellas.

2.4.13.1. Industria alimentaria

En la industria alimentaria los aceites esenciales se emplean para condimentar carnes preparadas, embutidos, sopas, helados, queso, entre otros. Los aceites esenciales más empleados por esta industria son el cilantro, naranja y menta, entre otros. También son utilizados en la preparación de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, especialmente refrescos. Estos aceites esenciales también se emplean en la producción de caramelos, chocolates y entre otros.

2.4.13.2. Industria farmacéutica

Los aceites esenciales son ampliamente utilizados en esta industria, debido a la variedad de propiedades farmacológicas que poseen. Entre los usos se encuentran la adición de aceites esenciales en cremas dentales, analgésicos e inhalantes para descongestionar las vías respiratorias (eucaliptol).

2.4.13.3. Industria de cosméticos

Esta industria emplea los aceites esenciales en la producción de cosméticos, jabones, colonias, cremas, productos para cabello, maquillaje, entre otras. En este campo se pueden citar los aceites de macadamia, geranio, lavanda, rosas, ciprés y eucalipto.

2.4.13.4. Perfumería

En la perfumería se emplean los aceites esenciales y sustancias odoríferas sintéticas con el fin de lograr una composición estética capaz de impresionar nuestro olfato, en donde no solamente se emplea un solo extracto sino una mezcla de estos. Para este caso se emplea el absoluto para la elaboración de perfumes.

2.4.13.5. Aromaterapia

Es un método terapéutico que ayuda a la medicina utilizando esencias y aceites que producen aromas que ayuda para las personas que tengan algún padecimiento, ayuda a la meditación, concentración, afirmaciones y a todas aquellas técnicas que logran un equilibrio y armonía interior. En la aromaterapia es importante utilizar las esencias y aceites adecuados para obtener del cuerpo una respuesta positiva.

La aromaterapia es la terapia que se basa en las sensaciones que producen ciertos aromas en el ser humano. Es la curación de las enfermedades y el desarrollo del potencial humano mediante la utilización de los olores de los aceites esenciales.

Es una terapia total que con ayuda de aceites esenciales, ejerce influencia sobre procesos físicos, espirituales y mentales. Con esta terapia se puede aumentar los niveles de energía física ayudando a tener la mente más activa o alerta reduciendo básicamente los niveles de estrés. El enfoque principal de la aromaterapia en el campo de sanación es el de unir el arte de la sanación intuitiva y la investigación científica para obtener resultados óptimos mediante la preservación de la salud y bienestar personal con anterioridad al desencadenamiento de un desequilibrio, durante este y después del estado de enfermedad.

- Principales efectos

Los aromas en sus diversas aplicaciones brindan efectos en la vida del ser humano para ayudarlo a lograr el equilibrio emocional y físico. Uno de los principios de la aromaterapia es que las plantas tienen su propia esencia, lo

que al obtener la esencia se está tomando el alma de cada planta. Ya que tiene como función el provocar tranquilidad, estimulación, refresca, y otros.

Cuando se aplica la aromaterapia influye positivamente en el aspecto físico al estimular las hormonas y el metabolismo. Lo cual es importante para que exista un equilibrio en el cuerpo.

3. METODOLÓGIA

3.1. Localización

Las instalaciones en las cuales se realizó la fase experimental del estudio incluyendo la extracción del aceite esencial y la caracterización fisicoquímica de este fue en las siguientes:

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

3.2. Variables

Dentro de la sección de variables estudiadas se incluyen las variables dependientes e independientes, las cuales influyen o no en los resultados que se desean esperar.

Tabla XI. **Variables dependientes e independientes**

Variable	Dependiente	Independiente
Materia prima deshidratada de cardamomo		
Método convencional de secado de cardamomo		X

Continuación tabla XI.

Calidad de cardamomo pergamino: primera, segunda y tercera calidad		X
Porcentaje de humedad		X
Análisis granulométrico		X
Aceite esencial de cardamomo		
Rendimiento extractivo	X	
Rendimiento volumétrico	X	
Índice de refracción	X	
Densidad	X	
Composición química mediante GC-MS	X	
Tiempo Extractivo	X	

Fuente: elaboración propia.

3.2.1. Variable respuesta

Para los distintos tratamientos que se trabajó en la fase experimental, la variable respuesta fue el rendimiento extractivo del aceite esencial, contenido en el cardamomo en función de tres calidades de pergamino y con base al tiempo extractivo.

3.3. Delimitación del campo de estudio

El desarrollo de la investigación a escala laboratorio buscó la evaluación del rendimiento de extracción del aceite esencial de cardamomo deshidratado en función a tres calidades de pergamino y con base al tiempo extractivo, y en identificar los componentes químicos del aceite esencial mediante cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas.

3.4. Obtención de las muestras

Las muestras de cardamomo con las cuales se llevó a cabo la investigación son provenientes del departamento de Alta Verapaz, Guatemala, el cual es uno que posee un alto porcentaje de producción y exportación de cardamomo.

La materia prima se clasificó en función de tres calidades de pergamino, se redujo el tamaño de partícula por medio de un molino de discos y se realizó la granulometría correspondiente para cada calidad. Posteriormente se realizó la extracción del aceite esencial mediante el método de hidrodestilación a escala laboratorio identificando variando tres tiempos de extracción (120, 160 y 240 min) para tres calidades (primera, segunda y tercera).

3.5. Técnicas cuantitativas y cualitativas

Las técnicas cuantitativas y cualitativas tomadas dentro del marco del presente estudio como técnica cualitativa; el método convencional de secado de cardamomo y como técnica cuantitativa el rendimiento extractivo del aceite esencial de cardamomo.

Tabla XII. **Técnicas cuantitativas y cualitativas**

Técnica	Cuantitativas	Cualitativas
Materia prima deshidratada de cardamomo		
Método convencional de secado de cardamomo		X
Calidad de cardamomo: primera, segunda y tercera		X
Tipo de grano: pergamino y oro.		X
Porcentaje de humedad	X	
Análisis granulométrico	X	

Continuación tabla XII.

Aceite esencial de cardamomo		
Rendimiento extractivo	X	
Rendimiento volumétrico	X	
Índice de refracción	X	
Densidad	X	
Composición química mediante GC-MS	X	
Tiempo extractivo	X	

Fuente: elaboración propia.

3.6. Procedimiento

A continuación se presenta el procedimiento empleado para cada uno de los tratamientos previos que se le dio a la materia prima, extracción del aceite esencial y el análisis posterior realizado al aceite esencial.

3.6.1. Preparación de la materia prima

La preparación de la materia prima consiste en una operación unitaria molienda. La molienda se realizó mediante un molino de discos con el fin de reducir el tamaño de partícula de la materia deshidratada.

3.6.2. Porcentaje de humedad

Este procedimiento se lleva a cabo en una balanza de medición de humedad que está compuesta por una balanza y un sistema de secado, en la cual es colocado 1 gramo de la materia prima previamente molida.

3.6.3. Análisis granulométrico

Se procedió a realizar un análisis granulométrico posterior a la molienda realizada mediante un molino de discos para conocer el tamaño de partícula con la cual se estaba trabajando.

- Se seleccionó una batería de 8 tamices adecuada para la materia prima (3/8", 4, 8, 10, 16, 20, 30 y fondo).
- Se limpió el equipo adecuadamente.
- Se colocó 100 gramos de cardamomo pergamino molido en el primer tamiz.
- Se colocó la batería de tamices en el tamizador y se dejó agitando durante 5 minutos.
- Luego de transcurrido el tiempo, se procedió a pesar la masa retenida en cada tamiz para luego conocer el porcentaje de retención.

3.6.4. Extracción de aceite esencial a escala laboratorio

La obtención del aceite esencial de cardamomo se llevó a cabo por medio del método de hidrodestilación empleando el equipo Neoclevenger a escala laboratorio. El procedimiento es el siguiente:

:

- Se lava el equipo de Neoclevenger con agua y si es posible se realiza un lavado con etanol al 95 por ciento.
- Se colocan 50 gramos del cardamomo pergamino deshidratado molido en un balón de fondo redondo de 1 000 mililitros.
- Debido a la relación peso materia prima y volumen de agua destilada, la cual es 1:10, se agrega 500 mililitros de agua destilada, de ser necesario

se aumenta esta relación con el fin de humedecer por completo la materia prima.

- Se arma el sistema del equipo de Neoclevenger, con soportes y la manta de calentamiento.
- Se acopla el balón que contiene la materia vegetal con el Neoclevenger.
- Se instala el sistema de recirculación adaptándolo al condensador del Neoclevenger, manteniendo la temperatura del agua de recirculación baja.
- Se transfiere calor al balón de 1 000 mililitros por medio de una manta calentamiento, llevándolo a ebullición.
- Al caer la primer gota de condensado, se inicia el tiempo de extracción.
- Completado el tiempo de extracción (120, 180, 240 minutos), se suspende la recirculación hasta que termine de obtenerse el condensado.
- Se espera a que el sistema enfríe para retirar la materia vegetal.
- Se establece la masa de un vial color ámbar para el almacenamiento adecuado del aceite esencial recuperado.
- Se transfiere el aceite esencial al vial, con el cuidado de separar el aceite esencial del agua.
- Se toma la masa del vial con el aceite esencial recuperado.
- Por diferencia de masas, se obtiene la masa recuperada de aceite esencial, para obtener por último su rendimiento extractivo.
- El vial se almacenará en frío para evitar que el aceite esencial se volatilice.

3.6.5. Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos realizados a cada muestra de aceite esencial obtenido fueron: índice de refracción, densidad, cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas.

3.6.5.1. Índice de refracción

El índice de refracción en un análisis fisicoquímico muy importante en los aceites esenciales. El método para la obtención del índice de refracción se basa en la observación del límite de reflexión total siendo este un parámetro de calidad para los aceites esenciales. El procedimiento llevado a cabo es el siguiente:

- El equipo a utilizar será un refractómetro.
- Se inicia limpiando el prisma del equipo, sin presionar y con etanol al 95 por ciento para garantizar que quede limpio.
- Se agregan dos o tres gotas de la muestra, en este caso aceite esencial, esto puede ser realizado con una micro pipeta.
- Se enciende la lámpara usando el interruptor que se encuentra normalmente al lado izquierdo del refractómetro.
- Se ajusta la lámpara, acercándola al prisma para asegurar el brillo adecuado al momento de la medición.
- Se observa por el ocular y se hace girar la perilla de compensación de color hasta que aparezca una línea clara y definida en el campo de visión.
- Se gira la perilla de medición alineando la línea delimitadora, con las líneas de intersección (ajustar claro y oscuro al centro).

- Al momento que la línea esté definida al centro, se mueve la palanca de la parte inferior izquierda.
- Se lee en la escala superior el índice de refracción.
- Registrar el índice de refracción.

3.6.5.2. Densidad

La densidad es una propiedad física que caracteriza al aceite esencial, siendo esta propia de cada uno de ellos. El procedimiento llevado a cabo para la determinación de la densidad es el siguiente:

- Limpiar con etanol al 95 por ciento el picnómetro que se empleará.
- Secar completamente el picnómetro y tararlo.
- Agregar la muestra de aceite esencial utilizando una micropipeta.
- Pesar el picnómetro el cual contiene la muestra de aceite esencial.
- Medir el volumen del picnómetro.
- Finalmente, calcular la densidad del aceite esencial tomando en cuenta el volumen y la masa del aceite esencial dentro del picnómetro.

3.6.5.3. Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas

La GC-MS consiste en inyectar 0,1 microlitros de aceite esencial dentro del cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas, este método es útil para la identificación de los compuestos presentes en el aceite esencial por medio de iones que comparan su peso molecular con el del patrón utilizado y luego se gráfica en un cromatograma.

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

El índice de refracción es la relación que existe entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción de un rayo luminoso, de una longitud de onda determinada, que pasa del aire a la sustancia en examen. Esta se mantiene a una temperatura constante y determinada.

El método para la obtención del índice de refracción se basa en la medida directa del ángulo de refracción; o bien, en la observación del límite de reflexión total. El índice de refracción es una magnitud exclusiva de cada aceite esencial y que cambia si se diluye o mezcla con otras soluciones.

El objetivo de realizar la GC-MS fue evaluar el contenido de 1,8-cineol y la composición química del aceite esencial de cardamomo. En los apéndices del 15 al 23, se encuentra la búsqueda del componente químico más probable en cada pico de los cromatogramas realizados para tres calidades de cardamomo para tres tiempos de extracción, el 1,8-cineol está referido como eucaliptol siendo este uno de los componentes mayoritarios del aceite esencial.

3.7. Diseño de tratamientos

Para la parte experimental de la investigación se realizó un modelo de diseño bifactorial completamente aleatorizado en el que se evaluó el método de hidrodestilación para una especie cardamomo pergamino en función de tres calidades (primera, segunda y tercera) y con base a tres tiempos extractivos (120, 180 y 240 min).

Se procedió a reducir el tamaño de partícula del cardamomo por medio de un molino de discos y posteriormente se realizó un análisis granulométrico evaluando el porcentaje de retención a través de una batería de tamices de 3/8", 4, 8, 10, 16, 20,30 para una muestra de 100 gramos de cardamomo pergamino molido.

Para el método de hidrodestilación a escala laboratorio se empleó el equipo Neoclevenger, se utilizó para cada tratamiento un lote de 50 gramos de materia deshidratada molida y se agregó agua desmineralizada en una relación de 1:10 (peso materia prima/volumen agua) para el cardamomo.

El tiempo extractivo se trabajará a partir de un tiempo arbitrario de dos horas de extracción, luego se trabajará para tres y cuatro horas para cada calidad de cardamomo. Posterior a la obtención del aceite esencial de cardamomo, se procedió a realizar una GC-MS para conocer la composición química del aceite esencial y conocer su contenido de 1,8-cineol, en la búsqueda de los componentes del aceite esencial en la GC-MS el 1,8-cineol es referido como eucaliptol, ya que este es su nombre sistemático y comercial.

Por último se determinó el índice de refracción y la densidad del aceite esencial de cardamomo.

3.8. Recolección y ordenamiento de datos

En el presente estudio se recolectaron y ordenaron los datos obtenidos de la experimentación correspondiente, los cuales fueron porcentaje de humedad, análisis granulométrico, extracción del aceite esencial, índice de refracción, densidad y composición química obtenida por GC-MS, siendo estos los siguientes:

Tabla XIII. **Porcentaje de humedad de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad**

Calidad	Corrida	Humedad (%)
Primera	1	8,90
	2	9,17
	3	9,10
Segunda	1	8,65
	2	8,18
	3	8,54
Tercera	1	7,30
	2	6,90
	3	7,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Análisis granulométrico de cardamomo de primera calidad**

Tamiz	Diámetro (mm)	Masa retenida (g)
3/8"	9,55	1,16
4	4,75	29,95
8	2,36	39,19
10	2,00	18,05
16	1,18	7,79
20	0,85	2,57
30	0,60	1,28
Fondo	-	0,01

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Análisis granulométrico de cardamomo de segunda calidad**

Tamiz	Diámetro (mm)	Masa retenida (g)
3/8"	9,55	3,55
4	4,75	31,18
8	2,36	47,56
10	2,00	12,33
16	1,18	3,72
20	0,85	0,66
30	0,60	0,49
Fondo	-	0,51

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Análisis granulométrico de cardamomo de tercera calidad**

Tamiz No.	Diámetro (mm)	Masa retenida (g)
3/8"	9,55	1,75
4	4,75	31,37
8	2,36	40,24
10	2,00	18,33
16	1,18	6,30
20	0,85	0,90
30	0,60	0,60
Fondo	-	0,51

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Extracción del aceite esencial de cardamomo de primera calidad**

Tiempo de extracción (min)	Tara (g)	Peso final (g)	Masa aceite (g)	Materia prima (g)	Rendimiento (%)
120	7,2241	9,2674	2,04	50,06	4,082
	7,2072	9,1187	1,91	50,02	3,821
	7,1680	9,0797	1,91	50,04	3,820
180	7,2300	9,2400	2,01	50,06	4,015
	7,2300	9,2900	2,06	50,01	4,119
	7,2305	9,4130	2,18	50,04	4,362
240	7,1700	9,3300	2,16	50,07	4,314
	7,2819	9,4838	2,20	50,01	4,403
	7,2469	9,5364	2,29	50,03	4,576

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Extracción del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad**

Tiempo de extracción (min)	Tara (g)	Peso final (g)	masa aceite (g)	materia prima (g)	Rendimiento (%)
120	3,5800	5,2000	1,62	50,07	3,235
	3,6001	5,2366	1,64	50,08	3,268
	3,5900	5,2300	1,64	50,09	3,274
180	7,1800	9,1100	1,93	50,04	3,857
	7,2267	9,1031	1,88	50,06	3,748
	7,2097	9,0741	1,86	50,00	3,729
240	7,1900	9,1200	1,93	50,02	3,858
	7,2375	9,1888	1,95	50,08	3,896
	7,2525	9,2171	1,96	50,01	3,928

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Extracción del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad**

Tiempo de extracción (min)	Tara (g)	Peso final (g)	Masa aceite (g)	materia prima (g)	Rendimiento (%)
120	3,6238	5,2885	1,66	50,00	3,329
	3,6057	5,1254	1,52	50,02	3,038
	3,6101	5,0426	1,43	50,04	2,863
180	7,2169	8,9097	1,69	50,04	3,383
	3,6400	5,2000	1,56	50,00	3,120
	3,6100	5,2300	1,62	50,00	3,240

Continuación de la tabla XIX.

240	7,2048	8,8879	1,68	50,04	3,364
	7,2298	8,8553	1,63	50,02	3,250
	7,3241	9,1759	1,85	50,02	3,702

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Composición química del aceite esencial de cardamomo de primera calidad para un tiempo de extracción de 120 minutos obtenida por GC-MS

No.	Tiempo de retención (min)	% Área	Componente químico	Número CAS
1	14,234	31,87	1,8-cineol (eucaliptol)	000470-82-6
2	33,447	24,62	Terpinoleno	000586-62-9
3	33,57	11,65	Biciclo[4.1.0]hept-2-eno 3,7,7-trimetil	000554-61-0
4	27,27	7,30	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-	000078-70-6
5	10,813	3,41	Biciclo[3.1.0] hex-2-ene,4-metil-1-(1-metil etil)-	028634-89-1
6	27,688	2,82	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-2-aminobenzoato	007149-26-0
7	26,64	2,59	3-Ciclohexen-1-ol, 4-metil-1-(1-m etil etil)-	000562-74-3
8	38,564	2,35	2,6-Octadienol, 2,7-dimetil	000624-15-7
9	13,515	2,31	Limoneno	000138-86-3
10	8,116	1,29	a-pineno	000080-56-8

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Composición química del aceite esencial de cardamomo de primera calidad para un tiempo de extracción de 180 minutos obtenida por GC-MS**

No.	Tiempo de retención (min)	% Área	Componente químico	Número CAS
1	14,22	31,23	1,8-cineol (eucaliptol)	000470-82-6
2	33,447	23,94	Terpinoleno	000586-62-9
3	33,561	12,71	Biciclo[4.1.0]hept-2-eno 3,7,7-trimetil	000554-61-0
4	27,265	6,67	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-	000078-70-6
5	10,813	3,66	Biciclo[3.1.0] hex-2-ene,4-metil-1-(1-metil etil)-	028634-89-1
6	27,679	2,80	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-2-aminobenzoato	007149-26-0
7	13,519	2,62	Limoneno	000138-86-3
8	29,64	2,47	3-Ciclohexen-1-ol, 4-metil-1-(1-m etil etil)-	000562-74-3
9	38,56	2,19	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimetil-	000624-15-7
10	8,116	1,55	a-pineno	000080-56-8

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Composición química del aceite esencial de cardamomo de primera calidad para un tiempo de extracción de 240 minutos obtenida por GC-MS**

No.	Tiempo de retención (min)	% Área	Componente químico	Número CAS
1	14,22	31,01	1,8-cineol (eucaliptol)	000470-82-6

Continuación de la tabla XXII.

2	33,451	24,56	Terpinoleno	000586-62-9
3	33,574	12,24	Biciclo[4.1.0]hept-2-eno 3,7,7-trimetil	000554-61-0
4	27,27	6,79	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-	000078-70-6
5	10,813	3,46	Biciclo[3.1.0] hex-2-ene,4-metil-1-(1-metil etil)-	028634-89-1
6	27,684	2,67	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-2-aminobenzoato	007149-26-0
7	29,649	2,62	3-Ciclohexen-1-ol, 4-metil-1-(1-m etil etil)-	000562-74-3
8	13,506	2,61	Limoneno	000138-86-3
9	38,564	2,13	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimetil-	000624-15-7
10	8,116	1,55	α -pineno	000080-56-8

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Composición química del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad para un tiempo de extracción de 120 minutos obtenida por GC-MS**

No.	Tiempo de retención (min)	% Área	Componente químico	Número CAS
1	14,229	33,63	1,8-cineol (eucaliptol)	000470-82-6
2	33,42	22,97	Terpinoleno	000586-62-9
3	33,538	11,7	Biciclo[4.1.0]hept-2-eno 3,7,7-trimetil	000554-61-0
4	27,265	7,08	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-	000078-70-6
5	10,809	3,39	Biciclo[3.1.0] hex-2-ene,4-metil-1-(1-metil etil)-	028634-89-1
6	27,679	2,95	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-2-aminobenzoato	007149-26-0
7	29,635	2,64	3-Ciclohexen-1-ol, 4-metil-1-(1-m etil etil)-	000562-74-3
8	13,51	2,24	Limoneno	000138-86-3

Continuación de la tabla XXII.

9	38,551	2,11	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimetil-	000624-15-7
10	8,111	1,35	a-pineno	000080-56-8

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. Composición química del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad para un tiempo de extracción de 180 minutos obtenida por GC-MS

No.	Tiempo de retención (min)	% Área	Componente químico	Número CAS
1	33,738	36,18	Terpinoleno	000586-62-9
2	14,334	27,88	1,8-cineol (eucaliptol)	000470-82-6
3	27,311	6,78	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-2-aminobenzoato	007149-26-0
4	10,84	3,80	Biciclo[4.1.0]hept-2-eno 3,7,7-trimetil	000554-61-0
5	27,743	3,29	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-2-aminobenzoato	007149-26-0
6	13,606	2,89	Limoneno	000138-86-3
7	29,676	2,78	3-Ciclohexen-1-ol, 4-metil-1-(1-m etil etil)-	000562-74-3
8	38,587	2,16	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimetil-	000624-15-7
9	8,129	1,71	a-pineno	000080-56-8
10	34,557	1,57	2,6-Octadienal, 3,7-dimetil-	000141-27-5

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Composición química del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad para un tiempo de extracción de 240 minutos obtenida por GC-MS**

No.	Tiempo de retención (min)	% Área	Componente químico	Número CAS
1	14,22	30,13	1,8-cineol (eucaliptol)	000470-82-6
2	33,461	25,08	Terpinoleno	000586-62-9
3	33,583	12,23	Biciclo[4.1.0]hept-2-eno 3,7,7-trimetil	000554-61-0
4	27,265	6,55	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-	000078-70-6
5	10,813	3,42	Biciclo[3.1.0] hex-2-ene,4-metil-1-(1-metil etil)-	028634-89-1
6	27,688	2,96	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-2-aminobenzoato	007149-26-0
7	13,519	2,69	Limoneno	000138-86-3
8	29,644	2,67	3-Ciclohexen-1-ol, 4-metil-1-(1-m etil etil)-	000562-74-3
9	38,56	1,91	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimetil-	000624-15-7
10	8,116	1,60	a-pineno	000080-56-8

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Composición química del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad para un tiempo de extracción de 120 minutos obtenida por GC-MS**

No.	Tiempo de retención (min)	% Área	Componente químico	Número CAS
1	33,561	32,79	Terpinoleno	000586-62-9
2	14,261	27,67	1,8-cineol (eucaliptol)	000470-82-6

Continuación de la tabla XXVI.

3	27,384	7,27	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-	000078-70-6
4	10,872	3,83	Biciclo[3.1.0] hex-2-ene,4-metil-1-(1-metil etil)-	028634-89-1
5	27,829	3,62	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-2-aminobenzoato	007149-26-0
6	29,735	3,17	3-Ciclohexan-1-ol, 4-metil-1-(1-m etil etil)-	020126-76-5
7	13,619	3,02	Limoneno	000138-86-3
8	38,632	2,55	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimetil-	000624-15-7
9	12,05	2,15	Etanona, 1-ciclopropil-2-(4-piridinil) -	006580-95-6
10	8,134	1,68	a-pineno	000080-56-8

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Composición química del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad para un tiempo de extracción de 180 minutos obtenida por GC-MS**

No.	Tiempo de retención (min)	% Área	Componente químico	Número CAS
1	14,216	33,93	1,8-cineol (eucaliptol)	000470-82-6
2	33,443	23,02	Terpinoleno	000586-62-9
3	33,575	11,47	Biciclo[4.1.0]hept-2-eno 3,7,7-trimetil	000554-61-0
4	27,266	6,14	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-	000078-70-6
5	13,51	3,72	Limoneno	000138-86-3
6	10,813	3,22	Biciclo[3.1.0] hex-2-ene,4-metil-1-(1-metil etil)-	028634-89-1
7	27,689	3,01	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-acetato	000115-95-7

Continuación tabla XXIV

8	29,64	2,40	3-Ciclohexan-1-ol, 4-metil-1-(1-m etil etil)-	020126-76-5
9	38,551	1,76	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimetil-	000624-15-7
10	8,116	1,41	a-pineno	000080-56-8

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Composición química del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad para un tiempo de extracción de 240 minutos obtenida por GC-MS**

No.	Tiempo de retención (min)	% Área	Componente químico	Número CAS
1	14,211	28,68	1,8-cineol (eucaliptol)	000470-82-6
2	33,461	25,31	Ciclohexano, 1-metil-4-(1-metil-etil-dieno)	000586-62-9
3	33,588	12,46	Biciclo[4.1.0]hept-2-eno 3,7,7-trimetil	000554-61-0
4	27,265	6,28	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-acetato	000115-95-7
5	10,813	3,66	Biciclo[3.1.0] hex-2-ene,4-metil-1-(1-metil etil)-	028634-89-1
6	27,688	3,2	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-acetato	000115-95-7
7	13,501	2,86	Limoneno	000138-86-3
8	29,64	2,45	3-Ciclohexan-1-ol, 4-metil-1-(1-m etil etil)-	020126-76-5
9	12,032	2,22	.Beta.-mirceno	000123-35-3
10	8,12	1,74	a-pineno	000080-56-8

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Densidad del aceite esencial de cardamomo de primera calidad**

Tiempo de extracción (min)	Tara picnómetro (g)	Aceite + picnómetro (g)	Peso aceite (g)	Volumen picnómetro (mL)	Densidad (g/mL)
120	3,2950	4,2976	1,0026	1,088	0,9215
	3,2950	4,2974	1,0024	1,088	0,9213
	3,2950	4,2970	1,0020	1,088	0,9210
180	3,2950	4,2962	1,0012	1,088	0,9202
	3,2950	4,2956	1,0006	1,088	0,9197
	3,2950	4,2959	1,0009	1,088	0,9199
240	3,2950	4,2933	0,9983	1,088	0,9176
	3,2950	4,2938	0,9988	1,088	0,9180
	3,2950	4,2934	0,9984	1,088	0,9176

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Densidad del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad**

Tiempo de extracción (min)	Tara picnómetro (g)	Aceite + picnómetro (g)	Peso aceite (g)	Volumen picnómetro (mL)	Densidad (g/mL)
120	3,2950	4,2959	1,0009	1,088	0,9199
	3,2950	4,2965	1,0015	1,088	0,9295
	3,2950	4,2965	1,0015	1,088	0,9205
180	3,2950	4,2968	1,0018	1,088	0,9208
	3,2950	4,2968	1,0018	1,088	0,9208
	3,2950	4,2967	1,0017	1,088	0,9207

Continuación de la tabla XXX.

240	3,2950	4,2980	1,0030	1,088	0,9219
	3,2950	4,2988	1,0038	1,088	0,9226
	3,2950	4,2984	1,0034	1,088	0,9222

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Densidad del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad**

Tiempo de extracción (min)	Tara picnómetro (g)	Aceite + picnómetro (g)	Peso aceite (g)	Volumen picnómetro (mL)	Densidad (g/mL)
120	3,2950	4,2972	1,0022	1,088	0,9211
	3,2950	4,2972	1,0022	1,088	0,9211
	3,2950	4,2974	1,0024	1,088	0,9213
180	3,2950	4,3008	1,0058	1,088	0,9244
	3,2950	4,3002	1,0052	1,088	0,9239
	3,2950	4,3000	1,0050	1,088	0,9237
240	3,2950	4,2960	1,0010	1,088	0,9200
	3,2950	4,2965	1,0015	1,088	0,9205
	3,2950	4,2964	1,0014	1,088	0,9204

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de primera calidad**

Tiempo de extracción (min)	Corrida	Índice de refracción
120	1	1,4635
	2	1,4635
	3	1,4635
180	1	1,4630
	2	1,4630
	3	1,4630
240	1	1,4620
	2	1,4620
	3	1,4620

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad**

Tiempo de extracción (min)	Corrida	Índice de refracción
120	1	1,4625
	2	1,4625
	3	1,4625
180	1	1,4630
	2	1,4630
	3	1,4630
240	1	1,4625
	2	1,4635
	3	1,4635

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad**

Tiempo de extracción (min)	Corrida	Índice de refracción
120	1	1,4630
	2	1,4630
	3	1,4630
180	1	1,4635
	2	1,4630
	3	1,4630
240	1	1,4635
	2	1,4635
	3	1,4640

Fuente: elaboración propia.

3.9. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

En la sección de tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información obtenida de la experimentación correspondiente al estudio. Se obtuvo las siguientes tablas porcentaje de humedad, extracción del aceite esencial, índice de refracción, densidad y composición química obtenida por GC-MS.

Tabla XXXV. **Porcentaje de humedad de cardamomo**

Calidad	Corrida	Humedad (%)	Promedio (%)	Desviación estándar
Primera	1	8,90	9,06	0,1401
	2	9,17		
	3	9,10		

Continuación de la tabla XXXV.

Segunda	1	8,65	8,46	0,2458
	2	8,18		
	3	8,54		
Tercera	1	7,30	7,23	0,3055
	2	6,90		
	3	7,50		

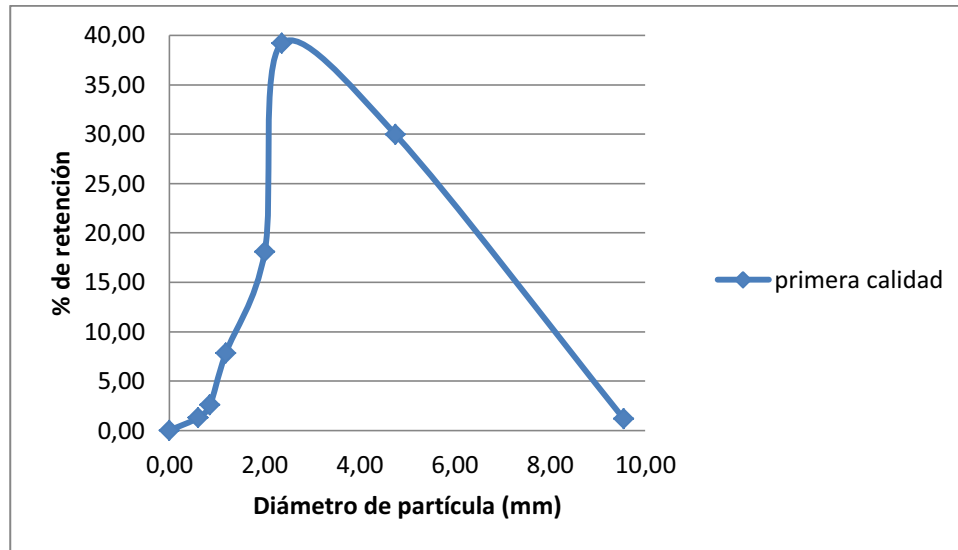
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Análisis granulométrico de cardamomo de primera calidad**

Tamiz	Diámetro (mm)	Masa retenida (g)	% de retención
3/8"	9.55	1.16	1.16
4	4.75	29.95	29.95
8	2.36	39.19	39.19
10	2.00	18.05	18.05
16	1.18	7.79	7.79
20	0.85	2.57	2.57
30	0.60	1.28	1.28
Fondo	-	0.01	0.01

Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Análisis granulométrico de cardamomo de primera calidad**



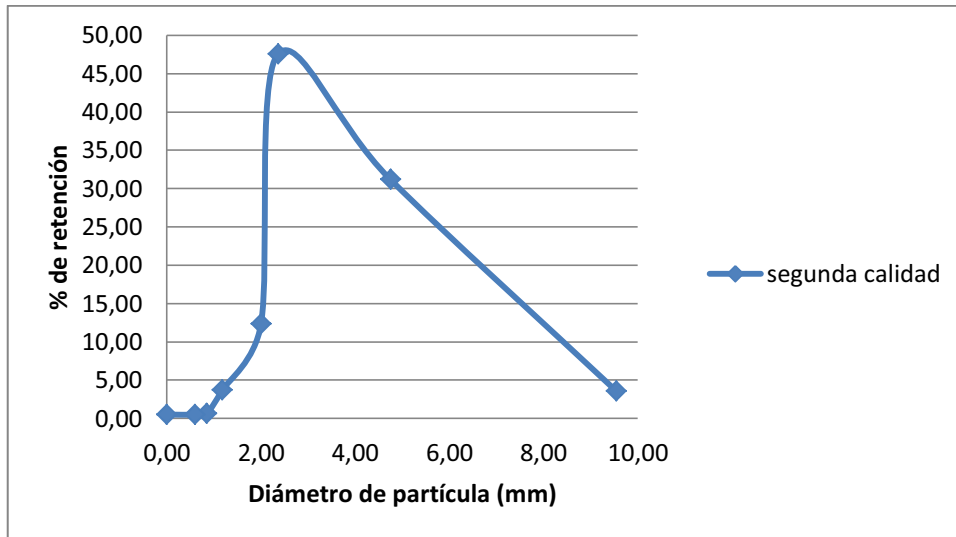
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Análisis granulométrico de cardamomo de segunda calidad**

Tamiz	Diámetro (mm)	Masa retenida (g)	% de retención
3/8"	9,55	3,55	3,55
4	4,75	31,18	31,18
8	2,36	47,56	47,56
10	2,00	12,33	12,33
16	1,18	3,72	3,72
20	0,85	0,66	0,66
30	0,60	0,49	0,49
Fondo	-	0,51	0,51

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Análisis granulométrico de cardamomo de segunda calidad**



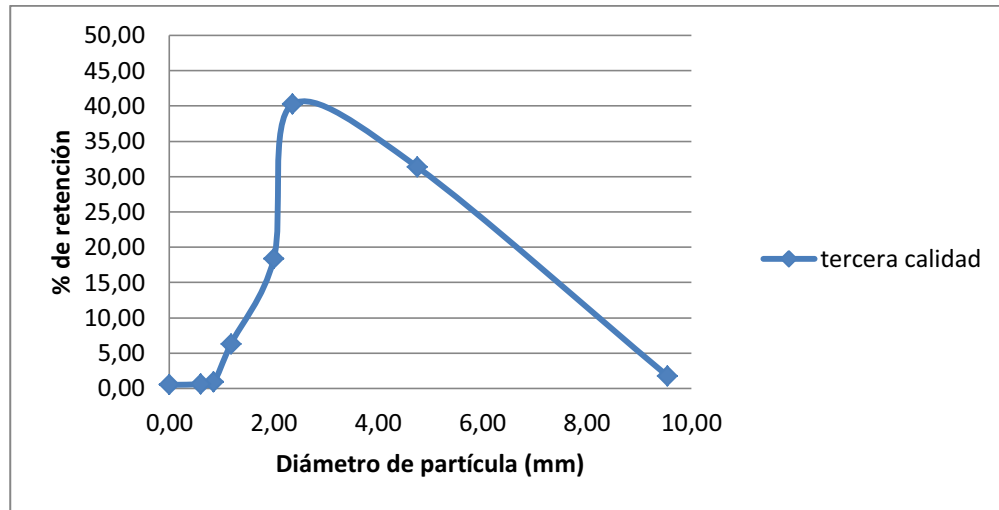
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Análisis granulométrico de cardamomo de tercera calidad**

Tamiz	diámetro (mm)	masa retenida (g)	% de retención
3/8"	9,55	1,75	1,75
4	4,75	31,37	31,37
8	2,36	40,24	40,24
10	2,00	18,33	18,33
16	1,18	6,30	6,30
20	0,85	0,90	0,90
30	0,60	0,60	0,60
Fondo	0	0,51	0,51

Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Análisis granulométrico de cardamomo de tercera calidad**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Extracción del aceite esencial de cardamomo de primera calidad**

Tiempo de extracción (min)	Rendimiento extractivo másico (%)	Promedio (%)	Desviación estándar
120	4,082	3,908	0,1505
	3,821		
	3,820		
180	4,015	4,165	0,1777
	4,119		
	4,362		
240	4,314	4,431	0,1333
	4,403		
	4,576		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Extracción del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad**

Tiempo de extracción (min)	Rendimiento extractivo másico (%)	Promedio (%)	Desviación estándar
120	3,235	3,259	0,0207
	3,268		
	3,274		
180	3,857	3,778	0,0690
	3,748		
	3,729		
240	3,858	3,894	0,0350
	3,896		
	3,928		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Extracción del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad**

Tiempo de extracción (min)	Rendimiento extractivo másico (%)	Promedio (%)	Desviación estándar
120	3,329	3,077	0,2357
	3,038		
	2,863		
180	3,383	3,248	0,1316
	3,120		
	3,240		

Continuación de la tabla XLI.

240	3,364	3,438	0,2353
	3,250		
	3,702		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo de primera calidad**

Tiempo de extracción (min)	Rendimiento extractivo volumétrico (mL)	Promedio (%)	Desviación estándar
120	2,2173	2,1226	0,0820
	2,0747		
	2,0758		
180	2,1843	2,2655	0,0967
	2,2399		
	2,3724		
240	2,3541	2,4159	0,0720
	2,3985		
	2,4950		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad**

Tiempo de extracción (min)	Rendimiento extractivo volumétrico (mL)	Promedio (%)	Desviación estándar
120	1.7610	1.6748	0.1674
	1.4819		
	1.7816		
180	2.0961	2.0530	0.0379
	2.0379		
	2.0250		
240	2.0936	2.1129	0.0184
	2.1150		
	2.1302		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad**

Tiempo de extracción (min)	Rendimiento extractivo volumétrico (mL)	Promedio (%)	Desviación estándar
120	1,8072	1,6706	0,1275
	1,6498		
	1,5548		
180	1,8311	1,7578	0,0714
	1,6885		
	1,7538		

Continuación de la tabla XLIV.

240	1,8294	1,8691	0,1277
	1,7659		
	2,0119		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Densidad del aceite esencial de cardamomo de primera calidad**

Tiempo de extracción (min)	Densidad (g/mL)	Promedio (%)	Desviación estándar
120	0,9215	0,9213	0,0002808
	0,9213		
	0,9210		
180	0,9202	0,9199	0,0002757
	0,9197		
	0,9199		
240	0,9176	0,9177	0,0002432
	0,9180		
	0,9176		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Densidad del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad**

Tiempo de extracción (min)	Densidad (g/mL)	Promedio (%)	Desviación estándar
120	0,9199	0,9203	0,0003183
	0,0205		
	0,9205		
180	0,9208	0,9207	5,307E-05
	0,9208		
	0,9207		
240	0,9219	0,9222	0,0003676
	0,9226		
	0,9222		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Densidad del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad**

Tiempo de extracción (min)	Densidad (g/mL)	Promedio (%)	Desviación estándar
120	0,9211	0,9212	0,0001061
	0,9211		
	0,9213		
180	0,9244	0,9240	0,0003827
	0,9239		
	0,9237		

Continuación de la tabla XLVII.

240	0,9200	0,9203	0,0002432
	0,9205		
	0,9204		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de primera calidad**

Tiempo de extracción (min)	Índice de refracción	Promedio (%)	Desviación estándar
120	1,4635	1,4635	0
	1,4635		
	1,4635		
180	1,4630	1,4630	0
	1,4630		
	1,4630		
240	1,4620	1,4620	0
	1,4620		
	1,4620		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. **Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad**

Tiempo de extracción (min)	Índice de refracción	Promedio (%)	Desviación estándar
120	1,4625	1,4625	2,719E-16
	1,4625		
	1,4625		
180	1,4630	1,4630	0
	1,4630		
	1,4630		
240	1,4625	1,4632	0,0005774
	1,4635		
	1,4635		

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad**

Tiempo de extracción (min)	Índice de refracción	Promedio (%)	Desviación estándar
120	1,4630	1,4630	0
	1,4630		
	1,4630		
180	1,4635	1,4632	0,0002887
	1,4630		
	1,4630		

Continuación de la tabla L.

240	1,4635	1,4637	0,0002887
	1,4635		
	1,4640		

Fuente: elaboración propia.

3.10. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó para determinar si existe diferencia significativa entre dos factores independientes los cuales afectan directamente el resultado obtenido del estudio, llevando a cabo un análisis de varianza conocido como ANOVA.

El estudio requiere un análisis bifactorial debido a que se requiere evaluar dos factores los cuales afecten directamente la variable respuesta, que en este caso la variable respuesta es el aceite esencial de cardamomo. Los dos factores a evaluar son: la calidad de cardamomo pergamino y los tiempos de extracción.

Tabla LI. Experimento de dos factores

FACTOR A	FACTOR B			Total	Media
	120 min	180 min	240 min		
PRIMERA CALIDAD	Y_{111}	Y_{121}	Y_{131}	$T_{1..}$	$X_{1..}$
	Y_{112}	Y_{122}	Y_{132}		
	Y_{113}	Y_{123}	Y_{133}		

Continuación de la tabla LI.

SEGUNDA CALIDAD	Y_{211}	Y_{221}	Y_{231}	$T_{2..}$	$X_{2..}$
	Y_{212}	Y_{222}	Y_{232}		
	Y_{213}	Y_{223}	Y_{233}		
TERCERA CALIDAD	Y_{311}	Y_{321}	Y_{331}	$T_{3..}$	$X_{3..}$
	Y_{312}	Y_{322}	Y_{332}		
	Y_{313}	Y_{323}	Y_{333}		
Total	$T_{.1.}$	$T_{.2.}$	$T_{.3.}$	$T_{...}$	
Media	$X_{.1.}$	$X_{.2.}$	$X_{.3.}$		$X_{...}$

Fuente: Raymond, Walpole. Probabilidad y estadística.

Donde:

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

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

$T_{...}$ = suma de todas las abn observaciones

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

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

$X_{...}$ = media de todas las abn observaciones.

A = calidad del grano de cardamomo

B = tipo de grano de cardamomo

3.10.1. Análisis de varianza (ANOVA)

Esta técnica estadística consiste en que cada nivel de un factor se combina con cada uno de los niveles de los otros factores evaluados, para formar los tratamientos. Este tipo de diseño permite evaluar los efectos de las interacciones llevadas a cabo.

- Determinación de la suma de cuadrados

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

$$SSB = \frac{\sum_{j=1}^b T^2 \cdot j}{an} - \frac{T^2 \dots}{abn} \quad SSE = SST - SSA - SSB - SS(AB)$$

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

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

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

Fuente: Raymond, Walpole. Probabilidad y estadística.

Según los resultados del análisis de varianza (ANOVA), para evaluar el rechazo o aceptación de las hipótesis estadísticas planteadas, se empleará una distribución de Fisher con un nivel de confianza del 95 por ciento para encontrar el valor del F crítico y así lograr una comparación con la F calculada. Se empleó el siguiente criterio:

- Siendo F calculada mayor a la F crítica se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa y viceversa.

3.10.2. Análisis de varianza de dos factores para el rendimiento extractivo

Se realizó un análisis de varianza para evaluar el efecto que tienen los factores de calidad y tiempo extractivo en el rendimiento extractivo másico del aceite esencial de cardamomo, obteniendo las tablas siguientes:

Tabla LIII. Experimento de dos factores para el rendimiento extractivo másico

RENDIMIENTO EXTRACTIVO MÁSIKO					
	Factor B			Total	Media
Factor A	120 min	180 min	240 min		
Primera Calidad	4,082	4,015	4,314	37,51	4,17
	3,821	4,119	4,403		
	3,820	4,362	4,576		
Segunda Calidad	3,235	3,857	3,858	32,79	3,64
	3,268	3,748	3,896		
	3,274	3,729	3,928		

Continuación de la tabla LIII.

Tercera Calidad	3,329	3,383	3,364	29,29	3,25
	3,038	3,120	3,250		
	2,863	3,240	3,702		
Total	30,73	33,57	35,29	199,19	
Media	3,41	3,73	3,92		3,69

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. **Análisis de varianza del rendimiento extractivo másico**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Calidad de Cardamomo	3,7847	2	1,8923	82,380	8,72E-10	3,5546
Tiempo de Extracción	1,1788	2	0,5894	25,659	5,37E-06	3,5546
Interacción	0,1146	4	0,0287	1,2478	3,26E-01	2,9277
Dentro del grupo	0,4135	18	0,0230			
Total	5,4916	26				

Fuente: elaboración propia.

3.10.3. Análisis de varianza de dos factores para el rendimiento extractivo volumétrico

Se realizó un análisis de varianza para evaluar el efecto que tienen los factores de calidad y tiempo extractivo en el rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo, obteniendo las tablas siguientes:

Tabla LV. Experimento de dos factores para el rendimiento extractivo volumétrico

RENDIMIENTO EXTRACTIVO VOLUMÉTRICO					
	Factor B				
Factor A	120 min	180 min	240 min	Total	Media
Primera Calidad	2,217	2,184	2,354	20,41	2,27
	2,075	2,240	2,399		
	2,076	2,372	2,495		
Segunda Calidad	1,761	2,096	2,094	17,82	1,98
	1,778	2,037	2,115		
	1,782	2,025	2,130		
Tercera Calidad	1,807	1,831	1,829	15,89	1,77
	1,650	1,688	1,766		
	1,555	1,754	2,012		
Total	16,70	18,23	19,19	108,25	
Media	1,86	2,03	2,13		2,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVI. Análisis de varianza del rendimiento extractivo volumétrico

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Calidad de Cardamomo	1,1431	2	0,5715	84,5747	7,043E-10	3,5546
Tiempo de Extracción	0,3513	2	0,1756	25,9918	4,926E-06	3,5546
Interacción	0,0340	4	0,0085	1,2585	3,224E-01	2,9277

Continuación de la tabla LVI.

Dentro del grupo	0,1216	18	0,0068
Total	1,6500	26	

Fuente: elaboración propia.

3.10.4. Análisis de varianza de dos factores para la densidad

Se realizó un análisis de varianza para evaluar el efecto que tienen los factores de calidad y tiempo extractivo en la densidad del aceite esencial de cardamomo, obteniendo las tablas siguientes:

Tabla LVII. Experimento de dos factores para la densidad

DENSIDAD					
	Factor B				
Factor A	120 min	180 min	240 min	Total	Media
Primera Calidad	0,9215	0,9202	0,9176	8,28	0,92
	0,9213	0,9197	0,9180		
	0,9210	0,9199	0,9176		
Segunda Calidad	0,9199	0,9208	0,9219	8,29	0,92
	0,9205	0,9208	0,9226		
	0,9205	0,9207	0,9222		
Tercera Calidad	0,9211	0,9244	0,9200	8,30	0,92
	0,9211	0,9239	0,9205		
	0,9213	0,9237	0,9204		

Continuación de la tabla LVIII.

Total	8,2883	8,2941	8,2809	49,73	
Media	0,9209	0,9216	0,9201		0,92

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVIII. **Análisis de varianza de la densidad**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Calidad de Cardamomo	2,24E-05	2	1,12E-05	150,6681	5,74E-12	3,5546
Tiempo de Extracción	9,78E-06	2	4,89E-06	65,6849	5,36E-09	3,5546
Interacción	3,79E-05	4	9,47E-06	127,1471	6,18E-13	2,9277
Dentro del grupo	1,34E-06	18	7,45E-08			
Total	7,14E-05	26				

Fuente: elaboración propia.

3.10.5. Análisis de varianza de dos factores para el índice de refracción

Se realizó un análisis de varianza para evaluar el efecto que tienen los factores de calidad y tiempo extractivo en el índice de refracción del aceite esencial de cardamomo, obteniendo las tablas siguientes:

Tabla LIX. Experimento de dos factores para el índice de refracción

ÍNDICE DE REFRACCIÓN					
	Factor B			Total	Media
Factor A	120 min	180 min	240 min		
Primera Calidad	1,4635	1,4630	1,4620	4,39	1,46
Segunda Calidad	1,4625	1,4630	1,4625	4,39	1,46
Tercera Calidad	1,4630	1,4635	1,4635	4,39	19,02
Total	19,02	19,02	19,02	57,06	
Media	3,80	3,80	3,80		4,83

Fuente: elaboración propia.

Tabla LX. Análisis de varianza del índice de refracción

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Calidad de Cardamomo	7,22E-07	2	3,61E-07	1,3	0,3673	6,9443
Tiempo de Extracción	3,89E-07	2	1,94E-07	0,7	0,5487	6,9443
Error	1,11E-06	4	2,78E-07			
Total	2,22E-06	8				

Fuente: elaboración propia

4. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos para el rendimiento extractivo, rendimiento volumétrico, contenido de 1,8-cineol (eucaliptol), índice de refracción y densidad del aceite esencial de cardamomo con base a cada calidad y en función del tiempo extractivo.

Tabla LXI. **Rendimiento extractivo másico del aceite esencial de cardamomo de primera calidad con base seca a tres tiempos de extracción**

Tiempo de extracción (min)	Rendimiento extractivo másico (%)
120	3,900 ± 0,1506
180	4,165 ± 0,1777
240	4,431 ± 0,1334

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXII. **Rendimiento extractivo másico del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad con base seca a distintos a tres tiempos de extracción**

Tiempo de extracción (min)	Rendimiento extractivo másico (%)
120	3,259 ± 0,021
180	3,778 ± 0,069
240	3,894 ± 0,035

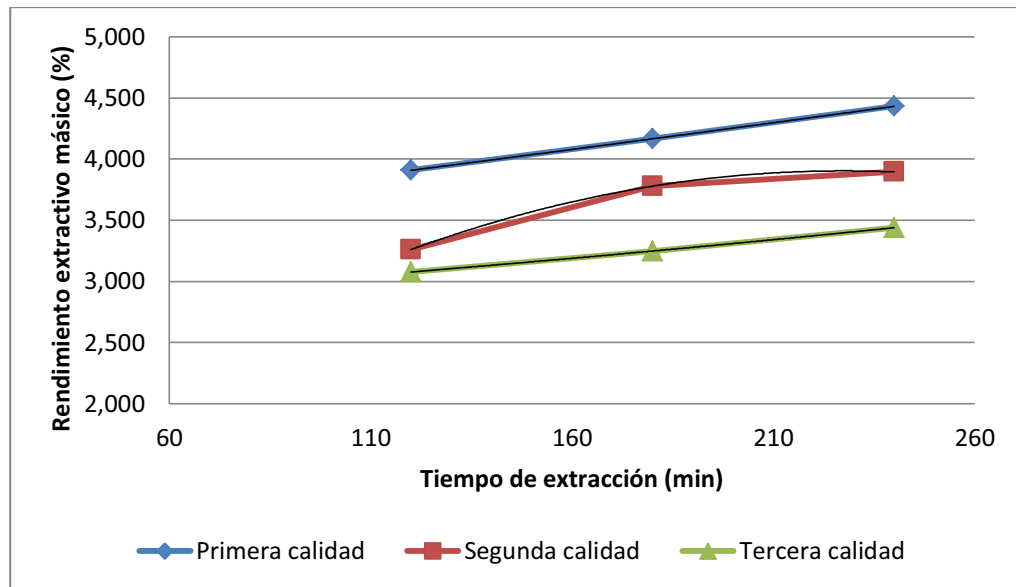
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIII. **Rendimiento extractivo másico del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad con base seca a tres tiempos de extracción**

Tiempo de extracción (min)	Rendimiento extractivo másico (%)
120	3,077 ± 0,2357
180	3,248 ± 0,1316
240	3,438 ± 0,2353

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Rendimiento extractivo másico del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad con base seca en función del tiempo de extracción**



Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIV. **Modelo matemático y coeficiente de correlación del rendimiento extractivo másico del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad con base seca en función del tiempo de extracción**

Color	Calidad	Modelo matemático	R ²
■	Primera	$R=1E-06t^2+0,00393t+3,4179$	1
■	Segunda	$R=6E-06t^2+0,0254t+1,0139$	1
■	Tercera	$R=3E-06t^2+0,002t+2,7949$	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXV. **Rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo de primera calidad con base seca a tres tiempos de extracción**

Tiempo de extracción (min)	Rendimiento extractivo volumétrico (mL)
120	2,1226 ± 0,0820
180	2,2655 ± 0,0967
240	2,4159 ± 0,0720

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVI. **Rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad con base seca a tres tiempos de extracción**

Tiempo de extracción (min)	Rendimiento extractivo volumétrico (mL)
120	1,6748 ± 0,1674
180	2,0530 ± 0,0379
240	2,1129 ± 0,0184

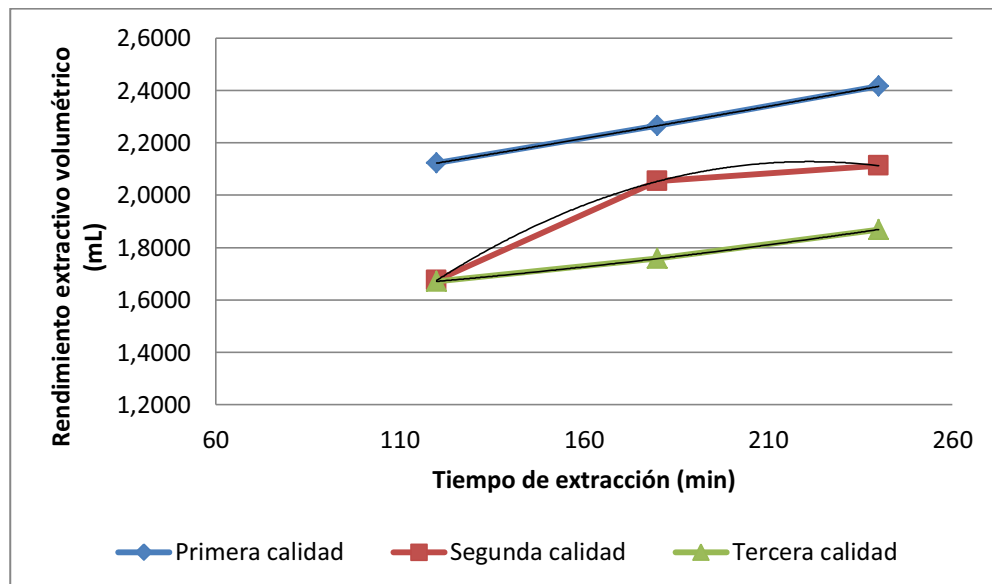
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVII. **Rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad con base seca a tres tiempos de extracción**

Tiempo de extracción (min)	Rendimiento extractivo volumétrico (mL)
120	1,6706 ± 0,1275
180	1,7578 ± 0,0714
240	1,8691 ± 0,1277

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad con base seca en función del tiempo de extracción**



Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVIII. **Modelo matemático y coeficiente de correlación del rendimiento extractivo del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad con base seca en función del tiempo de extracción**

Color	Calidad	Modelo matemático	R ²
	Primera	$R=1E-06t^2+0,0021t+1,859$	1
	Segunda	$R=-3E-05t^2+0,0138t+0,5559$	1
	Tercera	$R=3E-06t^2+0,0005t+1,5684$	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIX. **Contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) en el aceite esencial de cardamomo de primera calidad en función del tiempo de extracción**

Tiempo de extracción (min)	Contenido de 1,8-cineol (% Área)
120	31,87
180	31,23
240	31,01

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXX. **Contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) en el aceite esencial de cardamomo de segunda calidad en función del tiempo de extracción**

Tiempo de extracción (min)	Contenido de 1,8-cineol (% Área)
120	33,63
180	27,88
240	30,13

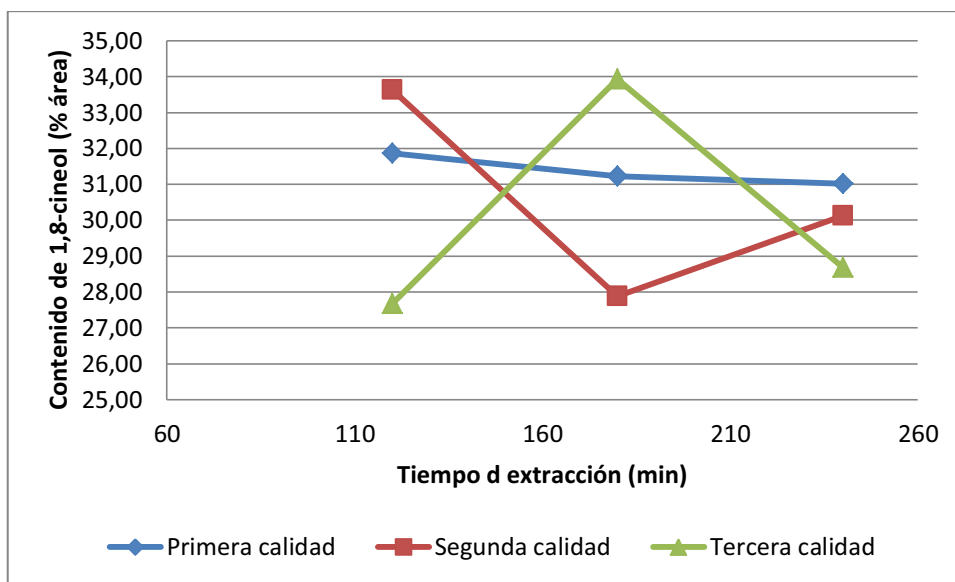
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXI. **Contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) en el aceite esencial de cardamomo de tercera calidad en función del tiempo de extracción**

Tiempo de extracción (min)	Contenido de 1,8-cineol (% Área)
120	27,67
180	33,93
240	28,68

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad en función del tiempo de extracción**



Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXII. **Modelo matemático y coeficiente de correlación del contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad en función del tiempo de extracción**

Color	Calidad	Modelo matemático	R ²
	Primera	$D=6E-05t^2-0,0282t+34,41$	1
	Segunda	$D=0,0011t^2+0,4292t+69,13$	1
	Tercera	$D=-0,0016t^2+0,5839t-19,38$	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIII. **Componentes químicos mayoritarios en el aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad**

No.	Componente químico	Número CAS
1	1,8-cineol (eucaliptol)	000470-82-6
2	Terpinoleno	000586-62-9
3	Biciclo[4.1.0]hept-2-eno 3,7,7-trimetil	000554-61-0

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIV. **Densidad del aceite esencial de cardamomo de primera calidad en función del tiempo de extracción**

Tiempo de extracción (min)	Densidad (g/mL)
120	0,9213 ± 0,0003
180	0,9199 ± 0,0003
240	0,9177 ± 0,0003

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXV. **Densidad del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad en función del tiempo de extracción**

Tiempo de extracción (min)	Densidad (g/mL)
120	0,9203 ± 0,0003
180	0,9207 ± 0
240	0,9222 ± 0,0003

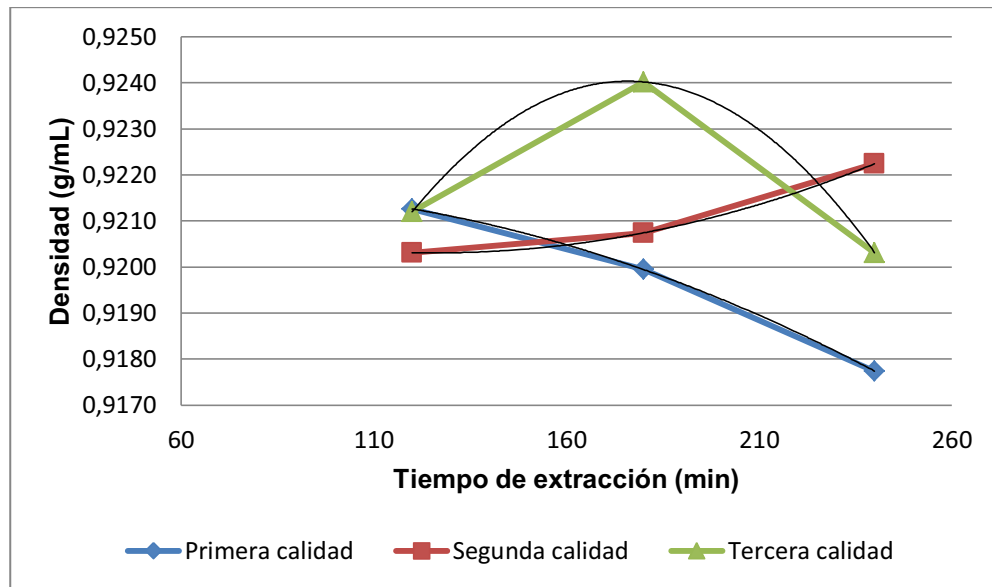
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVI. **Densidad del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad en función del tiempo de extracción**

Tiempo de extracción (min)	Densidad (g/mL)
120	0,9212 ± 0,0001
180	0,9240 ± 0,0004
240	0,9203 ± 0,0003

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Densidad del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad en función del tiempo de extracción**



Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVII. **Modelo matemático y coeficiente de correlación de la densidad del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad en función del tiempo de extracción**

Color	Calidad	Modelo matemático	R ²
	Primera	$D = -1E-07t^2 + 2E-05t + 0,9227$	1
	Segunda	$D = -1E-06t^2 - 4E-05 + 0,9212$	1
	Tercera	$D = -9E-07t^2 + 0,0003 + 0,896$	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVIII. **Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de primera calidad en función del tiempo de extracción**

Tiempo de extracción (min)	Índice de refracción
120	1,4635 ± 0
180	1,4630 ± 0
240	1,4620 ± 0

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIX. **Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad en función del tiempo de extracción**

Tiempo de extracción (min)	Índice de refracción
120	1,4625 ± 0
180	1,4630 ± 0
240	1,4632 ± 0

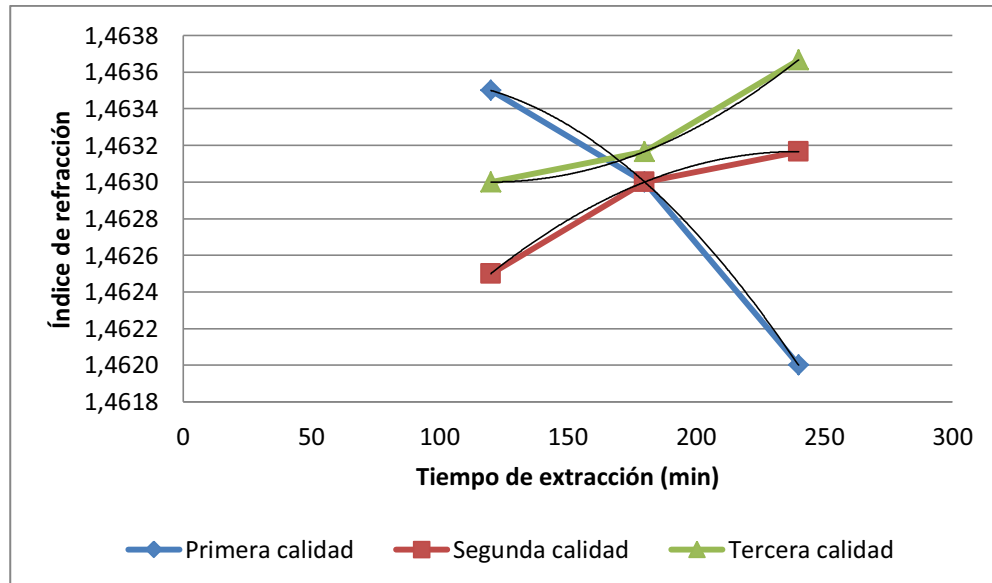
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXX. Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad en función del tiempo de extracción

Tiempo de extracción (min)	Índice de refracción
120	1,4630 ± 0
180	1,4632 ± 0
240	1,4637 ± 0

Fuente: elaboración propia.

Figura 31. Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad en función del tiempo de extracción



Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXI. **Modelo matemático y coeficiente de correlación del índice de refracción aceite esencial de cardamomo de primera, segunda, tercera calidad en función del tiempo de extracción**

Color	Calidad	Modelo matemático	R²
	Primera	I.R. = $7E-08t^2 + 1E-05t + 1,463$	1
	Segunda	I.R. = $-5E-08t^2 + 2E-05t + 1,4605$	1
	Tercera	I.R. = $5E-08t^2 + 1E-05t + 1,4637$	1

Fuente: elaboración propia.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación a nivel de trabajo de graduación consistió en evaluar el rendimiento extractivo másico, rendimiento extractivo volumétrico, contenido de 1,8-cineol (eucaliptol), densidad e índice de refracción del aceite esencial de cardamomo procedente de tres calidades de pergamino (primera, segunda y tercera) en función tres tiempos extractivos (120, 180 y 240 minutos) obtenido por el método de hidrodestilación a escala laboratorio.

La materia vegetal se trabajó en pergamino deshidratado, proveniente del departamento de Alta Verapaz, Guatemala; el cual es uno de los departamentos de mayor producción de cardamomo en el país. Siendo Guatemala el primer exportador de cardamomo a nivel mundial. El cardamomo fue deshidratado por una manera convencional, este exportado en pergamino deshidratado, que consiste en una vaina que contiene el grano (conocido como oro) de distintas coloraciones y tamaños, factores que influyen en la calidad del cardamomo pergamino.

Luego se procedió a clasificar la materia prima con base a tres calidades, la primera calidad se eligió de coloración verde fuerte uniforme y grano grande, la segunda calidad de coloración verde claro o amarillo y grano mediano y la tercera calidad de coloración café claro y grano pequeño. Al pergamino se le realizó una molienda con un molino de discos para granos, para reducir el tamaño de partícula y de esta manera tener una mayor área de contacto con el solvente para obtener mayor rendimiento extractivo.

Se evaluó el porcentaje de humedad del cardamomo pergamino, esto con el fin de evaluar si el cardamomo tiene estándares de calidad para su exportación manteniendo su porcentaje de humedad menor al 10 por ciento para la primera, segunda y tercera calidad, lo cual indica que el cardamomo el cual es deshidratado de manera convencional cumple con estos estándares para su exportación, el cual se puede observar en la XXXV de la sección de tabulación, ordenamiento y procesamiento de datos.

Se realizó un análisis granulométrico para una muestra de 100 gramos de cardamomo pergamino de primera, segunda y tercera calidad para conocer el diámetro de la partícula a la cual se trabajó, este se realizó para un juego de tamices de #3/8 a #30. En la granulometría se determinó que el tamiz #3/8 y el #4 con un tamaño de partícula de 9,55 y 4,75 milímetros respectivamente, retuvieron el total de la vaina (cáscara) del cardamomo pergamino siendo este 31,11, 34,73 y 33,12 por ciento para cardamomo de primera, segunda y tercera calidad, lo cual se puede observar en la sección de tabulación, ordenamiento y procesamiento de datos.

Con la materia vegetal previamente procesada se realizaron las extracciones de aceite esencial de cardamomo pergamino por el método de hidrodestilación a escala laboratorio, para lo cual se empleó el equipo llamado Neoclevenger conectado a un sistema con recirculación para condensar la mezcla de agua y aceite esencial.

Para cada extracción realizada se agregó 50,00 gramos de cardamomo pergamino molido y en una relación 1:10 agua desmineralizada como solvente. Las variables a evaluar fueron tres calidades y tres tiempos extractivos, realizando 3 repeticiones dando como resultado final 27 extracciones de aceite

esencial. Las calidades evaluadas fueron: primera, segunda y tercera calidad, los tiempos extractivos fueron 120, 180 y 240 minutos.

Para cada aceite esencial obtenido se realizó una caracterización fisicoquímica evaluando la densidad y el índice de refracción y se hizo una GC-MS para la evaluación del contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) y conocer su composición química.

En las tablas LXI, LXII, LXIII se presenta los resultados obtenidos para el rendimiento extractivo másico del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad en función del tiempo extractivo, estos datos se pueden visualizar de mejor manera en la gráfica de figura 27. Como se observa los rendimientos extractivos fueron aumentando a medida que aumentó el tiempo extractivo para las tres calidades trabajadas, esta tendencia se debe ya que a medida que el tiempo de extracción va aumentando la materia vegetal se va agotando, dando como resultado un mayor porcentaje de rendimiento extractivo másico en los tres casos.

Este tiempo de extracción llega a un momento en donde los porcentajes de rendimiento extractivo másico son constantes, esto se debe a que el material vegetal fue agotado completamente lo que quiere decir que la fase ligera ya no se hace presente en la materia vegetal. Este comportamiento no se hace visible en la gráfica, por lo que sería factible seguir aumentando el tiempo de extracción para agotar la materia prima completamente.

Además se puede observar que la calidad de cardamomo con mayor rendimiento extractivo másico es la primera, seguido de la segunda y por último la tercera calidad siendo estos $4,431\% \pm 0,1334$, $3,894\% \pm 0,0350$ y $3,438\% \pm 0,2353$ respectivamente para el tiempo de extracción de 240 minutos. Cabe

mencionar que este resultado es afectado por el método de deshidratación del pergamino, lo cual no es visto dentro del marco de este estudio, ya que se empleó un método convencional de deshidratado y las temperaturas de deshidratación no son controladas por lo que puede existir mayor pérdida de aceite esencial debido a la volatilidad de este.

Se realizó un análisis estadístico para verificar si existe diferencia significativa entre el rendimiento extractivo másico, la calidad del cardamomo y el tiempo de extracción lo cual se puede visualizar en las tablas LIII y LIV, se puede decir que para un F calculado a un 95 por ciento de confianza existe diferencia significativa del rendimiento extractivo másico en función de la calidad del cardamomo y también existe diferencia significativa en el tiempo de extracción del cardamomo. Lo que quiere decir que el rendimiento extractivo másico se ve afectado por ambos factores la calidad del cardamomo y el tiempo de extracción.

Luego se obtuvo el rendimiento extractivo volumétrico para cada calidad y tiempo de extracción, el cual se puede observar en las tablas LXV, LXVI y LXVII y en la gráfica de la figura 28, de igual manera que el rendimiento extractivo este fue aumentando a medida que aumentó el tiempo extractivo, lo que quiere decir que al tener un tiempo de extracción mayor el volumen de aceite esencial obtenido será mayor. El rendimiento extractivo volumétrico y el rendimiento extractivo másico se comportan de manera similar, ya que se espera recuperar un mayor volumen de aceite esencial cuando el rendimiento extractivo másico aumenta.

Los rendimientos extractivos volumétricos del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad fueron $2,4159 \text{ mL} \pm 0,0720$, $2,1129 \text{ mL} \pm 0,0184$, $1,8691 \text{ mL} \pm 0,1277$ respectivamente para el tiempo de

extracción de 240 minutos. Donde se puede observar que el rendimiento extractivo volumétrico mayor lo posee el cardamomo de primera calidad, seguido por el cardamomo de segunda y finalmente el de tercera.

Con base a la figura 28, se obtuvo una correlación matemática entre el rendimiento extractivo volumétrico y el tiempo de extracción, la cual es útil para el cálculo del rendimiento extractivo volumétrico para distintos tiempos de extracción de aceite esencial de cardamomo de primera, segunda o tercera calidad. Esta ecuación refleja el comportamiento de estas gráficas, dando como resultado un coeficiente de relación 1 lo que significa que la correlación matemática es adecuada para las variables empleadas.

También se realizó un análisis estadístico para verificar si existe diferencia significativa entre el rendimiento extractivo volumétrico, la calidad del cardamomo y el tiempo de extracción, lo cual se puede visualizar en las tablas LV y LVI, se puede decir que para un F calculado a un 95 por ciento de confianza existe diferencia significativa del rendimiento extractivo volumétrico en función de la calidad del cardamomo y también existe diferencia significativa en el tiempo e extracción del cardamomo. Lo que quiere decir que el rendimiento extractivo volumétrico se ve afectado por ambos factores la calidad del cardamomo y el tiempo de extracción.

Posteriormente se evaluó el contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) en el aceite esencial de cardamomo realizando una G-MS, la cual permitió conocer la composición química de cada aceite esencial obtenido, obteniendo de esta manera un cromatograma que es el resultado la descomposición química de los compuestos químicos del aceite esencial para distintos tiempos de retención para la detección en el espectro de masa a través de picos y realizar una cuantificación por integración de áreas, para la cual el mayor porcentaje de

área lo tendrá el compuesto mayoritario del aceite esencial de cardamomo, estos cromatogramas se pueden observar en los apéndices del 1 al 14.

En el apéndice del 15 al 23 se encuentra la búsqueda de los componentes químicos mayoritarios del aceite esencial de cardamomo, en estos se encuentra referido el 1,8-cineol como eucaliptol.

Como se mencionó anteriormente el 1,8-cineol es uno de los compuestos mayoritarios de aceite esencial de cardamomo, se le atribuye distintas aplicaciones entre la más conocida está ser un descongestionante y expectorante en contra de infecciones respiratorias.

De acuerdo a las tablas LXIX, LXX, LXXI y a la gráfica resumen en la figura 29, se obtuvo que el contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) en el aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad fue de 31,01 por ciento, 30,13 por ciento, 28,68 por ciento respectivamente para el tiempo de extracción de 240 minutos.

Lo que quiere decir que el contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) presente en el aceite esencial de cardamomo varía en la calidad de este, siendo mayor para el de primera calidad. Este contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) varió con los tiempos de extracción a mayor tiempo de extracción mayor contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) en el aceite esencial.

Algunos de los compuestos mayoritarios obtenidos en el cromatograma para los distintos aceites esenciales fueron: 1,8-cineol (eucaliptol), terpinoleno, Biciclo (4.1.0)hept-2-eno 2,7,7-trimetil, lo cual se puede observar en la tabla LXXIII. También en los apéndices del 15 al 23 se puede observar que el

terpinoleno y el 1,8-cineol están presentes en el aceite esencial en mayor proporción.

También es posible observar que en el aceite esencial de segunda calidad para 180 minutos de tiempo de extracción y para el de tercera calidad para 120 minutos de extracción el terpinoleno se hace presente como el componente mayoritario, en el aceite esencial de cardamomo de tercera calidad para 240 minutos de extracción el terpinoleno desaparece, lo cual se puede deber al tiempo de extracción y al método convencional de deshidratado de la materia prima.

Otros de los componentes mayoritarios del aceite esencial de cardamomo son 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-, 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-, Bicyclo[3.1.0] hex-2-ene,4-metil-1-(1-metil etil)-, 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-2-aminobenzoato, 3-ciclohexen-1-ol, 4-metil-1-(1-m etil etil)-, limoneno, a-pineno, b-pineno y más de 20 compuestos los cuales se pueden observar en los apéndices mencionados anteriormente.

También se obtuvo la densidad del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad en función del tiempo de extracción, en las tablas LXXIV, LXXV, LXXVI y en la figura 30 se puede observar las mediciones realizadas, la densidad del aceite esencial se encuentra entre un rango de 0,9150-0,9240 g/mL de acuerdo las tres calidades y a los tres tiempos de extracción.

Los valores de las densidades obtenidas para el aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera fueron $0,9177 \pm 0,00024$ g/mL, $0,9220 \pm 0,00036$ g/mL, $0,9203 \pm 0,00024$ g/mL respectivamente para el tiempo

de extracción de 240 minutos. Por lo que la densidad del aceite esencial presentó variación distinta en cada calidad de pergamino.

Luego se realizó un análisis estadístico para verificar si existe diferencia significativa entre la densidad, la calidad del cardamomo y el tiempo de extracción, lo cual se puede visualizar en las tablas LVII y LVIII, se puede decir que para un F calculado a un 95 por ciento de confianza no existe diferencia significativa la densidad en función de la calidad del cardamomo y tampoco existe diferencia significativa con tiempo extractivo del cardamomo. Lo que quiere decir que la densidad no se ve afectada por ambos factores la calidad del cardamomo y el tiempo extractivo.

Por último, se determinó el índice de refracción del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad en función del tiempo extractivo. El cual es un valor que relaciona la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad en el medio dado, el cual en este caso es el aceite esencial de cardamomo.

En la tabla LXXVIII LXXIX, LXXX y en la gráfica de la figura 31 se encuentran los índice de refracción para las distintas calidades siendo estas, para la primera calidad 1,4620, segunda calidad 1,4632 y tercera calidad 1,4637 para para el tiempo de extracción de 240 minutos. Se observa que el índice de refracción aumenta levemente en cada calidad, por lo que la primera calidad posee un índice de refracción mayor. El índice de refracción del aceite esencial de cardamomo se encuentra entre 1,4620 y 1,4636.

El análisis estadístico para verificar si existe diferencia significativa entre el índice de refracción, la calidad del cardamomo y el tiempo de extracción, lo cual se puede visualizar en las tablas LIX y LX, se puede decir que para un F

calculado a un 95 por ciento de confianza no existe diferencia significativa el índice de refracción en función de la calidad del cardamomo y tampoco existe diferencia significativa con tiempo extractivo del cardamomo. Lo que quiere decir que el índice de refracción no se ve afectado por ambos factores la calidad del cardamomo y el tiempo de extracción.

CONCLUSIONES

1. Se realizó la evaluación del rendimiento extractivo, rendimiento volumétrico, contenido de 1,8-cineol (eucaliptol), densidad e índice de refracción por el método de hidrodestilación a escala laboratorio.
2. No existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo másico del aceite esencial de cardamomo con base a tres calidades y en función del tiempo de extracción a escala laboratorio.
3. El mayor rendimiento extractivo másico se obtuvo para el cardamomo de primera calidad para 240 minutos el cual fue $4,31 \pm 0,1334$ %.
4. No existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo volumétrico del aceite esencial de cardamomo con base a tres calidades y en función del tiempo de extracción a escala laboratorio.
5. El mayor rendimiento extractivo volumétrico se obtuvo para el cardamomo de primera calidad para 240 minutos el cual fue $2,4159 \pm 0,0720$ mL.
6. El mayor contenido de 1,8-cineol (eucaliptol) se obtuvo para el cardamomo de tercera calidad para 180 minutos el cual fue 33,93 %.
7. Existe diferencia significativa en la densidad del aceite esencial de cardamomo con base a tres calidades y en función del tiempo de extracción a escala laboratorio.

8. La mayor densidad se obtuvo para el cardamomo de tercera calidad para 180 minutos el cual fue $0,922 \pm 0,00036$ g/mL.
9. No existe diferencia significativa en el índice de refracción del aceite esencial de cardamomo con base a tres calidades y en función del tiempo de extracción a escala laboratorio.
10. El mayor índice de refracción se obtuvo para el cardamomo de tercera calidad para 240 minutos el cual fue 1,4637.

RECOMENDACIONES

1. Realizar extracciones de aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) para tiempos mayores a 240 minutos para obtener un tiempo óptimo de extracción para una mayor rendimiento extractivo másico y volumétrico.
2. Realizar extracciones de aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) oro para realizar una comparación con este estudio.
3. Realizar un estudio de investigación para la extracción de aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) proveniente de las diferentes regiones productoras del país.
4. Realizar un escalamiento a planta piloto para la extracción de aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) para lograr una comparación con los resultados obtenido en este estudio.

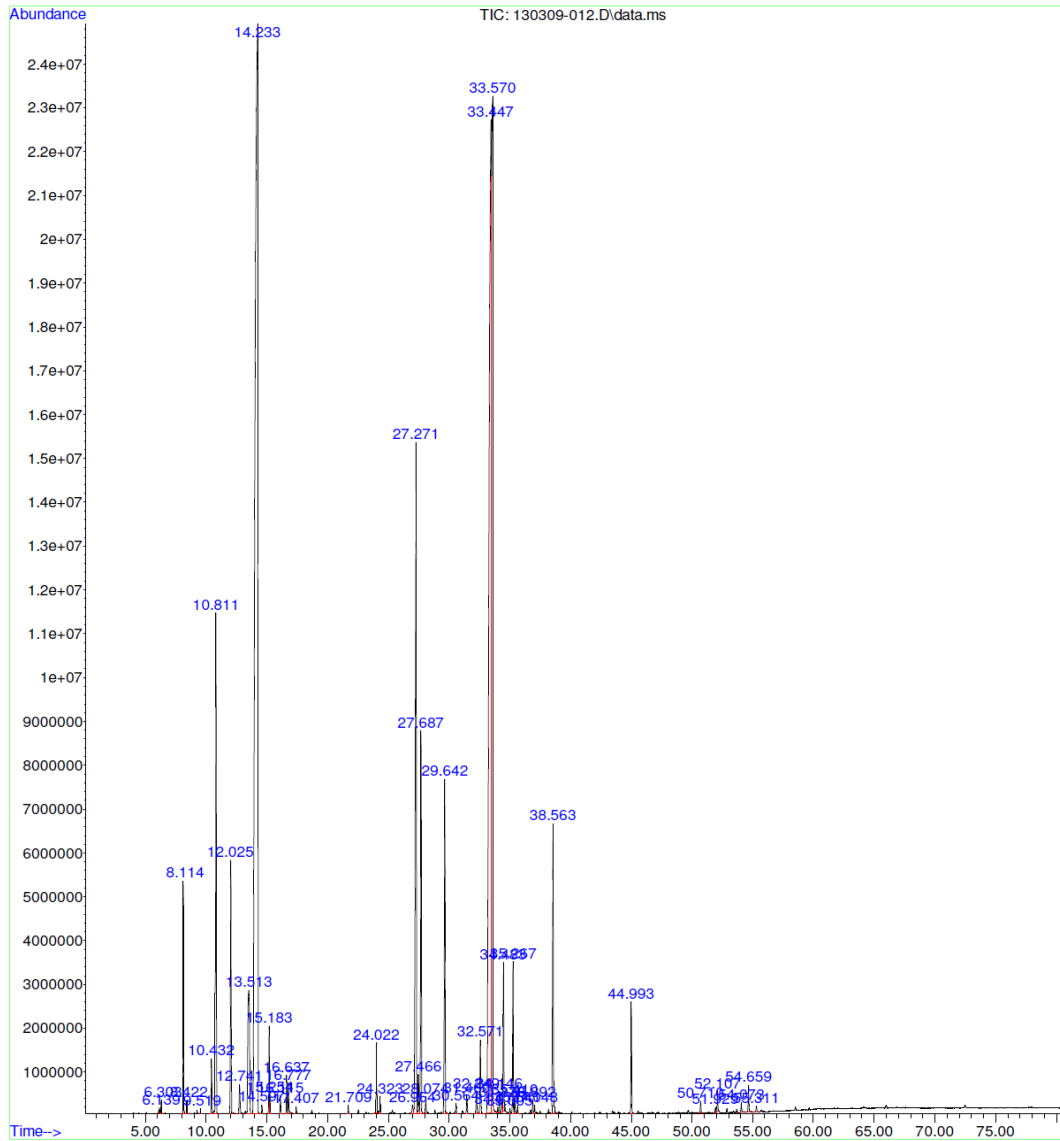
BIBLIOGRAFÍA

1. Banco de Guatemala. *Costos de producción agrícolas temporada 2001-2012*. Guatemala: Departamento de Estadísticas Macroeconómicas. 2012.
2. _____. *Estadísticas de producción, exportación e importación de los principales productos agropecuarios temporada 2001-2012*. Departamento de Estadísticas Macroeconómicas. 2012.
3. BRUNETON, Jean. *Farmacognosia, fitoquímica, plantas medicinales*. Saragoza, España: ACRIBIA, 2001. 1099 p.
4. CÁCERES, Armando. *Vademécum nacional de plantas medicinales*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacias, 2006. 160 p.
5. OTHMER, Kirk. *Enciclopedia de Tecnología Química*. México, D.F.: Limusa, 1998. 1409 p.
6. PALOMO CÓBAR, Miriam Lissette. *Aromaterapia*. Trabajo de graduación de Maestría en Investigación. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Humanidades, 2005. 57 p.

7. SOBERANIS IBÁNEZ, Adrián Antonio. *Evaluación de propiedades fisicoquímicas de la oleorresina de cardamomo (Elettaria cardamomum, L. Matton) obtenida a nivel laboratorio utilizando dos métodos de lixiviación a tres diferentes temperaturas*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 166 p.
8. TISSERAND, Robert. *El arte de la aromaterapia (aceites esenciales y masajes para la cura del cuerpo y la mente)*. Traducido al español por Romano, Luis. España: Paidós Ibérica, 2007. 334 p.
9. TRASE, George Edward; EVANS, William. *Farmacognosia*. México: Continental, 1984. 882 p.
10. *Vademecum de Prescripción. Plantas medicinales*. 3a ed. Barcelona, España: Masson, 1998. 1092 p.
11. WORWOOD, Valerie Ann. *The Complete Book of Essential Oils and Aromatherapy*. Reino Unido: New World Library, 1990. 423 p.

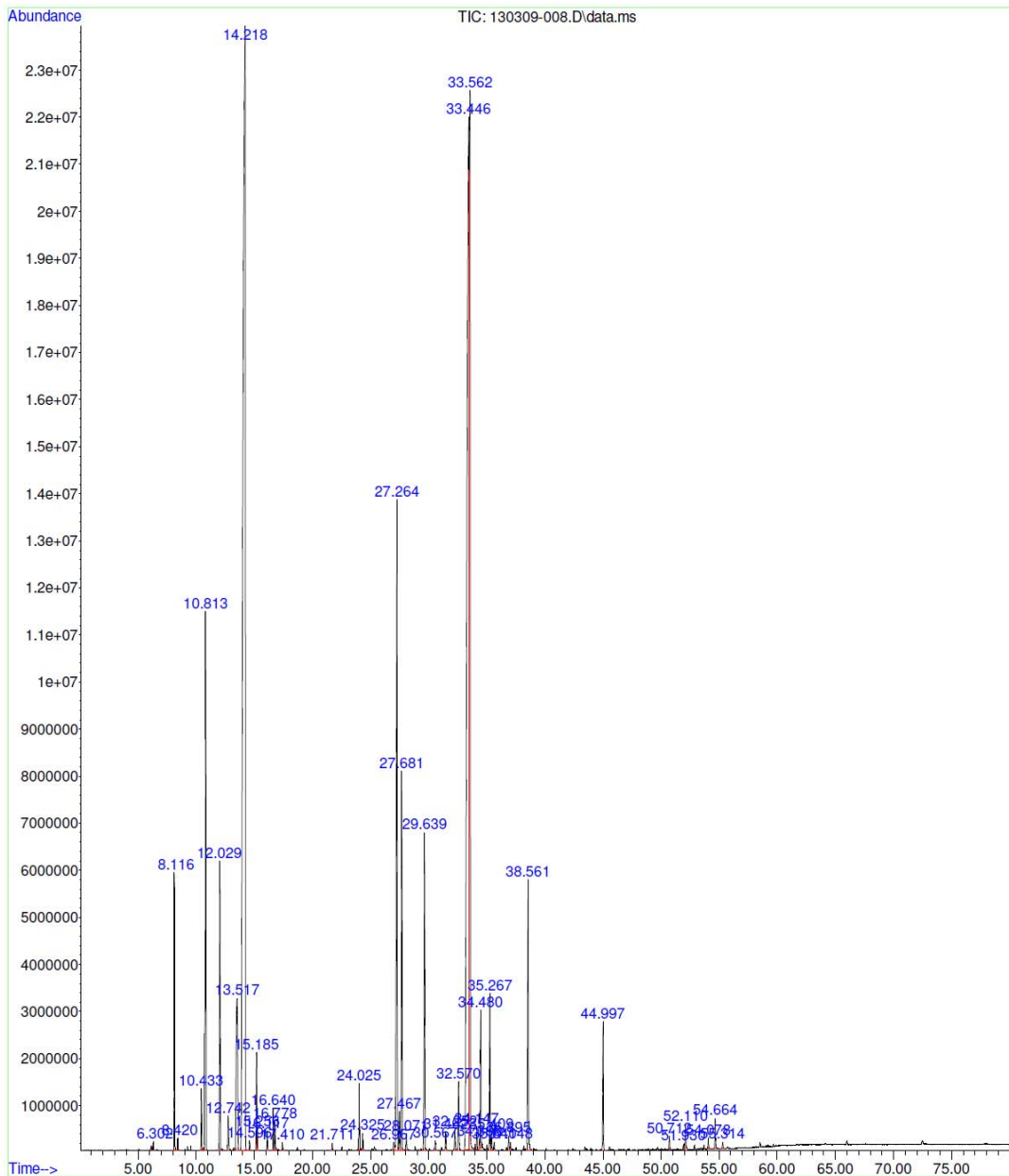
APÉNDICES

1. Cromatograma del aceite esencial de cardamomo de primera calidad para un tiempo de extracción de 120 minutos



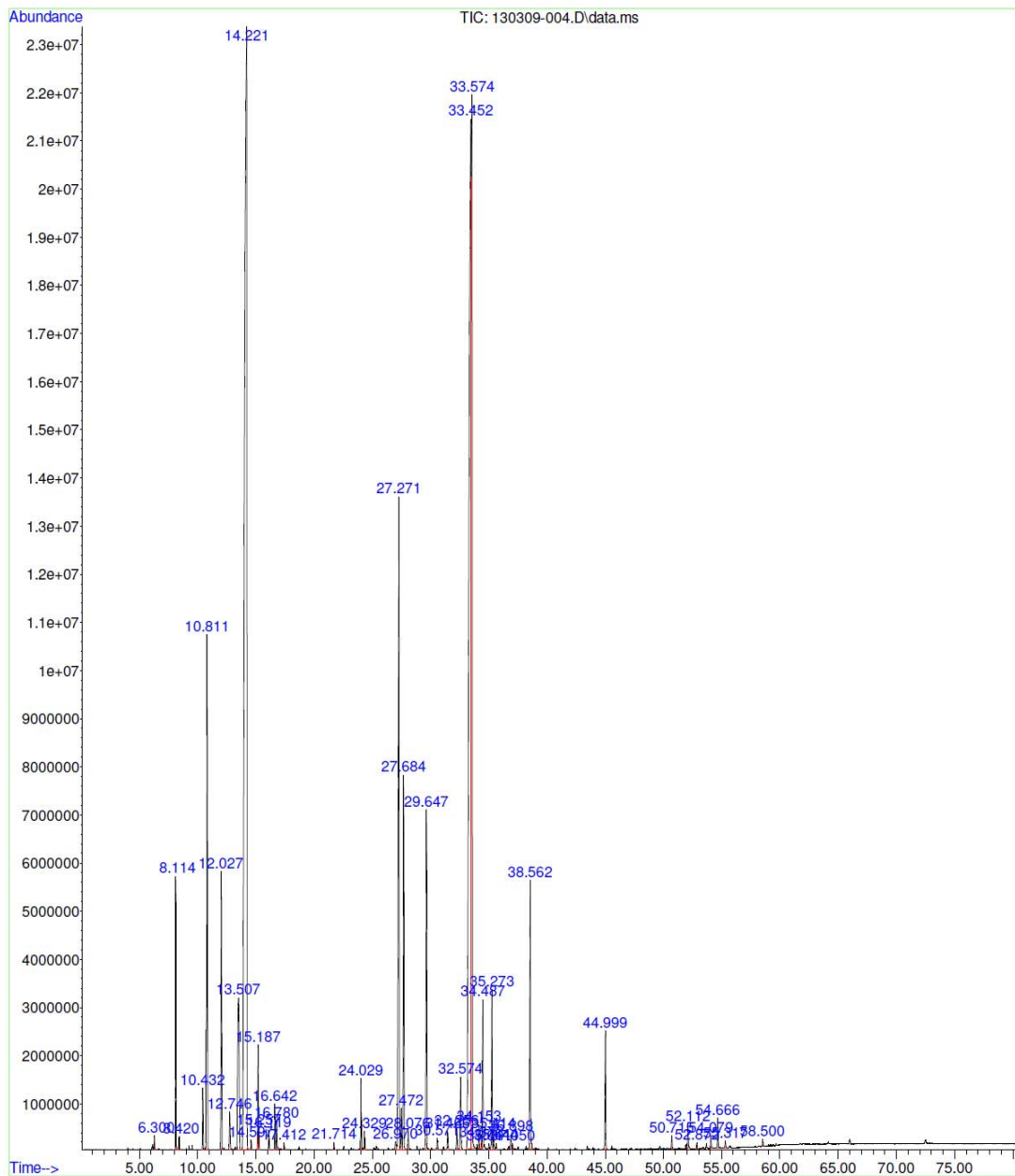
Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

2. Cromatograma del aceite esencial de cardamomo de primera calidad para un tiempo de extracción de 180 minutos



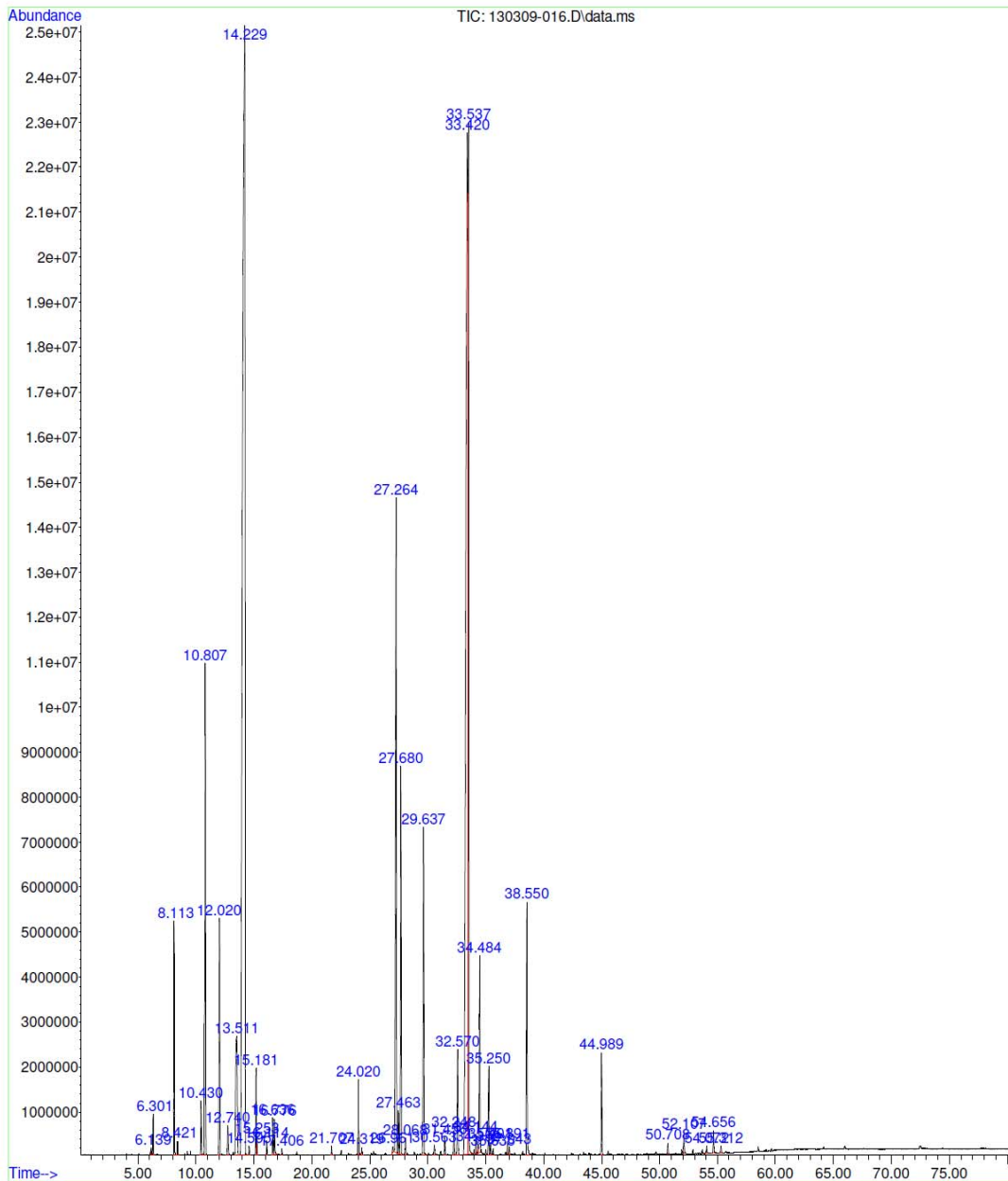
Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

3. Cromatograma del aceite esencial de cardamomo de primera calidad para un tiempo de extracción de 240 minutos



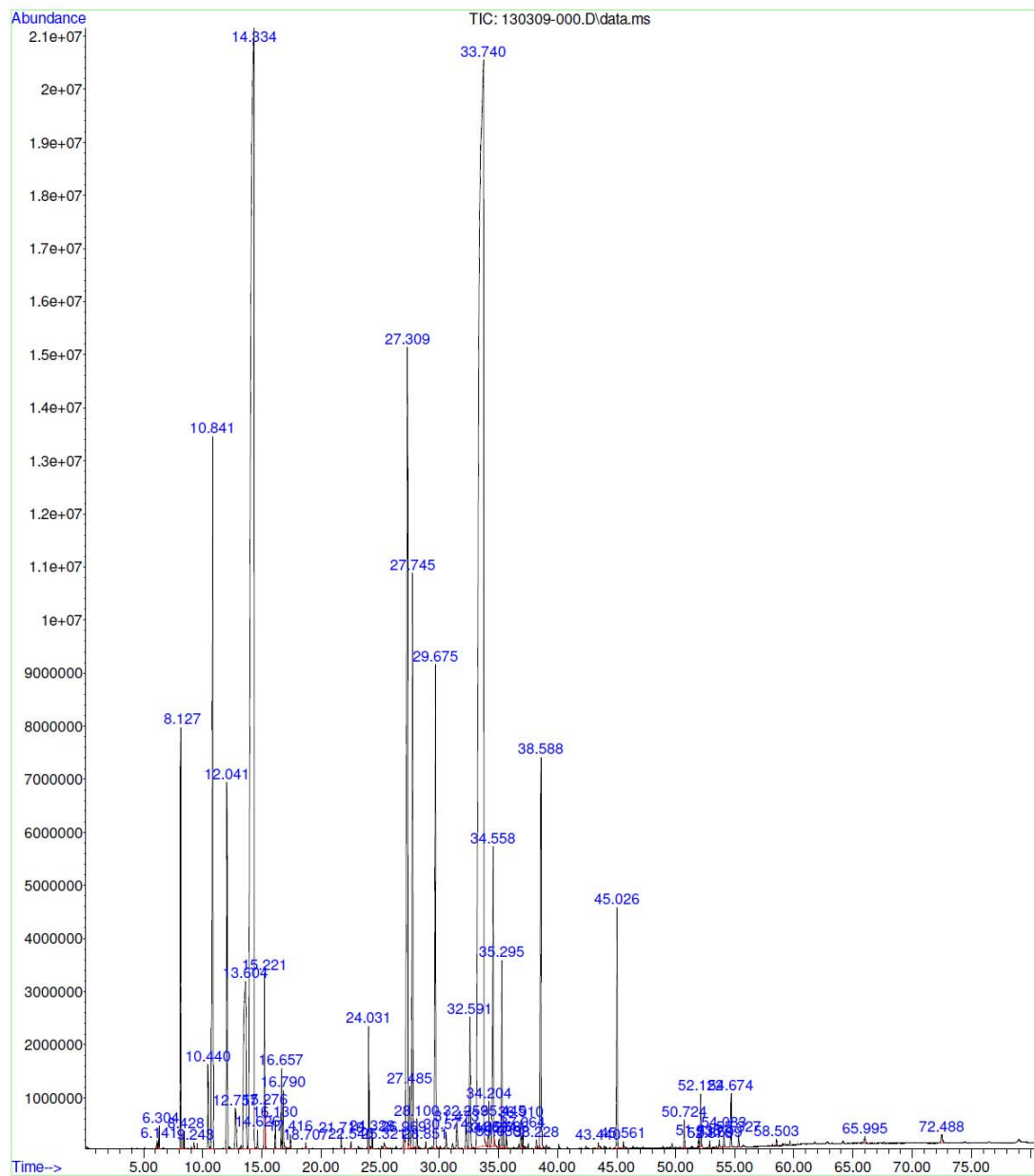
Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

4. Cromatograma del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad para un tiempo de extracción de 120 minutos



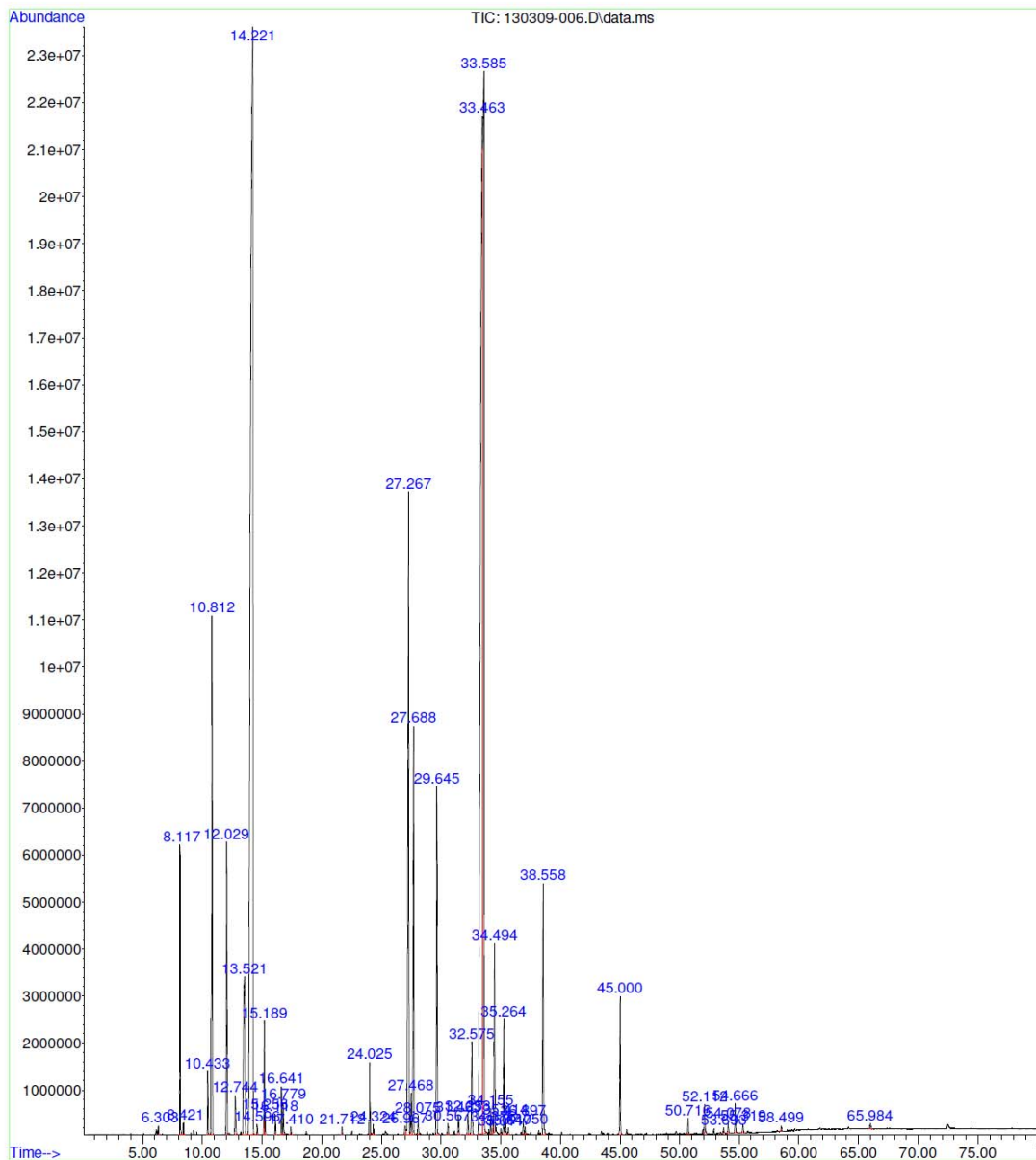
Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

5. Cromatograma del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad para un tiempo de extracción de 180 minutos



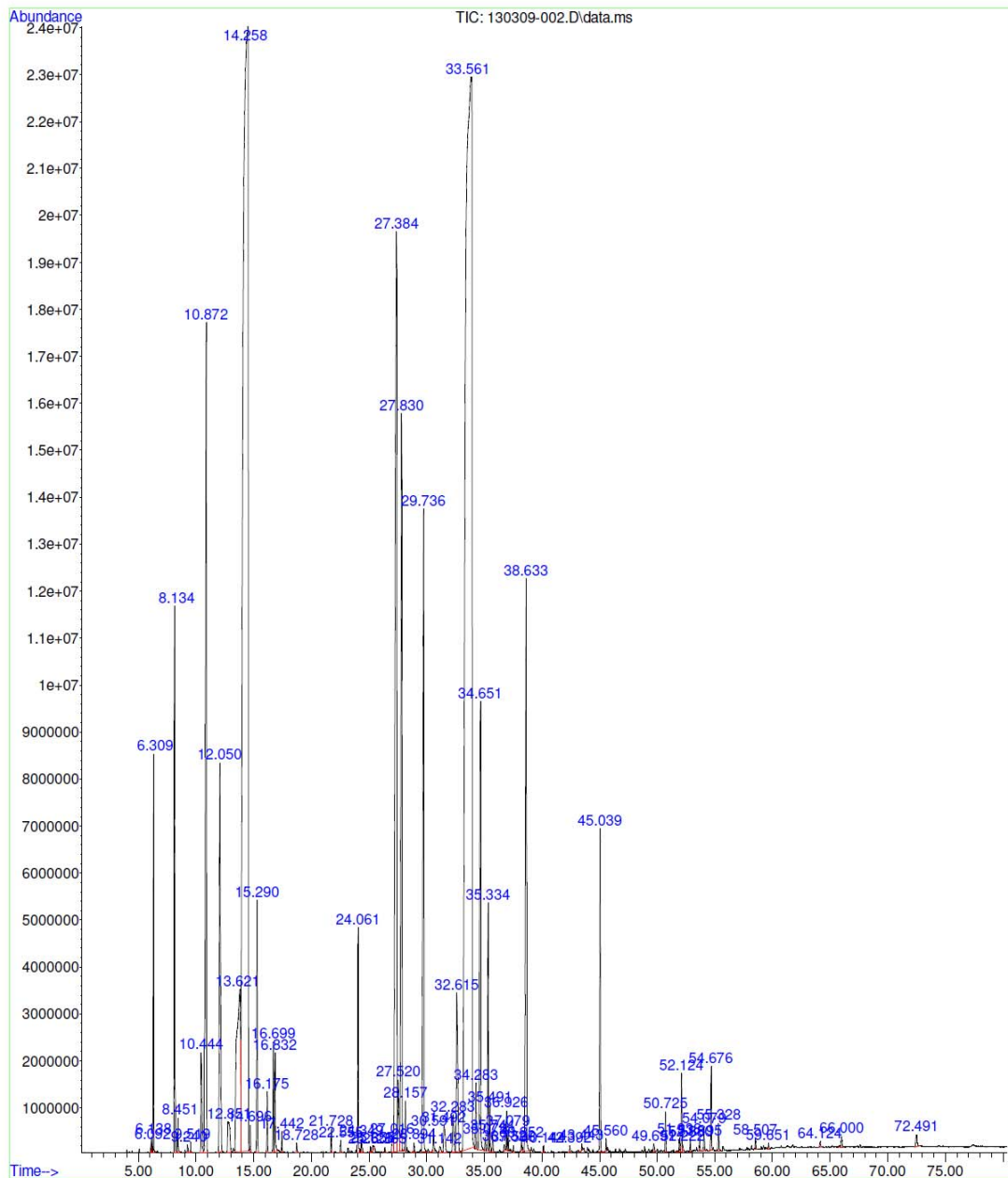
Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

6. Cromatograma del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad para un tiempo de extracción de 240 minutos



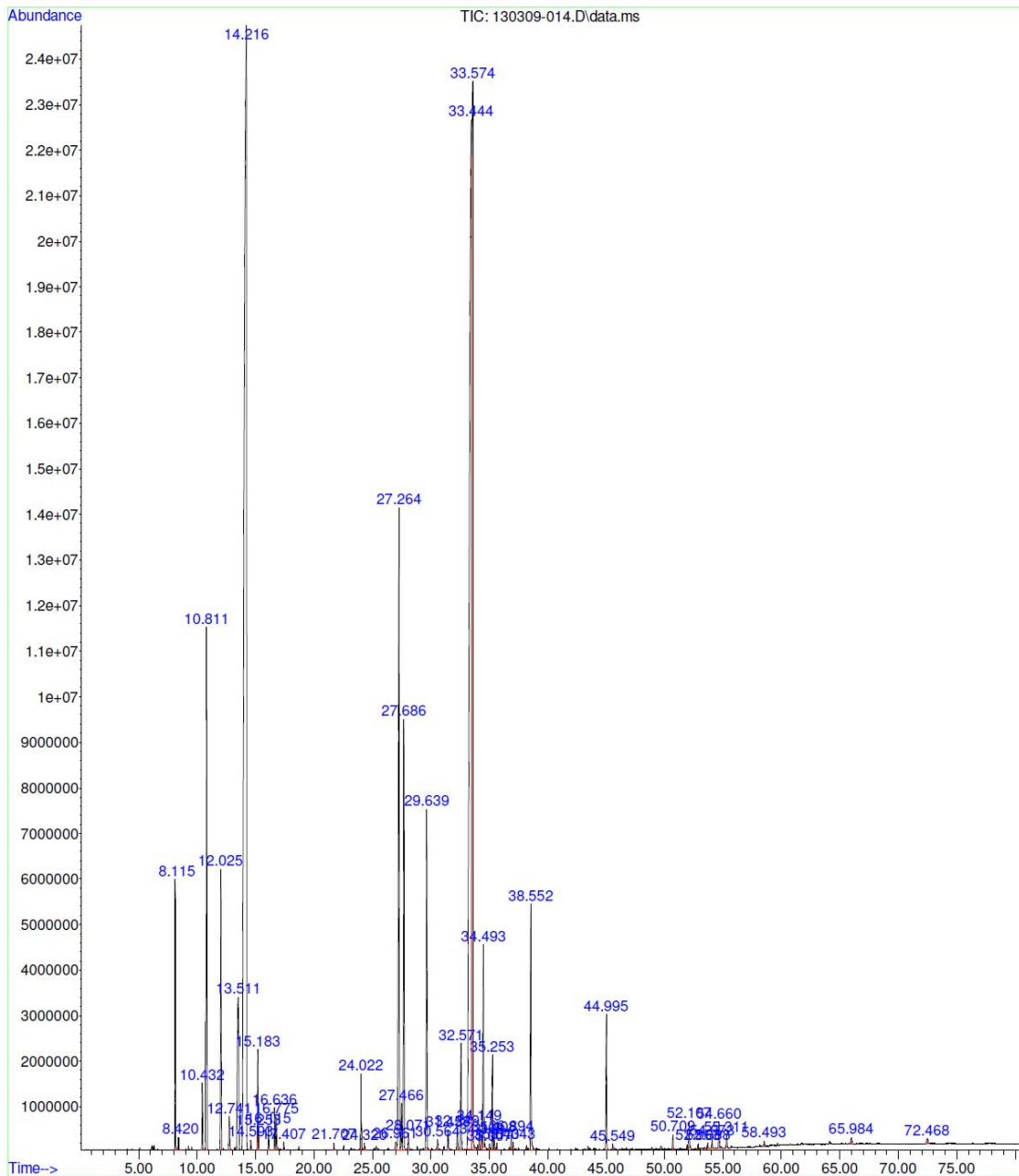
Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

7. Cromatograma del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad para un tiempo de extracción de 120 minutos



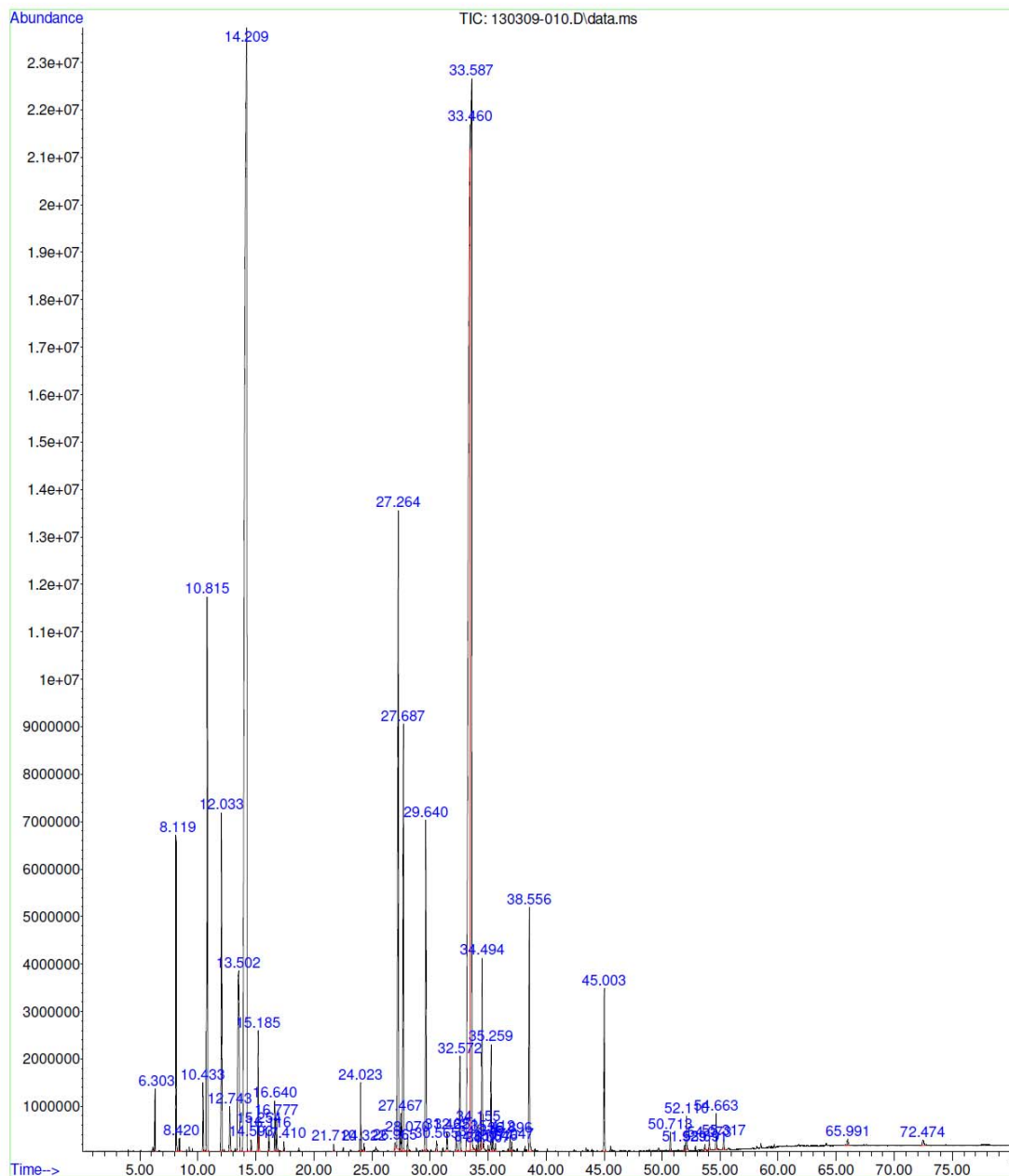
Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

8. Cromatograma del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad para un tiempo de extracción de 180 minutos



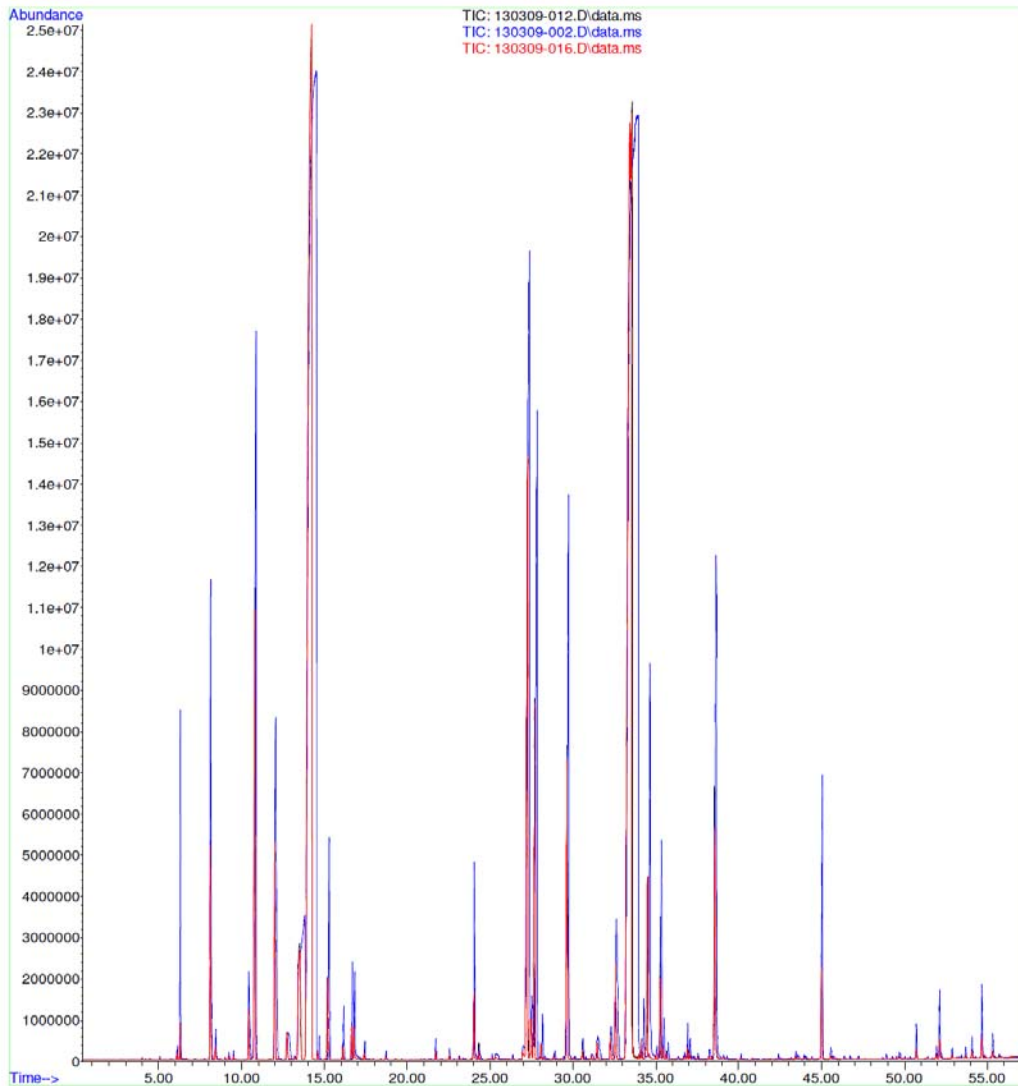
Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

9. Cromatograma del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad para un tiempo de extracción de 270 minutos



Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

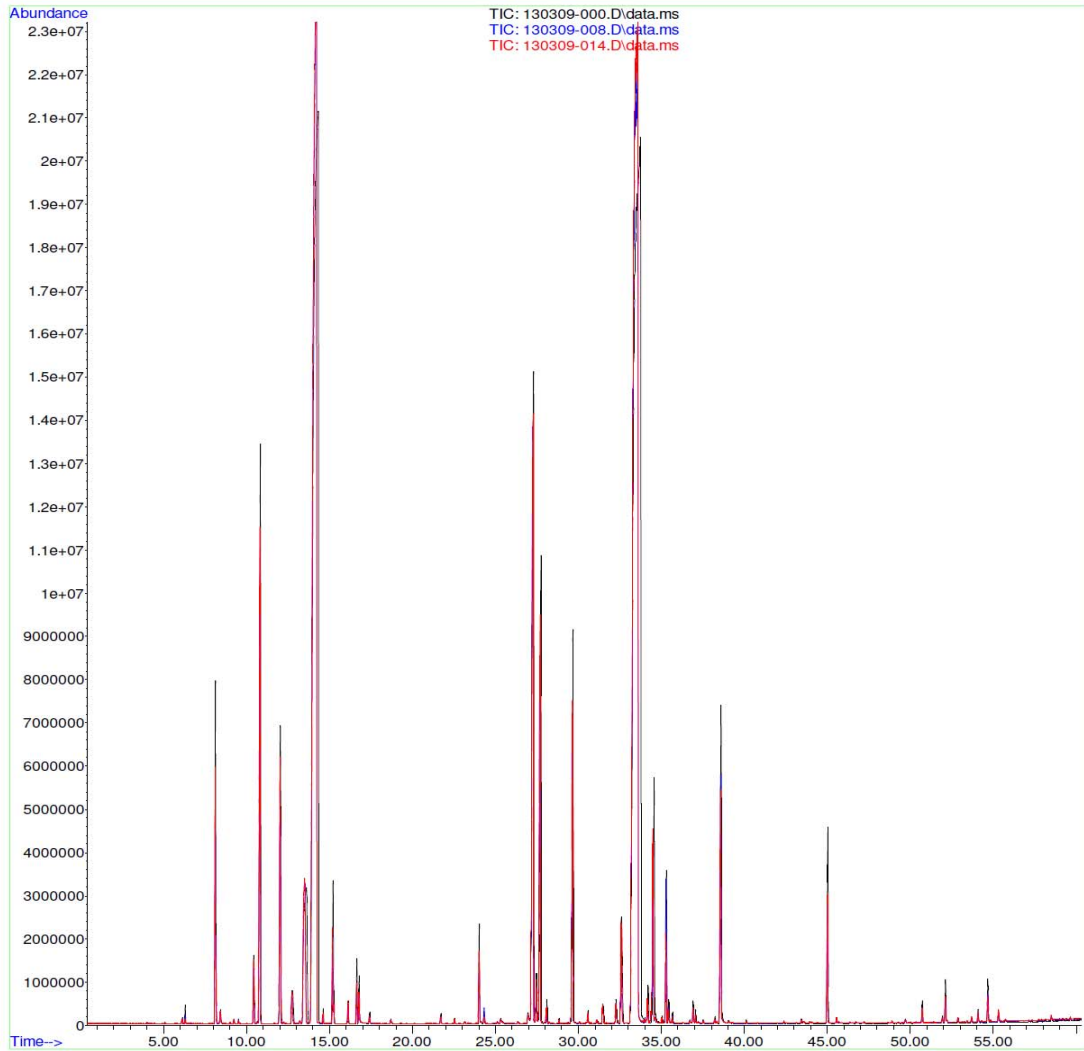
10. Cromatograma del aceite esencial de cardamomo para un tiempo de extracción de 120 minutos realizando una comparación de calidades



Color	Calidad
Red	Primera
Blue	Segunda
Black	Tercera

Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

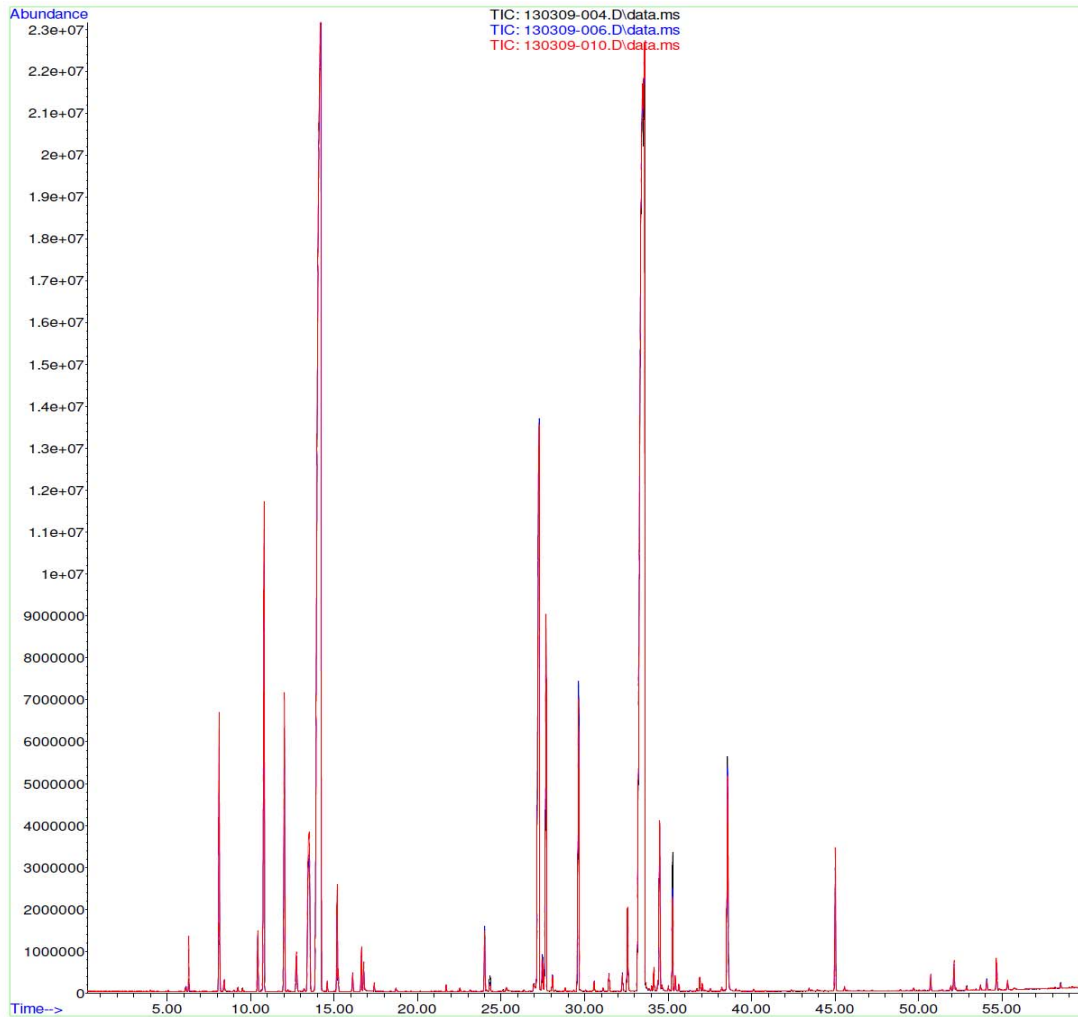
11. Cromatograma del aceite esencial de cardamomo para un tiempo de extracción de 180 minutos realizando una comparación de calidades



Color	Calidad
Red	Primera
Blue	Segunda
Black	Tercera

Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

12. Cromatograma del aceite esencial de cardamomo para un tiempo de extracción de 240 minutos realizando una comparación de calidad



Color	Calidad
Red	Primera
Blue	Segunda
Black	Tercera

Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

13. Búsqueda del componente químico más probable en cada pico del cromatograma del aceite esencial de cardamomo de primera calidad para un tiempo de extracción de 120 minutos

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-012.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 19:12
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 7
 Misc : P 1a calidad 2 h ext
 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	6.142	0.02	C:\Database\NIST05a.L Butanal, 3-methyl- Butanal, 3-methyl- Butanal, 3-methyl-	1712 1713 1709	000590-86-3 000590-86-3 000590-86-3	94 78 72
2	6.301	0.06	C:\Database\NIST05a.L Ethyl alcohol Ethyl alcohol Ethyl alcohol	95 94 93	000064-17-5 000064-17-5 000064-17-5	91 52 47
3	8.116	1.29	C:\Database\NIST05a.L 1S-.alpha.-Pinene 1R-.alpha.-Pinene .alpha.-Pinene	15185 15188 15178	007785-26-4 007785-70-8 000080-56-8	96 95 95
4	8.420	0.09	C:\Database\NIST05a.L Ammonia Water	6 7	007664-41-7 007732-18-5	2 1
5	9.517	0.02	C:\Database\NIST05a.L Hexanal Hexanal Hexanal	3688 3690 3684	000066-25-1 000066-25-1 000066-25-1	91 90 90
6	10.431	0.34	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethy 1-2-methylene-, (1S)- .beta.-Pinene Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethy 1-2-methylene-, (1S)-	15390 15176 15384	018172-67-3 000127-91-3 018172-67-3	96 94 93
7	10.813	3.41	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Phellandrene Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl- 1-(1-methylethyl)- Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene- 1-(1-methylethyl)-	15200 15374 15379	000555-10-2 028634-89-1 003387-41-5	94 91 91
8	12.023	1.75	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Myrcene .beta.-Myrcene Ethanone, 1-cyclopropyl-2-(4-pyrid inyl)-	15180 15177 30170	000123-35-3 000123-35-3 006580-95-6	91 81 59
9	12.742	0.27	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene 1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)- Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-tr imethyl-	15169 15349 15319	029050-33-7 000099-86-5 000554-61-0	98 97 97
10	13.515	2.31	C:\Database\NIST05a.L D-Limonene D-Limonene Limonene	15164 15162 15153	005989-27-5 005989-27-5 000138-86-3	95 93 90

11 14.234 31.87 C:\Database\NIST05a.L

Continuación del apéndice 13.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-012.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 19:12
 Operator : Adem
 Sample : Muestra 7
 Misc : P la calidad 2 h ext
 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
			Eucalyptol	25509	000470-82-6	97
			Eucalyptol	25507	000470-82-6	97
			Eucalyptol	25508	000470-82-6	96
12	14.597	0.05	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)-	15285	003779-61-1	97
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)-	15282	003779-61-1	96
			.alpha.-Pinene	15178	000080-56-8	91
13	15.184	0.51	C:\Database\NIST05a.L 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15353	000099-85-4	95
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15354	000099-85-4	94
			3-Carene	15157	013466-78-9	94
14	15.252	0.09	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	15284	003338-55-4	98
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15243	000502-99-8	97
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	15283	003338-55-4	93
15	16.117	0.11	C:\Database\NIST05a.L Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	14428	000527-84-4	97
			Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	14425	000099-87-6	97
			Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	14426	000535-77-3	95
16	16.635	0.22	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene	15169	029050-33-7	98
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	96
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15338	000586-62-9	96
17	16.776	0.19	C:\Database\NIST05a.L Octanal	12028	000124-13-0	95
			Octanal	12032	000124-13-0	95
			Octanal	12031	000124-13-0	95
18	17.409	0.04	C:\Database\NIST05a.L 1,5-Heptadiene, 3,6-dimethyl-	10352	034891-10-6	59
			Trifluoroacetyl-lavandulol	91686	028673-24-7	37
			4-Methyl-1,5-Heptadiene	5794	000998-94-7	53
19	21.707	0.05	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.2.1]octan-2-ol, exo-	11079	001965-38-4	37
			Pentalene, 1,2,3,3a,4,6a-hexahydro	5360	005549-09-7	37
			9,10-Diazatricyclo[4.4.0.0(2,8)]dec-9-ene	15717	1000142-35-1	37
20	24.022	0.43	C:\Database\NIST05a.L			

Continuación del apéndice 13.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-012.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 19:12
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 7
 Misc : P 1a calidad 2 h ext
 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
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	94
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	94
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methyl-ethyl)-	25751	000562-74-3	72
21	24.322	0.12	C:\Database\NIST05a.L			
			Acetic acid, octyl ester	37517	000112-14-1	64
			Acetic acid, octyl ester	37520	000112-14-1	64
			Acetic acid, decyl ester	57070	000112-17-4	56
22	26.965	0.10	C:\Database\NIST05a.L			
			cis-4-Decenal	25522	021662-09-9	90
			cis-4-Decenal	25532	021662-09-9	80
			2-Pentenal, (E)-	1379	001576-87-0	42
23	27.270	7.30	C:\Database\NIST05a.L			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25643	000078-70-6	86
			Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,3,3-trimethyl-	15345	000488-97-1	64
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, 2-aminobenzoate	107591	007149-26-0	58
24	27.466	0.30	C:\Database\NIST05a.L			
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	93
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	93
			Cyclohexanol, 1-methyl-4-(1-methyl-ethyl)-	25730	000138-87-4	64
25	27.688	2.82	C:\Database\NIST05a.L			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, 2-aminobenzoate	107591	007149-26-0	91
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	54271	000115-95-7	83
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, propanoate	64225	000144-39-8	80
26	28.075	0.12	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methyl-ethyl)-, trans-	25802	029803-81-4	97
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methyl-ethyl)-, cis-	25780	029803-82-5	52
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	50
27	29.640	2.59	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methyl-ethyl)-	25750	000562-74-3	95
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methyl-ethyl)-, (R)-	25784	020126-76-5	94
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methyl-ethyl)-, (R)-	25781	020126-76-5	93
28	30.563	0.08	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methyl-ethyl)-, trans-	25802	029803-81-4	81
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methyl-ethyl)-, cis-	25780	029803-82-5	68
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methyl-ethyl)-, cis-	25783	029803-82-5	50

Continuación del apéndice 13.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-012.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 19:12
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 7
 Misc : P 1a calidad 2 h ext
 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
ethylethyl)-, cis-						
29	31.459	0.15	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexane, 1-methylene-4-(1-methylethenyl)- .beta.-Phellandrene .beta.-Phellandrene	15332 15201 15200	000499-97-8 000555-10-2 000555-10-2	58 50 47
30	32.251	0.19	C:\Database\NIST05a.L 2-methyl-6-methylene-7-octen-4-ol trans-2,7-Dimethyl-4,6-octadien-2-ol 7-Octen-2-ol, 2-methyl-6-methylene	25649 25673 25669	014314-21-7 1000281-69-5 000543-39-5	59 53 50
31	32.569	0.62	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z) 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl- 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24148 24106 24150	000106-26-3 005392-40-5 000106-26-3	94 90 83
32	33.447	24.62	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)- 1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15169 15334 15357	029050-33-7 000586-62-9 000099-86-5	90 90 90
33	33.570	11.65	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)- Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)- Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15334 15340 15322	000586-62-9 000586-62-9 000554-61-0	90 87 87
34	34.011	0.03	C:\Database\NIST05a.L 1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E)]- (+)-Epi-bicyclosesquiphellandrene Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59960 59869 59954	023986-74-5 054324-03-7 000483-75-0	96 95 93
35	34.148	0.13	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)- 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)- Pentanoic acid, 3,7-dimethyl-2,6-octadienyl ester, (E)-	54283 54279 83864	000141-12-8 000141-12-8 010402-47-8	91 90 86
36	34.370	0.06	C:\Database\NIST05a.L Eudesma-4(14),11-diene Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2-(1-methylethenyl)-4-(1-methylethylidene)- 1,5-Cyclodecadiene, 1,5-dimethyl-8-(1-methylethylidene)-, (E,E)-	59851 59969 59934	1000152-04-3 003242-08-8 015423-57-1	97 95 94

Continuación del apéndice 13.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-012.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 19:12
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 7
 Misc : P la calidad 2 h ext
 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
37	34.484	1.01	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	24151	000141-27-5	96
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24109	005392-40-5	94
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24102	005392-40-5	91
38	35.003	0.03	C:\Database\NIST05a.L 2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methyl-ethyl-ethyl)-, trans-	25804	016721-39-4	90
			2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methyl-ethyl-ethyl)-, cis-	25782	016721-38-3	83
			Furan, 2,3-dihydro-4-methyl-	1419	034314-83-5	47
39	35.266	1.00	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54284	000105-87-3	91
			4-Hexen-1-ol, 5-methyl-2-(1-methylethenyl)-, acetate	54303	025905-14-0	83
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54283	000141-12-8	78
40	35.407	0.11	C:\Database\NIST05a.L 1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15357	000099-86-5	90
			Bicyclo[2.2.1]hept-2-ene, 2,7,7-trimethyl-	15315	000514-14-7	90
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15317	000554-61-0	87
41	35.639	0.06	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)-	60057	039029-41-9	97
			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	96
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59954	000483-75-0	93
42	36.890	0.09	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)-	44381	000105-86-2	59
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (Z)-	25690	000106-25-2	55
			1,5-Heptadiene, 2,6-dimethyl-	10363	006709-39-3	46
43	37.050	0.05	C:\Database\NIST05a.L 2-Octene, 2-methyl-6-methylene-	16350	010054-09-8	58
			Trifluoroacetyl-lavandulol	91686	028673-24-7	53
			Cyclopentane, bromo-	22044	000137-43-9	52
44	38.564	2.35	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-	25634	000624-15-7	86
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)-	25692	000106-24-1	83

Continuación del apéndice 13.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-012.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 19:12
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 7
 Misc : P la calidad 2 h ext
 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
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)-	44381	000105-86-2	72
45	44.991	0.74	C:\Database\NIST05a.L 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, [S-(Z)]-	72953	000142-50-7	91
			1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, (E)-	72942	040716-66-3	91
			Nerolidol 2	72901	1000285-43-6	91
46	50.709	0.08	C:\Database\NIST05a.L 4-Methyl-1,5-Heptadiene	5794	000998-94-7	49
			1,4-Hexadiene, 3,3,5-trimethyl-	10369	074753-00-7	49
			2,6-Dimethyl-2-trans-6-octadiene	16361	002609-23-6	47
47	51.928	0.03	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-, acetate, (E,E)-	101443	004128-17-0	90
			2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-, acetate, (E,E)-	101445	004128-17-0	87
			2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-, acetate, (E,E)-	101444	004128-17-0	72
48	52.106	0.14	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trimethyl-, (E,E)-	71404	000502-67-0	95
			2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trimethyl-, (E,E)-	71405	000502-67-0	91
			2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trimethyl-, (E,E)-	71403	000502-67-0	83
49	54.075	0.07	C:\Database\NIST05a.L Geranic acid	34553	000459-80-3	80
			Neric acid	34552	004613-38-1	56
			2-Butenoic acid, methyl ester, (E)	3665	000623-43-8	53
50	54.657	0.19	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-	72931	004602-84-0	83
			2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene,	173573	000111-02-4	72
			2,6,10,15,19,23-hexamethyl-, (all-E)-			
			2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-, acetate, (E,E)-	101443	004128-17-0	72
51	55.312	0.04	C:\Database\NIST05a.L cis,trans-3-Ethylbicyclo[4.4.0]decane	33560	066660-41-1	35
			Trans, trans-2-ethylbicyclo[4.4.0]decane	33571	066660-37-5	35
			Naphthalene, 2-butyldecahydro-	52931	006305-52-8	22

Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

14. Búsqueda del componente químico más probable en cada pico del cromatograma del aceite esencial de cardamomo de primera calidad para un tiempo de extracción de 180 minutos

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-008.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 15:13
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 5
 Misc : P 1a calidad 3 h ext
 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	6.301	0.04	C:\Database\NIST05a.L Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	72
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	25
2	8.116	1.55	C:\Database\NIST05a.L 1S-.alpha.-Pinene	15185	007785-26-4	96
			1R-.alpha.-Pinene	15188	007785-70-8	95
			1R-.alpha.-Pinene	15186	007785-70-8	95
3	8.420	0.09	C:\Database\NIST05a.L Ammonia	6	007664-41-7	2
			Water	7	007732-18-5	1
4	10.431	0.38	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-.beta.-Pinene	15390	018172-67-3	96
			Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	15176	000127-91-3	94
			Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	15384	018172-67-3	93
5	10.813	3.66	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Phellandrene	15200	000555-10-2	94
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	91
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	15379	003387-41-5	91
6	12.028	1.99	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Myrcene	15180	000123-35-3	86
			.beta.-Myrcene	15177	000123-35-3	81
			Ethanone, 1-cyclopropyl-2-(4-pyridinyl)-	30170	006580-95-6	59
7	12.742	0.30	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene	15169	029050-33-7	98
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15319	000554-61-0	97
			1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15349	000099-86-5	95
8	13.519	2.62	C:\Database\NIST05a.L D-Limonene	15164	005989-27-5	96
			D-Limonene	15162	005989-27-5	93
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-, (S)-	15365	005989-54-8	93
9	14.220	31.23	C:\Database\NIST05a.L Eucalyptol	25507	000470-82-6	97
			Eucalyptol	25509	000470-82-6	97
			Eucalyptol	25508	000470-82-6	96
10	14.598	0.05	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)-	15285	003779-61-1	97
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)-	15282	003779-61-1	96

Continuación del apéndice 14.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-008.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 15:13
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 5
 Misc : P 1a calidad 3 h ext
 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
			.alpha.-Pinene	15182	000080-56-8	91
11	15.184	0.57	C:\Database\NIST05a.L 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15355	000099-85-4	97
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15353	000099-85-4	95
			3-Carene	15157	013466-78-9	94
12	15.257	0.11	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	15284	003338-55-4	98
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15243	000502-99-8	97
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15240	000502-99-8	94
13	16.117	0.12	C:\Database\NIST05a.L Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	14425	000099-87-6	97
			Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	14428	000527-84-4	97
			Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	14426	000535-77-3	95
14	16.640	0.25	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene	15169	029050-33-7	98
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15339	000586-62-9	97
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	96
15	16.776	0.19	C:\Database\NIST05a.L Octanal	12028	000124-13-0	97
			Octanal	12031	000124-13-0	95
			Octanal	12030	000124-13-0	81
16	17.409	0.04	C:\Database\NIST05a.L 4-Methyl-1,5-Heptadiene	5794	000998-94-7	59
			Trifluoroacetyl-lavandulol	91686	028673-24-7	59
			1,6-Octadiene, 3,5-dimethyl-, trans-	16389	074630-87-8	50
17	21.712	0.05	C:\Database\NIST05a.L 9,10-Diazatricyclo[4.4.0.0(2,8)]dec-9-ene	15717	1000142-35-1	38
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 6-methylene-	2573	054211-16-4	35
			3-Cyclohexene-1-methanol	6361	001679-51-2	35
18	24.027	0.42	C:\Database\NIST05a.L cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	94
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	94
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-, cis-	25783	029803-82-5	64
19	24.327	0.12	C:\Database\NIST05a.L Acetic acid, octyl ester	37517	000112-14-1	86
			Acetic acid, nonyl ester	47225	000143-13-5	78
			Acetic acid, octyl ester	37520	000112-14-1	78

Continuación del apéndice 14.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-008.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 15:13
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 5
 Misc : P 1a calidad 3 h ext
 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
20	26.965	0.10	C:\Database\NIST05a.L cis-4-Decenal	25532	021662-09-9	91
			cis-4-Decenal	25522	021662-09-9	86
			2-Pentenal, (E)-	1379	001576-87-0	42
21	27.265	6.67	C:\Database\NIST05a.L 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25636	000078-70-6	86
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25643	000078-70-6	86
			Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,3,3-trimethyl-	15345	000488-97-1	64
22	27.466	0.29	C:\Database\NIST05a.L Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	93
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	25750	000562-74-3	64
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	60
23	27.679	2.80	C:\Database\NIST05a.L 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, 2-aminobenzoate	107591	007149-26-0	91
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	54271	000115-95-7	91
			1,5-Dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl butyrate	74331	000078-36-4	86
24	28.071	0.11	C:\Database\NIST05a.L 2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-, trans-	25802	029803-81-4	97
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	47
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-, cis-	25780	029803-82-5	43
25	29.640	2.47	C:\Database\NIST05a.L 3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	25752	000562-74-3	96
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	25750	000562-74-3	95
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, (R)-	25784	020126-76-5	94
26	30.568	0.08	C:\Database\NIST05a.L 2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-, cis-	25780	029803-82-5	97
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-, trans-	25802	029803-81-4	90
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	49
27	31.464	0.15	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexane, 1-methylene-4-(1-methylethenyl)-	15332	000499-97-8	62
			.beta.-Phellandrene	15201	000555-10-2	50
			Cyclopentene, 3-isopropenyl-5,5-dimethyl-	15308	1000162-25-4	50
28	32.251	0.17	C:\Database\NIST05a.L trans-2,7-Dimethyl-4,6-octadien-2-	25673	1000281-69-5	53

ACEITES ESE...WAX SCAN 2.M Mon Mar 24 12:47:12 2014

Page: 3

Continuación del apéndice 14.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-008.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 15:13
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 5
 Misc : P 1a calidad 3 h ext
 ALS Vial : 5 Sample Multiplier: 1

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

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

*k#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			ol			
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha.4-trimethyl- Guanidine	25797 252	000098-55-5 000113-00-8	50 43
29	32.569	0.58	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z) 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl- 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24148 24106 24150	000106-26-3 005392-40-5 000106-26-3	96 90 83
30	33.447	23.94	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methyle thylidene)- 1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)- (+)-4-Carene	15334 15357 15169	000586-62-9 000099-86-5 029050-33-7	90 90 87
31	33.561	12.71	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-tr imethyl- Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methyle thylidene)- Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methyle thylidene)-	15317 15334 15340	000554-61-0 000586-62-9 000586-62-9	90 90 87
32	34.148	0.15	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)- 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)- 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54279 54283 54282	000141-12-8 000141-12-8 000141-12-8	91 91 78
33	34.366	0.06	C:\Database\NIST05a.L Eudesma-4(14),11-diene Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2- (1-methylethenyl)-4-(1-methylethyl idene)- 1,5-Cyclodecadiene, 1,5-dimethyl-8 -(1-methylethylidene)-, (E,E)-	59851 59969 59934	1000152-04-3 003242-08-8 015423-57-1	96 96 94
34	34.480	0.94	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E) 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl- 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24151 24102 24109	000141-27-5 005392-40-5 005392-40-5	96 94 94
35	35.267	1.05	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)- 4-Hexen-1-ol, 5-methyl-2-(1-methyl ethenyl)-, acetate 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54284 54303 54285	000105-87-3 025905-14-0 000105-87-3	91 83 83
36	35.408	0.13	C:\Database\NIST05a.L 1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)-	15357	000099-86-5	90

Continuación del apéndice 14.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-008.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 15:13
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 5
 Misc : P la calidad 3 h ext
 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
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-(+)-4-Carene	15322	000554-61-0	87
				15169	029050-33-7	87
37	35.639	0.06	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)-	60068	030021-74-0	98
			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	97
			Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)-	60057	039029-41-9	96
38	36.895	0.10	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)-	44381	000105-86-2	59
			Trifluoroacetyl-lavandulol	91686	028673-24-7	47
			2-Pentene, 4-methyl-, (E)-	1491	000674-76-0	46
39	37.050	0.05	C:\Database\NIST05a.L (E)-2-Butenoic acid, 2-(methylenecyclopropyl)prop-2-yl ester	42987	1000158-24-3	64
			Cyclopropanecarboxylic acid, tridec-2-ynyl ester	101435	1000299-38-2	64
			2-Octene, 2-methyl-6-methylene-	16350	010054-09-8	64
40	38.560	2.19	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)-	25634	000624-15-7	86
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, formate	25692	000106-24-1	83
				44350	000115-99-1	72
41	44.996	0.84	C:\Database\NIST05a.L 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, (E)-	72942	040716-66-3	91
			1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, [S-(Z)]-	72952	000142-50-7	91
			1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, [S-(Z)]-	72953	000142-50-7	91
42	50.714	0.09	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trimethyl-, (E,E)-	71405	000502-67-0	52
			2-Octene, 2-methyl-6-methylene-	16350	010054-09-8	52
			Pentane, 1,5-dibromo-	77494	000111-24-0	47
43	51.928	0.03	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)-	44379	000105-86-2	64
			.beta.-d-Mannofuranoside, O-geranyl	134429	1000154-77-2	53
			Geranyl vinyl ether	43052	1000132-11-4	50

Continuación del apéndice 14.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-008.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 15:13
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 5
 Misc : P 1a calidad 3 h ext
 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
44	52.110	0.16	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime thyl-, (E,E)- 2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime thyl-, (E,E)- 2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime thyl-	71404 71403 71392	000502-67-0 000502-67-0 019317-11-4	95 91 89
45	54.080	0.07	C:\Database\NIST05a.L Geranic acid 11-Dodecen-2-one, 7,7-dimethyl- 2-Butenoic acid, methyl ester, (Z)	34553 64391 3666	000459-80-3 035194-22-0 004358-59-2	80 59 53
46	54.662	0.22	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-tri imethyl-, (Z,E)- 1,5-Heptadiene, 3,3,6-trimethyl- Trifluoroacetyl-lavandulol	72947 16360 91686	003790-71-4 035387-63-4 028673-24-7	78 58 53
47	55.312	0.05	C:\Database\NIST05a.L cis,trans-3-Ethylbicyclo[4.4.0]dec ane Trans, trans-2-ethylbicyclo[4.4.0] decane 5-(1-Bromo-1-methyl-ethyl)-2-methy l-cyclohexanol	33560 33571 80680	066660-41-1 066660-37-5 1000188-65-7	43 43 27

Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

15. Búsqueda del componente químico más probable en cada pico del cromatograma del aceite esencial de cardamomo de primera calidad para un tiempo de extracción de 240 minutos

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-004.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 11:17
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 3
 Misc : P 1a calidad 4 h ext
 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	6.301	0.06	C:\Database\NIST05a.L Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	90
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	72
2	8.116	1.55	C:\Database\NIST05a.L 1S-.alpha.-Pinene	15185	007785-26-4	96
			1R-.alpha.-Pinene	15186	007785-70-8	95
			1R-.alpha.-Pinene	15188	007785-70-8	95
3	8.420	0.09	C:\Database\NIST05a.L Ammonia	6	007664-41-7	2
			Water	7	007732-18-5	1
4	10.431	0.38	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethy 1-2-methylene-, (1S)-	15390	018172-67-3	96
			.beta.-Pinene	15176	000127-91-3	94
			Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethy 1-2-methylene-, (1S)-	15384	018172-67-3	93
5	10.813	3.46	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Phellandrene	15200	000555-10-2	94
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl- 1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	91
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene- 1-(1-methylethyl)-	15379	003387-41-5	91
6	12.027	1.92	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Myrcene	15180	000123-35-3	86
			.beta.-Myrcene	15177	000123-35-3	81
			Ethanone, 1-cyclopropyl-2-(4-pyrid inyl)-	30170	006580-95-6	59
7	12.746	0.33	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene	15169	029050-33-7	98
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-tr imethyl-	15319	000554-61-0	96
			1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)-	15349	000099-86-5	95
8	13.506	2.61	C:\Database\NIST05a.L D-Limonene	15164	005989-27-5	95
			D-Limonene	15165	005989-27-5	94
			D-Limonene	15162	005989-27-5	93
9	14.220	31.01	C:\Database\NIST05a.L Eucalyptol	25507	000470-82-6	97
			Eucalyptol	25509	000470-82-6	97
			Eucalyptol	25508	000470-82-6	96
10	14.597	0.05	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)-	15285	003779-61-1	97
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)-	15282	003779-61-1	96
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)-	15281	003338-55-4	91

ACEITES ESE...WAX SCAN 2.M Mon Mar 24 12:42:53 2014

Page: 1

Continuación del apéndice 15.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-004.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 11:17
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 3
 Misc : P 1a calidad 4 h ext
 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
			Z)-			
11	15.189	0.61	C:\Database\NIST05a.L 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15353	000099-85-4	95
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15347	000099-85-4	94
			3-Carene	15157	013466-78-9	94
12	15.257	0.11	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	15284	003338-55-4	98
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15243	000502-99-8	97
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15240	000502-99-8	94
13	16.117	0.12	C:\Database\NIST05a.L Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	14429	000527-84-4	97
			Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	14430	000527-84-4	97
			Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	14428	000527-84-4	97
14	16.644	0.26	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene	15169	029050-33-7	98
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	98
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15338	000586-62-9	96
15	16.781	0.19	C:\Database\NIST05a.L Octanal	12028	000124-13-0	97
			Octanal	12031	000124-13-0	95
			Octanal	12030	000124-13-0	81
16	17.413	0.04	C:\Database\NIST05a.L Trifluoroacetyl-lavandulol	91686	028673-24-7	53
			4-Methyl-1,5-Heptadiene	5794	000998-94-7	53
			1,5-Heptadiene, 2,6-dimethyl-	10353	006709-39-3	45
17	21.716	0.04	C:\Database\NIST05a.L 2-Methylenebicyclo[2.1.1]hexane	2569	005164-65-8	43
			1-Hepten-6-yne	2540	065939-59-5	38
			9,10-Diazatricyclo[4.4.0.0(2,8)]dec-9-ene	15717	1000142-35-1	38
18	24.027	0.44	C:\Database\NIST05a.L cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	94
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	94
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	25751	000562-74-3	72
19	24.327	0.12	C:\Database\NIST05a.L Acetic acid, nonyl ester	47225	000143-13-5	83
			Acetic acid, octyl ester	37517	000112-14-1	78
			Acetic acid, octyl ester	37520	000112-14-1	78

Continuación del apéndice 15.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-004.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 11:17
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 3
 Misc : P la calidad 4 h ext
 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
20	26.970	0.10	C:\Database\NIST05a.L cis-4-Decenal	25532	021662-09-9	91
			cis-4-Decenal	25522	021662-09-9	80
			2-Cyclohexen-1-one, 4-hydroxy-	6216	030182-12-8	43
21	27.270	6.79	C:\Database\NIST05a.L 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25643	000078-70-6	86
			Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,3,3-trimethyl-	15345	000488-97-1	64
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	54271	000115-95-7	52
22	27.475	0.31	C:\Database\NIST05a.L Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	93
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	93
			cis-.beta.-Terpineol	25554	007299-40-3	59
23	27.684	2.67	C:\Database\NIST05a.L 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, 2-aminobenzoate	107591	007149-26-0	91
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	54271	000115-95-7	91
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, propanoate	64225	000144-39-8	80
24	28.075	0.13	C:\Database\NIST05a.L 2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m ethylethyl)-, trans-	25802	029803-81-4	96
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m ethylethyl)-, cis-	25780	029803-82-5	52
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	50
25	29.649	2.62	C:\Database\NIST05a.L 3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)-	25752	000562-74-3	96
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)-	25750	000562-74-3	95
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)-, (R)-	25784	020126-76-5	94
26	30.572	0.08	C:\Database\NIST05a.L 2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m ethylethyl)-, cis-	25780	029803-82-5	97
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m ethylethyl)-, trans-	25802	029803-81-4	81
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	55
27	31.468	0.16	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Phellandrene	15201	000555-10-2	50
			Cyclohexane, 1-methylene-4-(1-meth ylethenyl)-	15332	000499-97-8	50
			.beta.-Phellandrene	15198	000555-10-2	50
28	32.255	0.17	C:\Database\NIST05a.L 3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha.4-trimethyl-	25797	000098-55-5	56
			7-Octen-2-ol, 2-methyl-6-methylene	25669	000543-39-5	56

Continuación del apéndice 15.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-004.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 11:17
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 3
 Misc : P la calidad 4 h ext
 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
			trans-2,7-Dimethyl-4,6-octadien-2-ol	25673	1000281-69-5	53
29	32.574	0.60	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24148	000106-26-3	95
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24107	005392-40-5	83
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24150	000106-26-3	83
30	33.451	24.56	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene	15169	029050-33-7	90
			1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15357	000099-86-5	90
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15334	000586-62-9	90
31	33.574	12.24	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15334	000586-62-9	90
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	87
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15322	000554-61-0	87
32	34.152	0.15	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54279	000141-12-8	91
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54283	000141-12-8	91
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (Z)-	25690	000106-25-2	87
33	34.375	0.05	C:\Database\NIST05a.L .gamma.-Elemene	59818	030824-67-0	95
			.gamma.-Elemene	59817	030824-67-0	93
			Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2-(1-methylethenyl)-4-(1-methylethylidene)-	59969	003242-08-8	93
34	34.489	1.00	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	24151	000141-27-5	96
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24109	005392-40-5	94
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24102	005392-40-5	91
35	35.012	0.04	C:\Database\NIST05a.L 2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-, trans-	25804	016721-39-4	90
			2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-, cis-	25786	016721-38-3	86
			2-Pentylcyclopentanone	25564	1000191-05-3	49
36	35.275	1.05	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54284	000105-87-3	91
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54285	000105-87-3	83
			4-Hexen-1-ol, 5-methyl-2-(1-methylethenyl)-, acetate	54303	025905-14-0	83

Continuación del apéndice 15.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-004.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 11:17
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 3
 Misc : P la calidad 4 h ext
 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
37	35.416	0.13	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene	15169	029050-33-7	87
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15317	000554-61-0	87
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15322	000554-61-0	87
38	35.644	0.04	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)-	60057	039029-41-9	97
			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	92
			Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)-	60062	039029-41-9	91
39	36.899	0.11	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)-	44381	000105-86-2	59
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (Z)-	25690	000106-25-2	55
			1-Butene, 2,3-dimethyl-	1475	000563-78-0	46
40	37.049	0.03	C:\Database\NIST05a.L (E)-2-Butenoic acid, 2-(methylenecyclopropyl)prop-2-yl ester	42987	1000158-24-3	72
			2,3,5-Trimethyl-2,3,5-hexanetricarbonitrile	59002	003974-79-6	64
			Cyclopentane, bromo-	22044	000137-43-9	58
41	38.564	2.13	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-	25634	000624-15-7	86
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)-	25692	000106-24-1	83
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)-	44381	000105-86-2	72
42	45.000	0.79	C:\Database\NIST05a.L 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, [S-(Z)]-	72953	000142-50-7	91
			1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, (E)-	72942	040716-66-3	91
			1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, [S-(Z)]-	72952	000142-50-7	91
43	50.714	0.09	C:\Database\NIST05a.L 1,6,10,14-Hexadecatetraen-3-ol, 3,7,11,15-tetramethyl-, (E,E)-	118743	001113-21-9	50
			Geranyl vinyl ether	43052	1000132-11-4	50
			Nerolidol 1	72902	1000285-43-5	50

Continuación del apéndice 15.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-004.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 11:17
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 3
 Misc : P la calidad 4 h ext
 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
44	52.110	0.16	C:\Database\NIST05a.L			
			2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime thyl-, (E,E)-	71405	000502-67-0	89
			2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime thyl-, (E,E)-	71404	000502-67-0	87
			2-Butene, 2,3-dimethyl-	1478	000563-79-1	53
45	52.874	0.04	C:\Database\NIST05a.L			
			Eicosane	113490	000112-95-8	81
			Tricosane	139232	000638-67-5	74
			Octacosane	169721	000630-02-4	74
46	54.080	0.09	C:\Database\NIST05a.L			
			Geranic acid	34553	000459-80-3	86
			11-Dodecen-2-one, 7,7-dimethyl-	64391	035194-22-0	59
			Neric acid	34552	004613-38-1	56
47	54.666	0.21	C:\Database\NIST05a.L			
			Squalene	173554	007683-64-9	72
			Propanoic acid, 2,2-dimethyl-, [(E ,E)-3,7,11-trimethyl-2,6,10-dodeca trien-1-yl] ester	128667	1000164-38-8	64
			1,5-Heptadiene, 3,3,6-trimethyl-	16360	035387-63-4	53
48	55.317	0.05	C:\Database\NIST05a.L			
			Trans, trans-2-ethylbicyclo[4.4.0] decane	33571	066660-37-5	35
			Cyclopentane, (3-methylbutylidene)	16383	053366-51-1	25
			Pentaleno[1,2-b]oxirene, octahydro -, (1a.alpha.,1b.beta.,4a.alpha.,5 a.alpha.)-	10262	055449-70-2	25
49	58.501	0.05	C:\Database\NIST05a.L			
			Pentacosane	153747	000629-99-2	78
			Eicosane	113490	000112-95-8	49
			Pentadecane	66067	000629-62-9	49

Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

16. Búsqueda del componente químico más probable en cada pico del cromatograma del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad para un tiempo de extracción de 120 minutos

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-016.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 23:09
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 9
 Misc : P 2a calidad 2 h ext
 ALS Vial : 9 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	6.137	0.03	C:\Database\NIST05a.L Butanal, 3-methyl- Butanal, 3-methyl- Butanal, 3-methyl-	1712 1714 1709	000590-86-3 000590-86-3 000590-86-3	90 90 78
2	6.301	0.18	C:\Database\NIST05a.L Ethyl alcohol Ethyl alcohol Ethyl alcohol	95 94 93	000064-17-5 000064-17-5 000064-17-5	91 91 37
3	8.111	1.35	C:\Database\NIST05a.L 1S-.alpha.-Pinene 1R-.alpha.-Pinene .alpha.-Pinene	15185 15188 15181	007785-26-4 007785-70-8 000080-56-8	96 95 95
4	8.420	0.10	C:\Database\NIST05a.L Ammonia Water	6 7	007664-41-7 007732-18-5	2 1
5	10.431	0.35	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethy 1-2-methylene-, (1S)- .beta.-Pinene .beta.-Pinene	15390 15171 15176	018172-67-3 000127-91-3 000127-91-3	96 94 94
6	10.809	3.39	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Phellandrene Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene- 1-(1-methylethyl)- Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl- 1-(1-methylethyl)-	15200 15379 15374	000555-10-2 003387-41-5 028634-89-1	94 91 91
7	12.018	1.71	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Myrcene .beta.-Myrcene Ethanone, 1-cyclopropyl-2-(4-pyrid inyl)-	15180 15177 30170	000123-35-3 000123-35-3 006580-95-6	86 81 59
8	12.742	0.27	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene 1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)- Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-tr imethyl-	15169 15349 15319	029050-33-7 000099-86-5 000554-61-0	98 97 96
9	13.510	2.24	C:\Database\NIST05a.L D-Limonene D-Limonene D-Limonene	15164 15165 15162	005989-27-5 005989-27-5 005989-27-5	96 94 93
10	14.229	33.63	C:\Database\NIST05a.L Eucalyptol Eucalyptol Eucalyptol	25509 25507 25508	000470-82-6 000470-82-6 000470-82-6	97 97 96
11	14.593	0.05	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (15285	003779-61-1	97

Continuación del apéndice 16.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-016.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 23:09
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 9
 Misc : P 2a calidad 2 h ext
 ALS Vial : 9 Sample Multiplier: 1

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

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

k#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			E)- 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)- .alpha.-Pinene	15282	003779-61-1	96
				15178	000080-56-8	91
12	15.180	0.51	C:\Database\NIST05a.L 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)- 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)- 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)-	15355	000099-85-4	97
				15353	000099-85-4	95
				15354	000099-85-4	94
13	15.253	0.10	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)- 1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl- 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	15284	003338-55-4	98
				15243	000502-99-8	97
				15283	003338-55-4	91
14	16.112	0.09	C:\Database\NIST05a.L Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)- Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)- Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	14428	000527-84-4	97
				14430	000527-84-4	97
				14425	000099-87-6	97
15	16.635	0.22	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methyle thylidene)- Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methyle thylidene)-	15169	029050-33-7	98
				15340	000586-62-9	96
				15338	000586-62-9	96
16	16.776	0.24	C:\Database\NIST05a.L Octanal Octanal Octanal	12032	000124-13-0	95
				12031	000124-13-0	90
				12030	000124-13-0	87
17	17.404	0.04	C:\Database\NIST05a.L Trifluoroacetyl-lavandulol 4-Methyl-1,5-Heptadiene 1,6-Octadiene, 2,7-dimethyl-	91686	028673-24-7	53
				5794	000998-94-7	53
				16335	040195-09-3	50
18	21.707	0.05	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.0]hexane, 6-methylene- 2-Methylenebicyclo[2.1.1]hexane Cyclopentyl acetylene	2573	054211-16-4	38
				2569	005164-65-8	38
				2547	054140-30-6	32
19	24.018	0.48	C:\Database\NIST05a.L Terpineol, cis-.beta.- cis-.beta.-Terpineol 3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)-	25561	007299-41-4	95
				25549	007299-40-3	94
				25751	000562-74-3	72
20	24.318	0.05	C:\Database\NIST05a.L			

Continuación del apéndice 16.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-016.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 23:09
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 9
 Misc : P 2a calidad 2 h ext
 ALS Vial : 9 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
			Acetic acid, octyl ester	37521	000112-14-1	64
			Acetic acid, octyl ester	37517	000112-14-1	64
			Acetic acid, octyl ester	37522	000112-14-1	59
21	26.961	0.05	C:\Database\NIST05a.L			
			cis-4-Decenal	25522	021662-09-9	86
			cis-4-Decenal	25532	021662-09-9	50
			9-Oxabicyclo[6.1.0]nonane, cis-	11083	004925-71-7	27
22	27.265	7.08	C:\Database\NIST05a.L			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25643	000078-70-6	86
			Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,3	15345	000488-97-1	64
			,3-trimethyl-			
			1,5-Dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl but	74332	000078-36-4	52
			yrate			
23	27.461	0.32	C:\Database\NIST05a.L			
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	94
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	83
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	25783	029803-82-5	55
			ethylethyl)-, cis-			
24	27.679	2.95	C:\Database\NIST05a.L			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-,	107591	007149-26-0	91
			2-aminobenzoate			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-,	54271	000115-95-7	83
			acetate			
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (15283	003338-55-4	80
			Z)-			
25	28.066	0.12	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	25802	029803-81-4	97
			ethylethyl)-, trans-			
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	43
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	25780	029803-82-5	43
			ethylethyl)-, cis-			
26	29.635	2.64	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	25752	000562-74-3	96
			ethylethyl)-			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	25750	000562-74-3	95
			ethylethyl)-			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	25784	020126-76-5	94
			ethylethyl)-, (R)-			
27	30.563	0.08	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	25780	029803-82-5	81
			ethylethyl)-, cis-			
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	64
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	49
28	31.455	0.15	C:\Database\NIST05a.L			
			.beta.-Phellandrene	15201	000555-10-2	50
			Cyclohexane, 1-methylene-4-(1-meth	15332	000499-97-8	50
			ylethenyl)-			
			.beta.-Phellandrene	15198	000555-10-2	50

Continuación del apéndice 16.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-016.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 23:09
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 9
 Misc : P 2a calidad 2 h ext
 ALS Vial : 9 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
29	32.246	0.19	C:\Database\NIST05a.L trans-2,7-Dimethyl-4,6-octadien-2-ol	25673	1000281-69-5	53
			7-Octen-2-ol, 2-methyl-6-methylene-2-methyl-6-methylene-7-octen-4-ol	25669	000543-39-5	50
				25649	014314-21-7	45
30	32.569	0.88	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24148	000106-26-3	95
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24106	005392-40-5	90
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24150	000106-26-3	83
31	33.420	22.97	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15334	000586-62-9	90
			(+)-4-Carene	15169	029050-33-7	90
			1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15357	000099-86-5	90
32	33.538	11.70	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15317	000554-61-0	90
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15334	000586-62-9	90
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15322	000554-61-0	87
33	34.143	0.13	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54283	000141-12-8	91
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54279	000141-12-8	91
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (Z)-	25690	000106-25-2	86
34	34.352	0.05	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[2.2.1]heptane, 2,2-dimethyl-3-methylene-, (1R)-.gamma.-Elemene	15386	005794-03-6	94
				59818	030824-67-0	93
				59817	030824-67-0	93
35	34.484	1.47	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	24151	000141-27-5	96
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24109	005392-40-5	94
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	24141	000141-27-5	94
36	35.248	0.59	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54284	000105-87-3	91
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54285	000105-87-3	83
			Trifluoroacetyl-lavandulol	91686	028673-24-7	43
37	35.403	0.09	C:\Database\NIST05a.L 3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha.,4-trimethyl-, propanoate	64281	000080-27-3	90
			(+)-4-Carene	15169	029050-33-7	87
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15322	000554-61-0	87

Continuación del apéndice 16.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-016.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 23:09
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 9
 Misc : P 2a calidad 2 h ext
 ALS Vial : 9 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
			imethyl-			
38	35.635	0.04	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)-	60068	030021-74-0	99
			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	98
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59954	000483-75-0	98
39	36.890	0.09	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)-	44381	000105-86-2	59
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (Z)-	25690	000106-25-2	55
			Trifluoroacetyl-lavandulol	91686	028673-24-7	47
40	37.045	0.05	C:\Database\NIST05a.L (E)-2-Butenoic acid, 2-(methylenecyclopropyl)prop-2-yl ester	42987	1000158-24-3	64
			1,5-Heptadiene, 3,6-dimethyl-	10352	034891-10-6	53
			Squalene	173554	007683-64-9	50
41	38.551	2.11	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-	25634	000624-15-7	86
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)-	44381	000105-86-2	72
			2,6-Octadiene, 4,5-dimethyl-	16334	018476-57-8	58
42	44.992	0.70	C:\Database\NIST05a.L 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, [S-(Z)]-	72952	000142-50-7	91
			1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, [S-(Z)]-	72953	000142-50-7	91
			1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, (E)-	72942	040716-66-3	91
43	50.709	0.08	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trimethyl-, (E,E)-	71405	000502-67-0	62
			6,10-Dodecadien-1-yn-3-ol, 3,7,11-trimethyl-	71399	002387-68-0	53
			2-Octene, 2-methyl-6-methylene-	16350	010054-09-8	52
44	52.106	0.15	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trimethyl-, (E,E)-	71404	000502-67-0	93
			2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trimethyl-, (E,E)-	71405	000502-67-0	89
			2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trimethyl-, (E,E)-	71403	000502-67-0	83
45	54.071	0.05	C:\Database\NIST05a.L			

Continuación del apéndice 16.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-016.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 23:09
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 9
 Misc : P 2a calidad 2 h ext
 ALS Vial : 9 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
			Geranic acid	34553	000459-80-3	72
			2-Butenoic acid, methyl ester, (E)	3661	000623-43-8	53
			2-Butenoic acid, methyl ester, (E)	3664	000623-43-8	53
46	54.657	0.16	C:\Database\NIST05a.L Hexadeca-2,6,10,14-tetraen-1-ol, 3,7,11,16-tetramethyl-, (E,E,E)-	118745	007614-21-3	78
			Squalene	173554	007683-64-9	72
			1,5-Heptadiene, 3,3,6-trimethyl-	16360	035387-63-4	58
47	55.312	0.06	C:\Database\NIST05a.L cis,trans-3-Ethylbicyclo[4.4.0]decane	33560	066660-41-1	35
			5-(1-Bromo-1-methyl-ethyl)-2-methyl-cyclohexanol	80680	1000188-65-7	27
			7-Oxabicyclo[4.1.0]heptane, 1-(2,3-dimethyl-1,3-butadienyl)-2,2,6-trimethyl-, (E)-	71454	059744-12-6	18

Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

17. Búsqueda del componente químico más probable en cada pico del cromatograma del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad para un tiempo de extracción de 180 minutos

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-000.D
 Title :
 Acq On : 19 Mar 2014 12:03
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 1
 Misc : P 2a calidad 3 h ext
 ALS Vial : 1 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	6.142	0.02	C:\Database\NIST05a.L Butanal, 3-methyl- Butanal, 3-methyl- Pentanal	1714 1712 1677	000590-86-3 000590-86-3 000110-62-3	90 86 53
2	6.305	0.06	C:\Database\NIST05a.L Ethyl alcohol Ethyl alcohol Ethyl alcohol	95 94 93	000064-17-5 000064-17-5 000064-17-5	91 91 78
3	8.129	1.71	C:\Database\NIST05a.L 1R-.alpha.-Pinene 1S-.alpha.-Pinene 1R-.alpha.-Pinene	15186 15185 15188	007785-70-8 007785-26-4 007785-70-8	96 96 95
4	8.430	0.08	C:\Database\NIST05a.L Ammonia Water	6 7	007664-41-7 007732-18-5	2 1
5	9.244	0.02	C:\Database\NIST05a.L Camphene Camphene Camphene	15161 15160 15159	000079-92-5 000079-92-5 000079-92-5	97 95 94
6	10.440	0.42	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl- 1-2-methylene-, (1S)- .beta.-Pinene .beta.-Pinene	15390 15171 15176	018172-67-3 000127-91-3 000127-91-3	96 94 94
7	10.840	3.80	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl- 1-(1-methylethyl)- .beta.-Phellandrene Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene- 1-(1-methylethyl)-	15374 15200 15379	028634-89-1 000555-10-2 003387-41-5	91 91 91
8	12.041	2.15	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Myrcene .beta.-Myrcene Ethanone, 1-cyclopropyl-2-(4-pyridinyl)-	15180 15177 30170	000123-35-3 000123-35-3 006580-95-6	86 81 59
9	12.755	0.35	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl- 1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15169 15319 15349	029050-33-7 000554-61-0 000099-86-5	98 97 95
10	13.606	2.89	C:\Database\NIST05a.L D-Limonene D-Limonene D-Limonene	15164 15165 15162	005989-27-5 005989-27-5 005989-27-5	97 95 93
11	14.334	27.88	C:\Database\NIST05a.L Eucalyptol	25509	000470-82-6	99

Continuación del apéndice 17.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-000.D
 Title :
 Acq On : 19 Mar 2014 12:03
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 1
 Misc : P 2a calidad 3 h ext
 ALS Vial : 1 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
			Eucalyptol	25507	000470-82-6	97
			Eucalyptol	25508	000470-82-6	96
12	14.625	0.06	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)-	15285	003779-61-1	97
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)-	15282	003779-61-1	96
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	15281	003338-55-4	95
13	15.221	0.68	C:\Database\NIST05a.L 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15347	000099-85-4	94
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15354	000099-85-4	94
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15353	000099-85-4	93
14	15.275	0.11	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	15284	003338-55-4	98
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15243	000502-99-8	97
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15240	000502-99-8	94
15	16.130	0.11	C:\Database\NIST05a.L Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	14425	000099-87-6	97
			Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	14428	000527-84-4	97
			Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	14430	000527-84-4	97
16	16.658	0.29	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene	15169	029050-33-7	98
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	96
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15338	000586-62-9	96
17	16.790	0.23	C:\Database\NIST05a.L Octanal	12031	000124-13-0	95
			Octanal	12028	000124-13-0	87
			Octanal	12030	000124-13-0	81
18	17.418	0.05	C:\Database\NIST05a.L 4-Methyl-1,5-Heptadiene	5794	000998-94-7	53
			2-Methyl-4-bromo-1-butene	22045	020038-12-4	53
			3-Butyn-2-ol, 2-methyl-	1401	000115-19-5	52
19	18.705	0.02	C:\Database\NIST05a.L 5-Hepten-2-one, 6-methyl-	11034	000110-93-0	50
			5-Hepten-2-one, 6-methyl-	11033	000110-93-0	40
			1-Hepten-6-one, 2-methyl-	11019	010408-15-8	38
20	21.712	0.05	C:\Database\NIST05a.L 9,10-Diazatricyclo[4.4.0.0(2,8)]de	15717	1000142-35-1	38

Continuación del apéndice 17.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-000.D
 Title :
 Acq On : 19 Mar 2014 12:03
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 1
 Misc : P 2a calidad 3 h ext
 ALS Vial : 1 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
			c-9-ene			
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 6-methylene-	2573	054211-16-4	38
			4,6-Heptadien-1-ol, (Z)-	6343	118495-96-8	37
21	22.539	0.03	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Octenal, (E)-	10977	002548-87-0	91
			2-Octenal, (E)-	10976	002548-87-0	90
			2-Octenal, (E)-	10975	002548-87-0	53
22	24.031	0.50	C:\Database\NIST05a.L			
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	97
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	91
			2,4,4-Trimethyl-1-hexene	11198	051174-12-0	38
23	24.327	0.07	C:\Database\NIST05a.L			
			Acetic acid, octyl ester	37517	000112-14-1	86
			Acetic acid, octyl ester	37520	000112-14-1	72
			Acetic acid, octyl ester	37521	000112-14-1	64
24	25.319	0.05	C:\Database\NIST05a.L			
			Decanal	27019	000112-31-2	87
			Decanal	27021	000112-31-2	86
			2-Octen-1-ol, (E)-	12066	018409-17-1	45
25	26.970	0.10	C:\Database\NIST05a.L			
			cis-4-Decenal	25532	021662-09-9	91
			cis-4-Decenal	25522	021662-09-9	86
			2H-Pyran, 3,4-dihydro-	1395	000110-87-2	38
26	27.311	6.78	C:\Database\NIST05a.L			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-,	107591	007149-26-0	58
			2-aminobenzoate			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-,	44354	000115-99-1	52
			formate			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-,	54267	000115-95-7	52
			acetate			
27	27.484	0.35	C:\Database\NIST05a.L			
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	96
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	25783	029803-82-5	91
			ethylethyl)-, cis-			
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	81
28	27.743	3.29	C:\Database\NIST05a.L			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-,	107591	007149-26-0	91
			2-aminobenzoate			
			1,5-Dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl but	74331	000078-36-4	90
			yrate			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-,	64225	000144-39-8	90
			propanoate			
29	28.102	0.12	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	25802	029803-81-4	96
			ethylethyl)-, trans-			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	25780	029803-82-5	74
			ethylethyl)-, cis-			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	25783	029803-82-5	70

Continuación del apéndice 17.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-000.D
 Title :
 Acq On : 19 Mar 2014 12:03
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 1
 Misc : P 2a calidad 3 h ext
 ALS Vial : 1 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
			ethylethyl)-, cis-			
30	28.853	0.03	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,7,7-t rimethyl-, acetate, (1S-endo)- Acetic acid, 1,7,7-trimethyl-bicyc lo[2.2.1]hept-2-yl ester Acetic acid, 1,7,7-trimethyl-bicyc lo[2.2.1]hept-2-yl ester	54340 54323 54321	005655-61-8 092618-89-8 092618-89-8	99 98 98
31	29.676	2.78	C:\Database\NIST05a.L 3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)- 3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)- 3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)-, (R)-	25752 25751 25784	000562-74-3 000562-74-3 020126-76-5	95 95 94
32	30.572	0.08	C:\Database\NIST05a.L 2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m ethylethyl)-, cis- 2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m ethylethyl)-, cis- Terpineol, cis-.beta.-	25780 25783 25561	029803-82-5 029803-82-5 007299-41-4	93 83 64
33	31.473	0.18	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexane, 1-methylene-4-(1-meth ylethenyl)- Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl- 1-(1-methylethyl)- Cyclopentene, 3-isopropenyl-5,5-di methyl-	15332 15374 15308	000499-97-8 028634-89-1 1000162-25-4	58 52 50
34	32.260	0.19	C:\Database\NIST05a.L trans-2,7-Dimethyl-4,6-octadien-2- ol p-menth-1-en-8-ol 7-Octen-2-ol, 2-methyl-6-methylene	25673 25545 25669	1000281-69-5 1000157-89-9 000543-39-5	53 50 50
35	32.592	0.90	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z) 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl- 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24148 24106 24150	000106-26-3 005392-40-5 000106-26-3	96 86 72
36	33.738	36.18	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methyle thylidene)- Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-tr imethyl- Ocimene	15334 15317 15148	000586-62-9 000554-61-0 029714-87-2	90 90 87
37	34.129	0.03	C:\Database\NIST05a.L 1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-met hylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E)]- Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isoprop yl-5-methyl-9-methylene-	59960 59918	023986-74-5 150320-52-8	95 93

Continuación del apéndice 17.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-000.D
 Title :
 Acq On : 19 Mar 2014 12:03
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 1
 Misc : P 2a calidad 3 h ext
 ALS Vial : 1 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
			(+)-Epi-bicyclosesquiphellandrene	59869	054324-03-7	91
38	34.202	0.18	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54279	000141-12-8	91
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54283	000141-12-8	91
			4-Hexen-1-ol, 5-methyl-2-(1-methyl ethenyl)-, acetate	54303	025905-14-0	86
39	34.557	1.57	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	24151	000141-27-5	96
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24109	005392-40-5	94
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	24141	000141-27-5	94
40	34.634	0.05	C:\Database\NIST05a.L cis-Dodec-5-enal	44523	068820-33-7	91
			trans-Dodec-5-enal	44526	068820-34-8	91
			Z-1,6-Undecadiene	24376	1000245-71-1	87
41	35.035	0.04	C:\Database\NIST05a.L 2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-m ethylethyl)-, trans-	25804	016721-39-4	97
			2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-m ethylethyl)-, cis-	25782	016721-38-3	97
			2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-m ethylethyl)-, cis-	25786	016721-38-3	64
42	35.294	0.82	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54284	000105-87-3	91
			4-Hexen-1-ol, 5-methyl-2-(1-methyl ethenyl)-, acetate	54303	025905-14-0	83
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)-	44381	000105-86-2	50
43	35.444	0.13	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-tr imethyl-	15317	000554-61-0	87
			Bicyclo[2.2.1]hept-2-ene, 1,7,7-tr imethyl-	15320	000464-17-5	87
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-tr imethyl-	15322	000554-61-0	87
44	35.685	0.06	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahyd ro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59954	000483-75-0	98
			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	96
			Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-oct ahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-m ethylethyl)-, (1.alpha.,4a.beta.,8 a.alpha.)-	60062	039029-41-9	95
45	36.909	0.13	C:\Database\NIST05a.L			

Continuación del apéndice 17.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-000.D
 Title :
 Acq On : 19 Mar 2014 12:03
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 1
 Misc : P 2a calidad 3 h ext
 ALS Vial : 1 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
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)- Trifluoroacetyl-lavandulol	44381 91686	000105-86-2 028673-24-7	64 50
			2-Pentene, 4-methyl-, (Z)-	1485	000691-38-3	46
46	37.063	0.07	C:\Database\NIST05a.L (E)-2-Butenoic acid, 2-(methylenecyclopropyl)prop-2-yl ester	42987	1000158-24-3	64
			1,5-Heptadiene, 2,6-dimethyl- Cyclopentane, bromo-	10363 22044	006709-39-3 000137-43-9	53 50
47	38.228	0.03	C:\Database\NIST05a.L .gamma.-Elemene .gamma.-Elemene Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2-(1-methylethenyl)-4-(1-methylethylidene)-	59818 59808 59969	030824-67-0 339154-91-5 003242-08-8	87 87 78
48	38.587	2.16	C:\Database\NIST05a.L 4-Hexen-1-ol, 5-methyl-2-(1-methyl-ethenyl)-, (R)- 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl- 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)-	25771 25634 25692	000498-16-8 000624-15-7 000106-24-1	86 86 83
49	43.440	0.02	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, decahydro-4a-methyl-1-methylene-7-(1-methylethylidene)-, (4aR-trans)- .beta.-Guaiene .beta.-Panasinene	59991 59807 59841	000515-17-3 000088-84-6 1000159-39-0	74 55 53
50	45.028	1.08	C:\Database\NIST05a.L 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, (E)- 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, [S-(Z)]- 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, [S-(Z)]-	72942 72952 72953	040716-66-3 000142-50-7 000142-50-7	94 91 91
51	45.560	0.02	C:\Database\NIST05a.L Octanoic Acid Octanoic Acid Octanoic Acid	20066 20065 20063	000124-07-2 000124-07-2 000124-07-2	91 86 86
52	50.723	0.12	C:\Database\NIST05a.L 2-Pentene, 2-methyl- Cyclopropane, 1,1,2-trimethyl- N-Cyano-3-methylbut-2-enamine	1455 1494 5586	000625-27-4 004127-45-1 146072-39-1	49 49 49
53	51.937	0.04	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-, acetate, (E,E)- 2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl- 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)-	101446 72934 44379	004128-17-0 004602-84-0 000105-86-2	80 72 72

Continuación del apéndice 17.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-000.D
 Title :
 Acq On : 19 Mar 2014 12:03
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 1
 Misc : P 2a calidad 3 h ext
 ALS Vial : 1 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
54	52.124	0.22	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime thyl-, (E,E)-	71404	000502-67-0	93
			2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime thyl-	71392	019317-11-4	89
			2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime thyl-, (E,E)-	71405	000502-67-0	80
55	52.874	0.03	C:\Database\NIST05a.L Eicosane	113490	000112-95-8	91
			Heptacosane	165301	000593-49-7	91
			Heptadecane	85524	000629-78-7	91
56	53.698	0.03	C:\Database\NIST05a.L 9-Decenoic acid	36054	014436-32-9	86
			Bicyclo[3.2.0]heptan-2-one	5674	029268-42-6	46
			Cycloundecene (Z)	24374	013151-61-6	46
57	54.084	0.07	C:\Database\NIST05a.L Geranic acid	34553	000459-80-3	90
			11-Dodecen-2-one, 7,7-dimethyl-	64391	035194-22-0	64
			Neric acid	34552	004613-38-1	64
58	54.676	0.24	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-tri methyl-, (Z,E)-	72947	003790-71-4	78
			2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime thyl-	71392	019317-11-4	72
			(E,E)-7,11,15-Trimethyl-3-methylen e-hexadeca-1,6,10,14-tetraene	107090	070901-63-2	59
59	55.326	0.06	C:\Database\NIST05a.L 3,4-Hexadienal, 2-butyl-2-ethyl-5- methyl-	52820	023739-80-2	59
			Trans, trans-2-ethylbicyclo[4.4.0]	33571	066660-37-5	50
			decane			
			trans, cis-3-Ethylbicyclo[4.4.0]de cane	33562	066660-43-3	43
60	58.501	0.03	C:\Database\NIST05a.L Heptacosane	165301	000593-49-7	64
			Tetracosane	146922	000646-31-1	58
			Eicosane	113490	000112-95-8	58
61	65.997	0.04	C:\Database\NIST05a.L 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec ane	100942	017455-13-9	43
			15-Crown-5	70736	033100-27-5	43
			15-Crown-5	70737	033100-27-5	38
62	72.488	0.07	C:\Database\NIST05a.L n-Hexadecanoic acid	96234	000057-10-3	95
			n-Hexadecanoic acid	96233	000057-10-3	95
			n-Hexadecanoic acid	96235	000057-10-3	76

Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

18. Búsqueda del componente químico más probable en cada pico del cromatograma del aceite esencial de cardamomo de segunda calidad para un tiempo de extracción de 240 minutos

```

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
Data File : 130309-006.D
Title :
Acq On : 20 Mar 2014 13:16
Operator : AdeM
Sample : Muestra 4
Misc : P 2a calidad 4 h ext
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	6.301	0.04	C:\Database\NIST05a.L Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	90
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	86
2	8.116	1.60	C:\Database\NIST05a.L 1S-.alpha.-Pinene	15185	007785-26-4	96
			1R-.alpha.-Pinene	15188	007785-70-8	95
			1R-.alpha.-Pinene	15186	007785-70-8	95
3	8.420	0.08	C:\Database\NIST05a.L Ammonia	6	007664-41-7	2
			Water	7	007732-18-5	1
4	10.431	0.38	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethy l-2-methylene-, (1S)- .beta.-Pinene	15390	018172-67-3	96
			Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethy l-2-methylene-, (1S)-	15176	000127-91-3	94
				15384	018172-67-3	93
5	10.813	3.42	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Phellandrene	15200	000555-10-2	94
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene- 1-(1-methylethyl)-	15379	003387-41-5	91
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl- 1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	91
6	12.027	1.98	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Myrcene	15180	000123-35-3	86
			.beta.-Myrcene	15177	000123-35-3	81
			Ethanone, 1-cyclopropyl-2-(4-pyrid inyl)-	30170	006580-95-6	59
7	12.746	0.34	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene	15169	029050-33-7	98
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-tr imethyl-	15319	000554-61-0	97
			1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)-	15349	000099-86-5	95
8	13.519	2.69	C:\Database\NIST05a.L D-Limonene	15164	005989-27-5	96
			D-Limonene	15165	005989-27-5	95
			D-Limonene	15162	005989-27-5	93
9	14.220	30.13	C:\Database\NIST05a.L Eucalyptol	25509	000470-82-6	97
			Eucalyptol	25507	000470-82-6	97
			Eucalyptol	25508	000470-82-6	96
10	14.597	0.05	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)-	15285	003779-61-1	97
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)-	15282	003779-61-1	96
			.alpha.-Pinene	15178	000080-56-8	91

Continuación del apéndice 18.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-006.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 13:16
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 4
 Misc : P 2a calidad 4 h ext
 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
11	15.189	0.65	C:\Database\NIST05a.L 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)- 3-Carene	15353	000099-85-4	95
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15157	013466-78-9	94
				15347	000099-85-4	94
12	15.257	0.11	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	15284	003338-55-4	98
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15243	000502-99-8	97
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15240	000502-99-8	94
13	16.117	0.12	C:\Database\NIST05a.L Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	14425	000099-87-6	97
			Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	14428	000527-84-4	97
			Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	14430	000527-84-4	97
14	16.640	0.27	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene	15169	029050-33-7	98
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	96
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15339	000586-62-9	96
15	16.781	0.20	C:\Database\NIST05a.L Octanal	12028	000124-13-0	95
			Octanal	12031	000124-13-0	95
			Octanal	12030	000124-13-0	87
16	17.408	0.04	C:\Database\NIST05a.L Trifluoroacetyl-lavandulol	91686	028673-24-7	59
			4-Methyl-1,5-Heptadiene	5794	000998-94-7	59
			2-Methyl-4-bromo-1-butene	22045	020038-12-4	53
17	21.711	0.04	C:\Database\NIST05a.L 9,10-Diazatricyclo[4.4.0.0(2,8)]dec-9-ene	15717	1000142-35-1	47
			Pentalene, 1,2,3,3a,4,6a-hexahydro	5360	005549-09-7	37
			Bicyclo(3.2.1)oct-2-ene	5290	000823-02-9	37
18	24.027	0.44	C:\Database\NIST05a.L Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	95
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	91
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	25751	000562-74-3	72
19	24.322	0.07	C:\Database\NIST05a.L Acetic acid, octyl ester	37522	000112-14-1	86
			Acetic acid, octyl ester	37517	000112-14-1	86
			Acetic acid, decyl ester	57070	000112-17-4	78
20	26.965	0.10	C:\Database\NIST05a.L			

Continuación del apéndice 18.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-006.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 13:16
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 4
 Misc : P 2a calidad 4 h ext
 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
			cis-4-Decenal	25522	021662-09-9	90
			cis-4-Decenal	25532	021662-09-9	86
			2H-Pyran, 3,4-dihydro-	1393	000110-87-2	35
21	27.265	6.55	C:\Database\NIST05a.L			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25643	000078-70-6	86
			Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,3	15345	000488-97-1	64
			,3-trimethyl-			
			1,5-Dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl but	74332	000078-36-4	52
			yrate			
22	27.470	0.30	C:\Database\NIST05a.L			
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	93
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	93
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	25750	000562-74-3	64
			ethylethyl)-			
23	27.688	2.96	C:\Database\NIST05a.L			
			1,5-Dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl but	74331	000078-36-4	86
			yrate			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-,	54271	000115-95-7	83
			acetate			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-,	107591	007149-26-0	81
			2-aminobenzoate			
24	28.075	0.12	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	25802	029803-81-4	97
			ethylethyl)-, trans-			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	25780	029803-82-5	50
			ethylethyl)-, cis-			
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	50
25	29.644	2.67	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	25750	000562-74-3	95
			ethylethyl)-			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	25784	020126-76-5	94
			ethylethyl)-, (R)-			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	25752	000562-74-3	93
			ethylethyl)-			
26	30.568	0.08	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	25780	029803-82-5	81
			ethylethyl)-, cis-			
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	60
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	55
27	31.464	0.16	C:\Database\NIST05a.L			
			.beta.-Phellandrene	15201	000555-10-2	50
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha.,	54339	000080-26-2	45
			.alpha.,4-trimethyl-, acetate			
			Tetracyclo[10.4.0.0(2,11).0(3,8)]h	117937	1000157-71-4	43
			exadeca-3(8),4,6,9-tetraene-2-carb			
			onitrile, 1-methyl-14,16-dimethylm			
			ethano -			
28	32.255	0.17	C:\Database\NIST05a.L			
			7-Octen-2-ol, 2-methyl-6-methylene	25669	000543-39-5	50

Continuación del apéndice 18.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-006.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 13:16
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 4
 Misc : P 2a calidad 4 h ext
 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
			trans-2,7-Dimethyl-4,6-octadien-2-ol	25673	1000281-69-5	50
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha.4-trimethyl-	25788	000098-55-5	45
29	32.574	0.77	C:\Database\NIST05a.L			
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24148	000106-26-3	95
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24106	005392-40-5	90
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24150	000106-26-3	83
30	33.461	25.08	C:\Database\NIST05a.L			
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15334	000586-62-9	90
			(+)-4-Carene	15169	029050-33-7	90
			1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15357	000099-86-5	90
31	33.583	12.23	C:\Database\NIST05a.L			
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15334	000586-62-9	90
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15322	000554-61-0	87
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	87
32	34.157	0.16	C:\Database\NIST05a.L			
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54279	000141-12-8	91
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54283	000141-12-8	91
			Butanoic acid, 3,7-dimethyl-2,6-octadienyl ester, (E)-	74343	000106-29-6	83
33	34.375	0.05	C:\Database\NIST05a.L			
			.gamma.-Elemene	59818	030824-67-0	95
			Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-4a,8-dimethyl-2-(1-methylethenyl)-, [2R-(2.alpha.,4a.alpha.,8a.beta.)]-	60054	000473-13-2	95
			.gamma.-Elemene	59817	030824-67-0	94
34	34.493	1.28	C:\Database\NIST05a.L			
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	24151	000141-27-5	96
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24109	005392-40-5	94
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	24141	000141-27-5	94
35	35.012	0.04	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-, trans-	25804	016721-39-4	90
			2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-, cis-	25782	016721-38-3	90
			2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-, cis-	25786	016721-38-3	78
36	35.266	0.74	C:\Database\NIST05a.L			
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54284	000105-87-3	91

Continuación del apéndice 18.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-006.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 13:16
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 4
 Misc : P 2a calidad 4 h ext
 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
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54285	000105-87-3	83
			4-Hexen-1-ol, 5-methyl-2-(1-methylethenyl)-, acetate	54303	025905-14-0	83
37	35.412	0.11	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15339	000586-62-9	87
			(+)-4-Carene	15169	029050-33-7	87
			Bicyclo[2.2.1]hept-2-ene, 1,7,7-trimethyl-	15320	000464-17-5	87
38	35.648	0.05	C:\Database\NIST05a.L 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	96
			Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)-	60057	039029-41-9	95
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59954	000483-75-0	93
39	36.899	0.10	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)-	44381	000105-86-2	59
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (Z)-	25690	000106-25-2	55
			1,5-Heptadiene, 2,6-dimethyl-	10363	006709-39-3	49
40	37.049	0.04	C:\Database\NIST05a.L (E)-2-Butenoic acid, 2-(methylenecyclopropyl)prop-2-yl ester	42987	1000158-24-3	64
			Cyclopentane, bromo-	22044	000137-43-9	50
			2,3'-Bifuran, 2,2',3',5-tetrahydro	16787	098869-93-3	50
41	38.560	1.91	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)-	25634	000624-15-7	86
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)-	25692	000106-24-1	83
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)-	44381	000105-86-2	72
42	45.000	0.90	C:\Database\NIST05a.L 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, [S-(Z)]-	72953	000142-50-7	91
			1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, (E)-	72942	040716-66-3	91
			Nerolidol 2	72901	1000285-43-6	91
43	50.714	0.10	C:\Database\NIST05a.L 1-Formyl-2,2,6-trimethyl-3-trans-(3-methyl-but-2-enyl)-5-cyclohexene	71433	1000144-09-9	50
			2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trimethyl-, (E,E)-	71405	000502-67-0	49
			2-Pentene, 2-methyl-	1455	000625-27-4	46

Continuación del apéndice 18.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-006.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 13:16
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 4
 Misc : P 2a calidad 4 h ext
 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
44	52.110	0.18	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime thyl-, (E,E)-	71404	000502-67-0	93
			2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime thyl-, (E,E)-	71403	000502-67-0	91
			2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime thyl-, (E,E)-	71405	000502-67-0	80
45	53.693	0.04	C:\Database\NIST05a.L Bromoacetic acid, 10-undecenyl est er	118155	195373-65-0	53
			11-Dodecenol	45968	035289-31-7	52
			1,10-Decanediol	38811	000112-47-0	49
46	54.080	0.08	C:\Database\NIST05a.L Geranic acid	34553	000459-80-3	86
			Neric acid	34552	004613-38-1	64
			2-Butenoic acid, methyl ester, (E)	3664	000623-43-8	53
47	54.666	0.20	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-tr imethyl-, (Z,E)-	72947	003790-71-4	78
			Cyclopropanecarboxylic acid, trid ec-2-ynyl ester	101435	1000299-38-2	53
			1,5-Heptadiene, 3,3,6-trimethyl-	16360	035387-63-4	53
48	55.317	0.07	C:\Database\NIST05a.L cis,trans-3-Ethylbicyclo[4.4.0]dec ane	33560	066660-41-1	38
			Naphthalene, 2-butyldecahydro-	52931	006305-52-8	35
			3,5-Octadiene, 2,2,4,5,7,7-hexamet hyl-, (E,Z)-	52951	055712-52-2	35
49	58.501	0.04	C:\Database\NIST05a.L Nonadecane	104271	000629-92-5	50
			Octadecane	94929	000593-45-3	50
			Heptacosane	165301	000593-49-7	50
50	65.983	0.05	C:\Database\NIST05a.L 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec ane	100940	017455-13-9	49
			Octaethylene glycol	161142	1000289-34-2	49
			15-Crown-5	70736	033100-27-5	47

Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

19. Búsqueda del componente químico más probable en cada pico del cromatograma del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad para un tiempo de extracción de 120 minutos

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-002.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 9:20
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 2
 Misc : P 3a calidad 2 h ext
 ALS Vial : 2 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	6.091	0.02	C:\Database\NIST05a.L			
			Butanal, 2-methyl-	1711	000096-17-3	94
			Butanal, 2-methyl-	1715	000096-17-3	91
			Butyl glyoxylate	12813	006295-06-3	59
2	6.137	0.03	C:\Database\NIST05a.L			
			Butanal, 3-methyl-	1712	000590-86-3	94
			Butanal, 3-methyl-	1714	000590-86-3	90
			Butanal, 3-methyl-	1713	000590-86-3	74
3	6.310	0.78	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	78
4	8.134	1.68	C:\Database\NIST05a.L			
			1R-.alpha.-Pinene	15186	007785-70-8	96
			1S-.alpha.-Pinene	15185	007785-26-4	96
			1R-.alpha.-Pinene	15188	007785-70-8	95
5	8.452	0.11	C:\Database\NIST05a.L			
			Ammonia	6	007664-41-7	2
			Water	7	007732-18-5	1
6	9.239	0.03	C:\Database\NIST05a.L			
			Camphene	15161	000079-92-5	97
			Camphene	15159	000079-92-5	96
			Bicyclo[2.2.1]heptane, 2,2-dimethyl-3-methylene-, (1S)-	15387	005794-04-7	96
7	9.517	0.02	C:\Database\NIST05a.L			
			Hexanal	3688	000066-25-1	91
			Hexanal	3684	000066-25-1	90
			Hexanal	3689	000066-25-1	74
8	10.444	0.45	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-.beta.-Pinene	15390	018172-67-3	94
			Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	15176	000127-91-3	94
			Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	15384	018172-67-3	93
9	10.872	3.83	C:\Database\NIST05a.L			
			.beta.-Phellandrene	15200	000555-10-2	91
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	91
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	15379	003387-41-5	91
10	12.050	2.15	C:\Database\NIST05a.L			
			.beta.-Myrcene	15180	000123-35-3	86
			.beta.-Myrcene	15177	000123-35-3	81
			Ethanone, 1-cyclopropyl-2-(4-pyridinyl)-	30170	006580-95-6	59
11	12.851	0.33	C:\Database\NIST05a.L			
			(+)-4-Carene	15169	029050-33-7	98

Continuación del apéndice 19.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-002.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 9:20
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 2
 Misc : P 3a calidad 2 h ext
 ALS Vial : 2 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
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15319	000554-61-0	97
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15317	000554-61-0	95
12	13.619	3.02	C:\Database\NIST05a.L			
			D-Limonene	15164	005989-27-5	97
			D-Limonene	15162	005989-27-5	95
			Limonene	15153	000138-86-3	94
13	14.261	27.67	C:\Database\NIST05a.L			
			Eucalyptol	25507	000470-82-6	97
			Eucalyptol	25509	000470-82-6	97
			Eucalyptol	25508	000470-82-6	96
14	14.697	0.06	C:\Database\NIST05a.L			
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)-	15285	003779-61-1	97
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)-	15282	003779-61-1	96
			Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,7,7-trimethyl-	15346	000508-32-7	91
15	15.289	0.76	C:\Database\NIST05a.L			
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15347	000099-85-4	94
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15354	000099-85-4	94
			3-Carene	15157	013466-78-9	94
16	16.176	0.15	C:\Database\NIST05a.L			
			Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	14428	000527-84-4	97
			Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	14425	000099-87-6	97
			Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	14430	000527-84-4	97
17	16.699	0.28	C:\Database\NIST05a.L			
			(+)-4-Carene	15169	029050-33-7	98
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	96
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15339	000586-62-9	96
18	16.831	0.29	C:\Database\NIST05a.L			
			Octanal	12031	000124-13-0	93
			Octanal	12030	000124-13-0	87
			Octanal	12028	000124-13-0	87
19	17.440	0.05	C:\Database\NIST05a.L			
			1,5-Heptadiene, 3,6-dimethyl-(E)-2-Butenoic acid, 2-(methylenecyclopropyl)prop-2-yl ester	10352	034891-10-6	59
			4-Methyl-1,5-Heptadiene	42987	1000158-24-3	53
				5794	000998-94-7	53
20	18.728	0.03	C:\Database\NIST05a.L			

Continuación del apéndice 19.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-002.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 9:20
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 2
 Misc : P 3a calidad 2 h ext
 ALS Vial : 2 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
			5-Hepten-2-one, 6-methyl-	11034	000110-93-0	60
			5-Hepten-2-one, 6-methyl-	11018	000110-93-0	43
			5-Hepten-2-one, 6-methyl-	11033	000110-93-0	38
21	21.730	0.06	C:\Database\NIST05a.L 9,10-Diazatricyclo[4.4.0.0(2,8)]de c-9-ene	15717	1000142-35-1	47
			2-Methylenebicyclo[2.1.1]hexane	2569	005164-65-8	43
			Cyclopentyl acetylene	2547	054140-30-6	32
22	22.557	0.03	C:\Database\NIST05a.L 2-Octenal, (E)-	10976	002548-87-0	90
			2-Octenal, (E)-	10975	002548-87-0	86
			2-Octenal, (E)-	10977	002548-87-0	83
23	24.063	0.67	C:\Database\NIST05a.L Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	91
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	91
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)-	25751	000562-74-3	80
24	24.350	0.07	C:\Database\NIST05a.L Acetic acid, octyl ester	37520	000112-14-1	64
			Acetic acid, octyl ester	37522	000112-14-1	64
			Acetic acid, octyl ester	37521	000112-14-1	52
25	25.127	0.02	C:\Database\NIST05a.L Pentanoic acid, 2-hydroxy-3-methyl -, methyl ester	21161	041654-19-7	74
			1,3,5-Norcaratriene	2318	004646-69-9	40
			Propane, 2,2'-[ethylidenebis(oxy)] bis-	21284	004285-59-0	10
26	25.355	0.02	C:\Database\NIST05a.L Decanal	27019	000112-31-2	91
			Decanal	27023	000112-31-2	87
			Decanal	27021	000112-31-2	86
27	26.365	0.02	C:\Database\NIST05a.L Pentanoic acid, 2-hydroxy-4-methyl -, (.+/-)-	13871	010303-64-7	38
			4-Heptanol, 2,6-dimethyl-	20352	000108-82-7	38
			2-Propenoic acid, 2-methyl-, propy l ester	11941	002210-28-8	38
28	27.015	0.10	C:\Database\NIST05a.L cis-4-Decenal	25532	021662-09-9	91
			cis-4-Decenal	25522	021662-09-9	86
			2-Pentenal, (E)-	1379	001576-87-0	42
29	27.384	7.27	C:\Database\NIST05a.L 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25636	000078-70-6	70
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25643	000078-70-6	64
			1,5-Dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl but yrate	74331	000078-36-4	52
30	27.520	0.44	C:\Database\NIST05a.L			

Continuación del apéndice 19.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-002.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 9:20
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 2
 Misc : P 3a calidad 2 h ext
 ALS Vial : 2 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
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	94
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	93
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methyl-2-ethyl-ethyl)-, cis-	25783	029803-82-5	55
31	27.829	3.62	C:\Database\NIST05a.L			
			1,5-Dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl butyrate	74331	000078-36-4	91
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, 2-aminobenzoate	107591	007149-26-0	91
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	15283	003338-55-4	90
32	28.157	0.14	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methyl-2-ethyl-ethyl)-, trans-	25802	029803-81-4	97
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methyl-2-ethyl-ethyl)-, cis-	25780	029803-82-5	52
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	50
33	28.894	0.03	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,7,7-trimethyl-, acetate, (1S-endo)-	54340	005655-61-8	98
			Acetic acid, 1,7,7-trimethyl-bicyclo[2.2.1]hept-2-yl ester	54321	092618-89-8	98
			Bornyl acetate	54231	000076-49-3	93
34	29.735	3.17	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methyl-2-ethyl-ethyl)-, (R)-	25784	020126-76-5	95
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methyl-2-ethyl-ethyl)-, (R)-	25781	020126-76-5	95
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methyl-2-ethyl-ethyl)-	25745	000562-74-3	95
35	30.590	0.09	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methyl-2-ethyl-ethyl)-, cis-	25780	029803-82-5	87
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methyl-2-ethyl-ethyl)-, trans-	25802	029803-81-4	83
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	50
36	31.141	0.04	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Decenal, (E)-	25539	003913-81-3	80
			2-Methylene cyclopentanol	3162	020461-31-8	64
			2-Decenal, (Z)-	25535	002497-25-8	64
37	31.491	0.22	C:\Database\NIST05a.L			
			.beta.-Phellandrene	15201	000555-10-2	50
			Tetracyclo[10.4.0.0(2,11).0(3,8)]hexadeca-3(8),4,6,9-tetraene-2-carbonitrile, 1-methyl-14,16-dimethylmethano-	117937	1000157-71-4	43
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	38
38	32.282	0.24	C:\Database\NIST05a.L			

Continuación del apéndice 19.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-002.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 9:20
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 2
 Misc : P 3a calidad 2 h ext
 ALS Vial : 2 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
			7-Octen-2-ol, 2-methyl-6-methylene	25669	000543-39-5	50
			2-methyl-6-methylene-7-octen-4-ol	25649	014314-21-7	50
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha.4-trimethyl-	25788	000098-55-5	50
39	32.615	1.09	C:\Database\NIST05a.L			
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24148	000106-26-3	95
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24106	005392-40-5	80
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24150	000106-26-3	78
40	33.561	32.79	C:\Database\NIST05a.L			
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methyle thylidene)-	15334	000586-62-9	90
			1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)-	15357	000099-86-5	90
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methyle thylidene)-	15340	000586-62-9	87
41	34.284	0.20	C:\Database\NIST05a.L			
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54283	000141-12-8	87
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54279	000141-12-8	87
			4-Hexen-1-ol, 5-methyl-2-(1-methyl ethenyl)-, acetate	54303	025905-14-0	80
42	34.652	1.93	C:\Database\NIST05a.L			
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	24151	000141-27-5	96
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24102	005392-40-5	94
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24109	005392-40-5	94
43	35.071	0.04	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-m ethylethyl)-, trans-	25804	016721-39-4	91
			2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-m ethylethyl)-, cis-	25782	016721-38-3	60
			Cyclopentanone, 2-(1-methylpropyl)	18127	006376-92-7	49
44	35.335	0.76	C:\Database\NIST05a.L			
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54284	000105-87-3	91
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)-	44379	000105-86-2	86
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54285	000105-87-3	83
45	35.489	0.13	C:\Database\NIST05a.L			
			1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)-	15357	000099-86-5	90
			Bicyclo[2.2.1]hept-2-ene, 1,7,7-tr imethyl-	15320	000464-17-5	87
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methyle thylidene)-	15334	000586-62-9	83
46	35.744	0.06	C:\Database\NIST05a.L			
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahyd ro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59954	000483-75-0	98

Continuación del apéndice 19.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-002.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 9:20
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 2
 Misc : P 3a calidad 2 h ext
 ALS Vial : 2 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
			Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)-	60068	030021-74-0	97
			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	96
47	36.731	0.02	C:\Database\NIST05a.L (Z)-4-Decen-1-ol Cyclodecene, (Z)- 1-Dodecyne	27052 16293 33486	057074-37-0 000935-31-9 000765-03-7	90 76 64
48	36.927	0.12	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)- 1-Butene, 2,3-dimethyl- 1,5-Heptadiene, 2,6-dimethyl-	44381 1475 10363	000105-86-2 000563-78-0 006709-39-3	59 46 46
49	37.081	0.06	C:\Database\NIST05a.L (E)-2-Butenoic acid, 2-(methylenecyclopropyl)prop-2-yl ester 1,6-Octadiene, 2,7-dimethyl- 3-Butyn-2-ol, 2-methyl-	42987 16335 1401	1000158-24-3 040195-09-3 000115-19-5	72 53 53
50	37.536	0.02	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)- 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)- 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54283 54282 54285	000141-12-8 000141-12-8 000105-87-3	91 83 78
51	38.250	0.03	C:\Database\NIST05a.L .gamma.-Elemene .gamma.-Elemene .gamma.-Elemene	59808 59818 59817	339154-91-5 030824-67-0 030824-67-0	94 70 70
52	38.632	2.55	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)- 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)-	25634 25692 44381	000624-15-7 000106-24-1 000105-86-2	86 83 72
53	40.142	0.02	C:\Database\NIST05a.L 1,1'-Bicyclooctyl 6-Methyl-1,5-heptadiene 2-Heptene, 4-methyl-, (E)-	73061 5791 6559	006708-17-4 007270-50-0 066225-17-0	43 38 35
54	42.394	0.02	C:\Database\NIST05a.L Epoxy-.alpha.-terpenyl acetate 2-Cyclohexen-1-one, 4-(2-oxopropyl)- Hydroxy-.alpha.-terpenyl acetate	65593 24958 65595	1000293-00-8 056051-94-6 1000293-00-9	90 43 38

Continuación del apéndice 19.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-002.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 9:20
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 2
 Misc : P 3a calidad 2 h ext
 ALS Vial : 2 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
55	43.445	0.01	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, decahydro-4a-methyl-1-methylene-7-(1-methylethylidene)-, (4aR-trans)- 1H-Cyclopropa[a]naphthalene, 1a,2,3,5,6,7,7a,7b-octahydro-1,1,7,7a-tetramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,7.alpha.,7a.alpha.,7b.alpha.)]- Isoledene	59991 60097 59783	000515-17-3 017334-55-3 1000156-10-8	83 78 78
56	45.041	1.05	C:\Database\NIST05a.L 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, (E)- 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, [S-(Z)]- Nerolidol 2	72942 72953 72901	040716-66-3 000142-50-7 1000285-43-6	91 91 91
57	45.560	0.03	C:\Database\NIST05a.L Octanoic Acid Octanoic Acid Octanoic Acid	20066 20063 20065	000124-07-2 000124-07-2 000124-07-2	91 86 83
58	49.690	0.03	C:\Database\NIST05a.L 1-Hydroxy-1,7-dimethyl-4-isopropyl-2,7-cyclodecadiene Ethanone, 1-(3-methylenecyclopentyl)- Cyclopentanecarboxylic acid, 3-methylene-, 1,7,7-trimethylbicyclo[2.2.1]hept-2-yl ester	72955 10232 100143	072120-50-4 054829-98-0 074793-59-2	53 38 38
59	50.723	0.11	C:\Database\NIST05a.L 1-Butene, 3,3-dimethyl- 2-Pentene, 2-methyl- 2-Pentene, 4-methyl-, (Z)-	1480 1455 1484	000558-37-2 000625-27-4 000691-38-3	46 46 46
60	51.937	0.05	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-, acetate, (E,E)- Propanoic acid, 2,2-dimethyl-, [(E),E]-3,7,11-trimethyl-2,6,10-dodecatrien-1-yl] ester 2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-	101445 128667 72934	004128-17-0 1000164-38-8 004602-84-0	90 83 64
61	52.124	0.23	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trimethyl-, (E,E)- 2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trimethyl-, (E,E)- Furan, 2,3-dihydro-3-methyl-	71404 71405 1418	000502-67-0 000502-67-0 001708-27-6	93 80 58
62	52.224	0.02	C:\Database\NIST05a.L Acetic acid, 1-methyl-1-(4-methyl-5-oxo-cyclohex-3-enyl)ethyl ester 5-Oxobicyclo[2.2.1]heptane, 2-hydroxy-1,7,7-trimethyl-, acetate	64149 64137	086421-35-4 1000196-75-5	91 40

Continuación del apéndice 19.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-002.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 9:20
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 2
 Misc : P 3a calidad 2 h ext
 ALS Vial : 2 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-Acetyl-3-amino-4-cyano-3-pyrroli ne	23742	002125-74-8	18
63	52.879	0.03	C:\Database\NIST05a.L Tricosane	139233	000638-67-5	94
			Heptacosane	165301	000593-49-7	91
			Eicosane	113490	000112-95-8	91
64	53.693	0.04	C:\Database\NIST05a.L 9-Decenoic acid	36054	014436-32-9	93
			4-Cycloocten-1-one	10152	006925-14-0	50
			2(1H)-Naphthalenone, octahydro-, t rans-	24177	016021-08-2	46
65	54.080	0.07	C:\Database\NIST05a.L Geranic acid	34553	000459-80-3	90
			11-Dodecen-2-one, 7,7-dimethyl-	64391	035194-22-0	64
			1,5-Heptadiene, 3,3,6-trimethyl-	16360	035387-63-4	59
66	54.675	0.26	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-tr imethyl-	72931	004602-84-0	83
			2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-tr imethyl-, (Z,E)-	72947	003790-71-4	78
			2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime thyl-	71392	019317-11-4	72
67	55.330	0.10	C:\Database\NIST05a.L Trans, trans-2-ethylbicyclo[4.4.0] decane	33571	066660-37-5	43
			cis,trans-3-Ethylbicyclo[4.4.0]dec ane	33560	066660-41-1	43
			2(1H)-Pyridinone, 1,4,6-trimethyl-	16218	015031-89-7	30
68	58.505	0.03	C:\Database\NIST05a.L Heptacosane	165301	000593-49-7	81
			Octacosane	169721	000630-02-4	76
			Eicosane	113490	000112-95-8	76
69	59.652	0.02	C:\Database\NIST05a.L 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-tr imethyl-	72933	007212-44-4	45
			2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-tr imethyl-	72934	004602-84-0	43
			Squalene	173556	007683-64-9	38
70	64.123	0.02	C:\Database\NIST05a.L 15-Crown-5	70738	033100-27-5	49
			15-Crown-5	70735	033100-27-5	49
			Octaethylene glycol	161142	1000289-34-2	46
71	66.002	0.05	C:\Database\NIST05a.L 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec ane	100942	017455-13-9	25
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec ane	100940	017455-13-9	25
			Pentaethylene glycol	83342	004792-15-8	22

Continuación del apéndice 19.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
Data File : 130309-002.D
Title :
Acq On : 20 Mar 2014 9:20
Operator : AdeM
Sample : Muestra 2
Misc : P 3a calidad 2 h ext
ALS Vial : 2 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
72	72.492	0.07	C:\Database\NIST05a.L			
			n-Hexadecanoic acid	96235	000057-10-3	97
			n-Hexadecanoic acid	96234	000057-10-3	96
			n-Hexadecanoic acid	96233	000057-10-3	94

Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

20. Búsqueda del componente químico más probable en cada pico del cromatograma del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad para un tiempo de extracción de 180 minutos

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-014.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 21:12
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 8
 Misc : P 3a calidad 3 h ext
 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	8.116	1.41	C:\Database\NIST05a.L 1S-.alpha.-Pinene 1R-.alpha.-Pinene 1R-.alpha.-Pinene	15185 15188 15186	007785-26-4 007785-70-8 007785-70-8	96 95 95
2	8.421	0.08	C:\Database\NIST05a.L Ammonia Water	6 7	007664-41-7 007732-18-5	2 1
3	10.431	0.38	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethy l-2-methylene-, (1S)- .beta.-Pinene .beta.-Pinene	15390 15176 15175	018172-67-3 000127-91-3 000127-91-3	94 94 94
4	10.813	3.22	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Phellandrene Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl- 1-(1-methylethyl)- Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene- 1-(1-methylethyl)-	15200 15374 15379	000555-10-2 028634-89-1 003387-41-5	94 91 91
5	12.023	1.76	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Myrcene .beta.-Myrcene Ethanone, 1-cyclopropyl-2-(4-pyrid inyl)-	15180 15177 30170	000123-35-3 000123-35-3 006580-95-6	86 81 59
6	12.742	0.26	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene 1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)- Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-tr imethyl-	15169 15349 15319	029050-33-7 000099-86-5 000554-61-0	98 97 97
7	13.510	3.72	C:\Database\NIST05a.L D-Limonene D-Limonene D-Limonene	15164 15162 15165	005989-27-5 005989-27-5 005989-27-5	96 93 90
8	14.216	33.93	C:\Database\NIST05a.L Eucalyptol Eucalyptol Eucalyptol	25509 25507 25508	000470-82-6 000470-82-6 000470-82-6	97 97 96
9	14.593	0.05	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)- 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)- 4-Carene, (1S,3S,6R)-(-)-	15285 15282 15216	003779-61-1 003779-61-1 005208-50-4	97 96 91
10	15.184	0.53	C:\Database\NIST05a.L 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)- 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)-	15353 15354	000099-85-4 000099-85-4	95 94

Continuación del apéndice 20.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-014.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 21:12
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 8
 Misc : P 3a calidad 3 h ext
 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
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15347	000099-85-4	94
11	15.253	0.10	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	15284	003338-55-4	98
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15243	000502-99-8	97
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15240	000502-99-8	94
12	16.117	0.12	C:\Database\NIST05a.L Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	14430	000527-84-4	97
			Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	14429	000527-84-4	97
			Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	14428	000527-84-4	97
13	16.635	0.23	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene	15169	029050-33-7	97
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	96
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15339	000586-62-9	96
14	16.776	0.19	C:\Database\NIST05a.L Octanal	12031	000124-13-0	95
			Octanal	12030	000124-13-0	87
			Octanal	12028	000124-13-0	87
15	17.409	0.04	C:\Database\NIST05a.L 2-Methyl-4-bromo-1-butene	22045	020038-12-4	53
			4-Methyl-1,5-Heptadiene	5794	000998-94-7	53
			Neryl nitride	22383	1000108-90-5	45
16	21.707	0.04	C:\Database\NIST05a.L 9,10-Diazatricyclo[4.4.0.0(2,8)]dec-9-ene	15717	1000142-35-1	38
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 6-methylene-	2576	054211-16-4	18
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 6-methylene-	2573	054211-16-4	18
17	24.022	0.44	C:\Database\NIST05a.L cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	94
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	94
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	25751	000562-74-3	72
18	24.318	0.04	C:\Database\NIST05a.L Acetic acid, octyl ester	37517	000112-14-1	72
			Acetic acid, octyl ester	37521	000112-14-1	58
			Acetic acid, decyl ester	57071	000112-17-4	53
19	26.961	0.08	C:\Database\NIST05a.L cis-4-Decenal	25522	021662-09-9	80
			cis-4-Decenal	25532	021662-09-9	64
			2-Cyclohexen-1-one, 4-hydroxy-	6216	030182-12-8	43
20	27.266	6.14	C:\Database\NIST05a.L			

Continuación del apéndice 20.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-014.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 21:12
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 8
 Misc : P 3a calidad 3 h ext
 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-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25643	000078-70-6	86
			Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,3	15345	000488-97-1	64
			,3-trimethyl-			
			1,5-Dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl but	74331	000078-36-4	52
			yrate			
21	27.466	0.31	C:\Database\NIST05a.L			
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	94
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	83
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	25750	000562-74-3	64
			ethylethyl)-			
22	27.689	3.01	C:\Database\NIST05a.L			
			1,5-Dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl but	74331	000078-36-4	86
			yrate			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-,	54271	000115-95-7	83
			acetate			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-,	64225	000144-39-8	80
			propanoate			
23	28.071	0.10	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	25802	029803-81-4	97
			ethylethyl)-, trans-			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	25780	029803-82-5	52
			ethylethyl)-, cis-			
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	49
24	29.640	2.40	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	25784	020126-76-5	95
			ethylethyl)-, (R)-			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	25750	000562-74-3	95
			ethylethyl)-			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	25781	020126-76-5	93
			ethylethyl)-, (R)-			
25	30.563	0.07	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	25802	029803-81-4	90
			ethylethyl)-, trans-			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	25780	029803-82-5	87
			ethylethyl)-, cis-			
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	60
26	31.459	0.15	C:\Database\NIST05a.L			
			Cyclohexane, 1-methylene-4-(1-meth	15332	000499-97-8	58
			ylethenyl)-			
			Cyclopentene, 3-isopropenyl-5,5-di	15308	1000162-25-4	50
			methyl-			
			.beta.-Phellandrene	15201	000555-10-2	50
27	32.251	0.15	C:\Database\NIST05a.L			
			p-menth-1-en-8-ol	25545	1000157-89-9	50
			trans-2,7-Dimethyl-4,6-octadien-2-	25673	1000281-69-5	50
			ol			
			7-Octen-2-ol, 2-methyl-6-methylene	25669	000543-39-5	50
28	32.569	0.80	C:\Database\NIST05a.L			
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24148	000106-26-3	96

Continuación del apéndice 20.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-014.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 21:12
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 8
 Misc : P 3a calidad 3 h ext
 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
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24106	005392-40-5	80
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24150	000106-26-3	78
29	33.443	23.02	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15334	000586-62-9	90
			1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15357	000099-86-5	90
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	87
30	33.575	11.47	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15317	000554-61-0	90
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15334	000586-62-9	90
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	87
31	34.148	0.14	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54283	000141-12-8	91
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54279	000141-12-8	90
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54282	000141-12-8	86
32	34.366	0.06	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2-(1-methylethenyl)-4-(1-methylethylidene)-	59969	003242-08-8	97
			.gamma.-Elemene	59817	030824-67-0	97
			Eudesma-4(14),11-diene	59851	1000152-04-3	95
33	34.493	1.32	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	24151	000141-27-5	96
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24102	005392-40-5	94
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24109	005392-40-5	94
34	35.007	0.03	C:\Database\NIST05a.L 2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-, cis-	25786	016721-38-3	78
			2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-, cis-	25782	016721-38-3	53
			2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-, trans-	25804	016721-39-4	49
35	35.253	0.56	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54284	000105-87-3	91
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54285	000105-87-3	83
			4-Hexen-1-ol, 5-methyl-2-(1-methylethenyl)-, acetate	54303	025905-14-0	83
36	35.408	0.09	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene	15169	029050-33-7	87

Continuación del apéndice 20.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-014.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 21:12
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 8
 Misc : P 3a calidad 3 h ext
 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
			1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15357	000099-86-5	87
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15322	000554-61-0	87
37	35.644	0.04	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)-	60068	030021-74-0	99
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59954	000483-75-0	98
			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	97
38	36.895	0.09	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)-	25689	000106-24-1	78
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)-	25692	000106-24-1	59
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)-	44381	000105-86-2	59
39	37.045	0.04	C:\Database\NIST05a.L (E)-2-Butenoic acid, 2-(methylenecyclopropyl)prop-2-yl ester	42987	1000158-24-3	59
			1,5-Heptadiene, 2,6-dimethyl-	10353	006709-39-3	59
			2-Octene, 2-methyl-6-methylene-	16350	010054-09-8	58
40	38.551	1.76	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-4-Hexen-1-ol, 5-methyl-2-(1-methylethenyl)-, (R)-	25634	000624-15-7	86
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)-	25771	000498-16-8	86
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)-	25692	000106-24-1	83
41	44.996	0.80	C:\Database\NIST05a.L 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, (E)-	72942	040716-66-3	91
			1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, [S-(Z)]-	72953	000142-50-7	91
			Nerolidol 2	72901	1000285-43-6	91
42	45.547	0.03	C:\Database\NIST05a.L Octanoic Acid	20066	000124-07-2	91
			Octanoic Acid	20065	000124-07-2	90
			Octanoic Acid	20063	000124-07-2	83
43	50.709	0.09	C:\Database\NIST05a.L Geranyl vinyl ether	43052	1000132-11-4	50
			2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trimethyl-, (E,E)-	71405	000502-67-0	49
			Cyclopropane, 1,1,2-trimethyl-	1494	004127-45-1	46
44	52.106	0.16	C:\Database\NIST05a.L			

Continuación del apéndice 20.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-014.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 21:12
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 8
 Misc : P 3a calidad 3 h ext
 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
			2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime	71403	000502-67-0	91
			thyl-, (E,E)-			
			2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime	71405	000502-67-0	89
			thyl-, (E,E)-			
			2-Pentene, 4-methyl-	1449	004461-48-7	58
45	52.865	0.03	C:\Database\NIST05a.L			
			Eicosane	113490	000112-95-8	81
			Heptacosane	165301	000593-49-7	81
			Tricosane	139232	000638-67-5	81
46	53.689	0.03	C:\Database\NIST05a.L			
			Propane, 1-(1-methylethoxy)-	4389	000627-08-7	38
			15-Crown-5	70736	033100-27-5	38
			12-Crown-4	40673	000294-93-9	35
47	54.071	0.06	C:\Database\NIST05a.L			
			Geranic acid	34553	000459-80-3	80
			2-Butenoic acid, methyl ester, (Z)	3666	004358-59-2	53
			1,5-Heptadiene, 3,3,6-trimethyl-	16360	035387-63-4	53
48	54.657	0.17	C:\Database\NIST05a.L			
			1,5-Heptadiene, 3,3,6-trimethyl-	16360	035387-63-4	58
			Trifluoroacetyl-lavandulol	91686	028673-24-7	53
			Methanone, dicyclopropyl-	5669	001121-37-5	53
49	55.312	0.09	C:\Database\NIST05a.L			
			cis,trans-3-Ethylbicyclo[4.4.0]dec	33560	066660-41-1	38
			ane			
			3,5-Octadiene, 2,2,4,5,7,7-hexamet	52951	055712-52-2	38
			hyl-, (E,Z)-			
			5-(1-Bromo-1-methyl-ethyl)-2-methy	80680	1000188-65-7	27
			l-cyclohexanol			
50	58.492	0.03	C:\Database\NIST05a.L			
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec	100942	017455-13-9	45
			ane			
			Eicosane	113490	000112-95-8	38
			Pentadecane	66063	000629-62-9	38
51	65.984	0.06	C:\Database\NIST05a.L			
			15-Crown-5	70736	033100-27-5	43
			3,6,9,12-Tetraoxahexadecan-1-ol	91718	001559-34-8	38
			Octaethylene glycol	161142	1000289-34-2	38
52	72.470	0.06	C:\Database\NIST05a.L			
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec	100942	017455-13-9	64
			ane			
			1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec	100940	017455-13-9	59
			ane			
			Hexagol	112856	002615-15-8	53

Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

21. Búsqueda del componente químico más probable en cada pico del cromatograma del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad para un tiempo de extracción de 240 minutos

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-010.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 17:11
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 6
 Misc : P 3a calidad 4 h ext
 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	6.305	0.25	C:\Database\NIST05a.L Ethyl alcohol	95	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	78
2	8.120	1.74	C:\Database\NIST05a.L 1S-.alpha.-Pinene	15185	007785-26-4	96
			1R-.alpha.-Pinene	15188	007785-70-8	95
			1R-.alpha.-Pinene	15186	007785-70-8	95
3	8.420	0.09	C:\Database\NIST05a.L Ammonia	6	007664-41-7	2
			Water	7	007732-18-5	1
4	10.435	0.41	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-.beta.-Pinene	15390	018172-67-3	96
			Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	15176	000127-91-3	94
			Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	15384	018172-67-3	93
5	10.813	3.66	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Phellandrene	15200	000555-10-2	94
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	91
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	15379	003387-41-5	91
6	12.032	2.22	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Myrcene	15180	000123-35-3	86
			.beta.-Myrcene	15177	000123-35-3	81
			Ethanone, 1-cyclopropyl-2-(4-pyridinyl)-	30170	006580-95-6	59
7	12.742	0.36	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene	15169	029050-33-7	98
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15319	000554-61-0	96
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15317	000554-61-0	95
8	13.501	2.86	C:\Database\NIST05a.L D-Limonene	15164	005989-27-5	97
			D-Limonene	15165	005989-27-5	95
			D-Limonene	15162	005989-27-5	93
9	14.211	28.68	C:\Database\NIST05a.L Eucalyptol	25509	000470-82-6	97
			Eucalyptol	25507	000470-82-6	97
			Eucalyptol	25508	000470-82-6	96
10	14.593	0.06	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)-	15285	003779-61-1	97
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)-	15282	003779-61-1	96
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)-	15281	003338-55-4	90

Continuación del apéndice 21.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-010.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 17:11
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 6
 Misc : P 3a calidad 4 h ext
 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
			Z)-			
11	15.184	0.68	C:\Database\NIST05a.L 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15353	000099-85-4	95
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15355	000099-85-4	94
			3-Carene	15157	013466-78-9	94
12	15.252	0.12	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	15284	003338-55-4	98
			1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15243	000502-99-8	97
			3-Carene	15151	013466-78-9	95
13	16.117	0.12	C:\Database\NIST05a.L Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	14425	000099-87-6	97
			Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	14428	000527-84-4	97
			Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	14429	000527-84-4	95
14	16.640	0.29	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene	15169	029050-33-7	98
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	96
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15339	000586-62-9	96
15	16.776	0.20	C:\Database\NIST05a.L Octanal	12028	000124-13-0	97
			Octanal	12031	000124-13-0	95
			Octanal	12030	000124-13-0	81
16	17.409	0.05	C:\Database\NIST05a.L (E)-2-Butenoic acid, 2-(methylenecyclopropyl)prop-2-yl ester	42987	1000158-24-3	53
			4-Methyl-1,5-Heptadiene	5794	000998-94-7	53
			3-Butyn-2-ol, 2-methyl-	1398	000115-19-5	50
17	21.712	0.04	C:\Database\NIST05a.L 9,10-Diazatricyclo[4.4.0.0(2,8)]dec-9-ene	15717	1000142-35-1	37
			Bicyclo[3.2.1]octan-2-ol, exo-	11079	001965-38-4	37
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 6-methylene-	2573	054211-16-4	35
18	24.022	0.41	C:\Database\NIST05a.L Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	95
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	94
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	25751	000562-74-3	72
19	24.322	0.05	C:\Database\NIST05a.L Acetic acid, octyl ester	37520	000112-14-1	83
			Acetic acid, decyl ester	57070	000112-17-4	78
			Acetic acid, octyl ester	37517	000112-14-1	64

Continuación del apéndice 21.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-010.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 17:11
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 6
 Misc : P 3a calidad 4 h ext
 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
20	26.965	0.05	C:\Database\NIST05a.L cis-4-Decenal	25532	021662-09-9	90
			cis-4-Decenal	25522	021662-09-9	86
			2-Pentenal, (E)-	1381	001576-87-0	38
21	27.265	6.28	C:\Database\NIST05a.L 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25636	000078-70-6	93
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25643	000078-70-6	86
			Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,3,3-trimethyl-	15345	000488-97-1	64
22	27.466	0.26	C:\Database\NIST05a.L Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	93
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	60
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-, cis-	25783	029803-82-5	55
23	27.688	3.20	C:\Database\NIST05a.L 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, 2-aminobenzoate	107591	007149-26-0	91
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	54271	000115-95-7	83
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	15283	003338-55-4	80
24	28.071	0.11	C:\Database\NIST05a.L 2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-, trans-	25802	029803-81-4	95
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-, cis-	25780	029803-82-5	58
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	50
25	29.640	2.45	C:\Database\NIST05a.L 3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	25752	000562-74-3	97
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	25750	000562-74-3	95
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, (R)-	25784	020126-76-5	94
26	30.563	0.08	C:\Database\NIST05a.L 2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-, cis-	25780	029803-82-5	81
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	50
			Terpineol, cis-.beta.-	25561	007299-41-4	50
27	31.464	0.16	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexane, 1-methylene-4-(1-methylethenyl)-.beta.-Phellandrene	15332	000499-97-8	52
			.beta.-Phellandrene	15201	000555-10-2	50
			.beta.-Phellandrene	15200	000555-10-2	47
28	32.251	0.15	C:\Database\NIST05a.L 7-Octen-2-ol, 2-methyl-6-methylene	25669	000543-39-5	56
			trans-2,7-Dimethyl-4,6-octadien-2-ol	25673	1000281-69-5	53

Continuación del apéndice 21.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-010.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 17:11
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 6
 Misc : P 3a calidad 4 h ext
 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
			2-(3,4-Dibromo-4-methylcyclohexyl)propan-2-ol	131656	110202-13-6	50
29	32.574	0.78	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24148	000106-26-3	91
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24106	005392-40-5	90
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24150	000106-26-3	83
30	33.461	25.31	C:\Database\NIST05a.L 1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15357	000099-86-5	90
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15334	000586-62-9	90
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	87
31	33.588	12.46	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15322	000554-61-0	90
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15334	000586-62-9	90
			Bicyclo[2.2.1]hept-2-ene, 2,7,7-trimethyl-	15315	000514-14-7	86
32	34.016	0.03	C:\Database\NIST05a.L (+)-Epi-bicyclosesquiphellandrene	59869	054324-03-7	93
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59954	000483-75-0	93
			Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-	59918	150320-52-8	93
33	34.157	0.16	C:\Database\NIST05a.L Butanoic acid, 3,7-dimethyl-2,6-octadienyl ester, (E)-	74343	000106-29-6	91
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54279	000141-12-8	91
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	54283	000141-12-8	91
34	34.375	0.06	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2-(1-methylethenyl)-4-(1-methylethylidene)-	59969	003242-08-8	95
			Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-4a,8-dimethyl-2-(1-methylethenyl)-, [2R-(2.alpha.,4a.alpha.,8a.beta.)]-	60054	000473-13-2	95
			1,5-Cyclodecadiene, 1,5-dimethyl-8-(1-methylethylidene)-, (E,E)-	59934	015423-57-1	94
35	34.493	1.28	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	24151	000141-27-5	96
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24109	005392-40-5	94
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24102	005392-40-5	91
36	35.007	0.03	C:\Database\NIST05a.L 2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methyl-2-propenyl)-	25804	016721-39-4	49

Continuación del apéndice 21.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-010.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 17:11
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 6
 Misc : P 3a calidad 4 h ext
 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
			ethylethyl)-, trans- 2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-m	25782	016721-38-3	49
			ethylethyl)-, cis- 2-Butenal, 3-methyl-	1388	000107-86-8	47
37	35.257	0.66	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54284	000105-87-3	91
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54285	000105-87-3	83
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	54280	000105-87-3	83
38	35.412	0.12	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[2.2.1]hept-2-ene, 1,7,7-tr imethyl-	15316	000464-17-5	87
			(+)-4-Carene	15169	029050-33-7	87
			Bicyclo[2.2.1]hept-2-ene, 1,7,7-tr imethyl-	15320	000464-17-5	87
39	35.644	0.05	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	98
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahyd ro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59954	000483-75-0	98
			Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-oct ahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-m ethylethyl)-, (1.alpha.,4a.beta.,8 a.alpha.)-	60057	039029-41-9	97
40	36.895	0.10	C:\Database\NIST05a.L 2-Pentene, 4-methyl-, (E)-	1491	000674-76-0	46
			1,5-Heptadiene, 2,6-dimethyl-	10363	006709-39-3	46
			1-Butene, 3,3-dimethyl-	1474	000558-37-2	46
41	37.050	0.05	C:\Database\NIST05a.L (E)-2-Butenoic acid, 2-(methylenec yclopropyl)prop-2-yl ester	42987	1000158-24-3	64
			Cyclopropanecarboxylic acid, trid ec-2-ynyl ester	101435	1000299-38-2	64
			1,5-Heptadiene, 2,6-dimethyl-	10353	006709-39-3	59
42	38.555	1.84	C:\Database\NIST05a.L 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl- 4-Hexen-1-ol, 5-methyl-2-(1-methyl ethenyl)-, (R)-	25634	000624-15-7	86
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)-	25771	000498-16-8	86
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)-	25692	000106-24-1	83
43	45.005	1.07	C:\Database\NIST05a.L 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-tr imethyl-, [S-(Z)]-	72953	000142-50-7	91
			1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-tr imethyl-, [S-(Z)]-	72952	000142-50-7	91
			1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-tr	72942	040716-66-3	91

ACEITES ESE...WAX SCAN 2.M Mon Mar 24 12:50:00 2014

Page: 5

Continuación del apéndice 21.

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis cardamomo 1\
 Data File : 130309-010.D
 Title :
 Acq On : 20 Mar 2014 17:11
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra 6
 Misc : P 3a calidad 4 h ext
 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
			imethyl-, (E)-			
44	50.714	0.12	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime thyl-	71392	019317-11-4	64
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl- Nerolidol 1	24102 72902	005392-40-5 1000285-43-5	53 50
45	51.928	0.03	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-tr imethyl-, acetate, (E,E)- Propanoic acid, 2,2-dimethyl-, [(E ,E)-3,7,11-trimethyl-2,6,10-dodeca trien-1-yl] ester	101445	004128-17-0	80
			2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)-	44379	000105-86-2	72
46	52.110	0.21	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime thyl-, (E,E)- 2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trime thyl-, (E,E)- 3,7-Nonadien-2-one, 8-methyl-, (E)	71404 71405 24143	000502-67-0 000502-67-0 035408-14-1	95 83 59
47	53.693	0.04	C:\Database\NIST05a.L 9-Decenoic acid 5-Hexen-2-ol Bicyclo[5.4.0]undecane (trans)	36054 3701 24407	014436-32-9 000626-94-8 021394-30-9	83 27 25
48	54.075	0.07	C:\Database\NIST05a.L Geranic acid 11-Dodecen-2-one, 7,7-dimethyl- Neric acid	34553 64391 34552	000459-80-3 035194-22-0 004613-38-1	86 59 56
49	54.662	0.25	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-tr imethyl-, (E,E)- Trifluoroacetyl-lavandulol 1,5-Heptadiene, 3,3,6-trimethyl-	72944 91686 16360	000106-28-5 028673-24-7 035387-63-4	94 53 53
50	55.317	0.08	C:\Database\NIST05a.L Trans, trans-2-ethylbicyclo[4.4.0] decane Naphthalene, 2-butyldecahydro- 4-Fluorophenyl isocyanate	33571 52931 16063	066660-37-5 006305-52-8 001195-45-5	43 38 30
51	65.993	0.07	C:\Database\NIST05a.L 15-Crown-5 Octaethylene glycol Pentaethylene glycol	70736 161142 83342	033100-27-5 1000289-34-2 004792-15-8	43 43 38
52	72.474	0.07	C:\Database\NIST05a.L n-Hexadecanoic acid 1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec ane n-Hexadecanoic acid	96235 100942 96233	000057-10-3 017455-13-9 000057-10-3	62 58 56

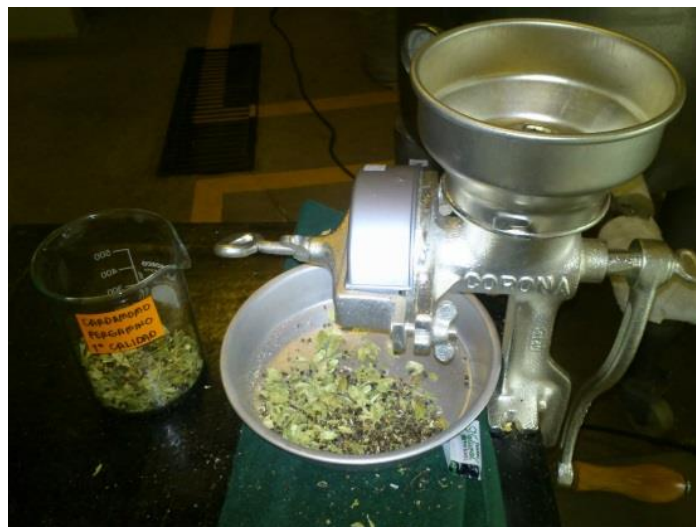
Fuente: elaboración propia. Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, UVG.

22. Clasificación de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIECVE)

23. Reducción de tamaño de partícula del cardamomo pergamino de primera, segunda y tercera calidad por medio de un molino de discos



Continuación del apéndice 23



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE).

24. Medición de porcentaje de humedad de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE).

25. Análisis granulométrico del cardamomo pergamino molido de primera, segunda y tercera calidad



Continuación del apéndice 25.

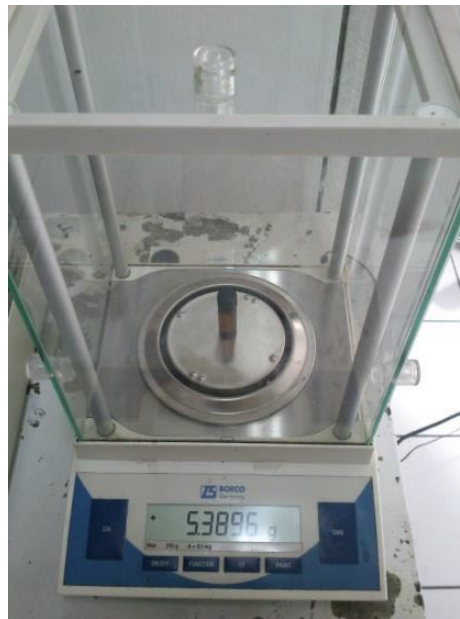


Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC.

26. Extracción de aceite esencial de cardamomo pergamino de primera, segunda y tercera calidad mediante el método de hidrodestilación a escala laboratorio



Continuación del apéndice 26.



Continuación del apéndice 26.




Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEVXE).

27. Medición de densidad e índice de refracción del aceite esencial de cardamomo pergamino de primera, segunda y tercera calidad




Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIECVE).

28. Informe de resultados obtenidos en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE).



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



No. 0765

O.T. No. 32555
No. Informe LIEXVE-QI 12-2014

Interesado: Stephanny Michelle Espina Quiñonez
Estudiante de Ingeniería Química
Camé: 2009-15436

Proyecto: Trabajo de graduación a nivel tesis "Evaluación del rendimiento extractivo y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria Cardamomum* L. Matton.) mediante el método de hidrodestilación a escala laboratorio"

Fecha: Guatemala, 12 de mayo de 2014

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la extracción de aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) a escala laboratorio.

Tabla No.1
Porcentaje de humedad de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) pergamino de primera, segunda y tercera calidad.

Calidad	Repetición	Humedad (%)	Media humedad (%)	Desviación estándar
Primera	1	8.90	9.06	± 0.1401
	2	9.17		
	3	9.10		
Segunda	1	8.65	8.46	± 0.2458
	2	8.18		
	3	8.54		
Tercera	1	7.30	7.23	± 0.3055
	2	6.90		
	3	7.50		

Fuente: datos fase experimental -LIEXVE-

FACULTAD DE INGENIERIA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Página 1 de 8

Continuación del apéndice 28.



No. 0756

Tabla No. 2

Rendimiento del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) de primera calidad.

Tiempo de extracción (min)	Repetición	Masa aceite (g)	Materia prima (g)	Rendimiento (%)	Media rendimiento (%)	Desviación estándar
120	1	2.04	50.06	4.082	3.908	± 0.1505
	2	1.91	50.02	3.821		
	3	1.91	50.04	3.820		
180	1	2.01	50.06	4.015	4.165	± 0.1777
	2	2.06	50.01	4.119		
	3	2.18	50.04	4.362		
240	1	2.16	50.07	4.314	4.431	± 0.1337
	2	2.20	50.01	4.403		
	3	2.29	50.03	4.576		

Fuente: datos fase experimental -LIEXVE-

Tabla No. 3

Rendimiento del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) de segunda calidad

Tiempo de extracción (min)	Repetición	Masa aceite (g)	Materia prima (g)	Rendimiento (%)	Media rendimiento (%)	Desviación estándar
120	1	1.62	50.07	3.235	3.259	±0.0207
	2	1.64	50.08	3.268		
	3	1.64	50.09	3.274		
180	1	1.93	50.04	3.857	3.778	±0.0690
	2	1.88	50.06	3.748		
	3	1.86	50.00	3.729		
240	1	1.93	50.02	3.858	3.894	±0.0350
	2	1.95	50.08	3.896		
	3	1.96	50.01	3.928		

Fuente: datos fase experimental -LIEXVE-

Continuación del apéndice 28.



No. 0767

Tabla No. 4

Rendimiento del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) de tercera calidad.

Tiempo de extracción (min)	Repetición	Masa aceite (g)	Materia prima (g)	Rendimiento (%)	Media rendimiento (%)	Desviación estándar
120	1	1.66	50.00	3.329	3.077	± 0.2355
	2	1.52	50.02	3.038		
	3	1.43	50.04	2.863		
180	1	1.69	50.04	3.383	3.248	± 0.1316
	2	1.56	50.00	3.120		
	3	1.62	50.00	3.240		
240	1	1.68	50.04	3.364	3.438	± 0.2354
	2	1.63	50.02	3.250		
	3	1.85	50.02	3.702		

Fuente: datos fase experimental -LIXVE-

Tabla No. 5

Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) de primera calidad.

Tiempo de extracción (min)	Repetición	Índice de refracción	Media* (%)
120	1	1.4635	1.4635
	2	1.4635	
	3	1.4635	
180	1	1.4630	1.4630
	2	1.4630	
	3	1.4630	
240	1	1.4620	1.4620
	2	1.4620	
	3	1.4620	

Fuente: datos fase experimental -LIXVE-

*Nota: Debido a la precisión de los datos no se obtuvo desviación estándar.

Página 3 de 8

Continuación del apéndice 28.



No. 0758

Tabla No. 6

Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) de segunda calidad.

Tiempo de extracción (min)	Repetición	Índice de refracción	Media (%)	Desviación estándar
120	1	1.4625	1.4625	$\pm 2.719E-16$
	2	1.4625		
	3	1.4625		
180	1	1.4630	1.4630	0
	2	1.4630		
	3	1.4630		
240	1	1.4625	1.4632	$\pm 5.77E-3$
	2	1.4635		
	3	1.4635		

Fuente: datos fase experimental -LIEXVE-

Tabla No.7

Índice de refracción del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) de tercera calidad.

Tiempo de extracción (min)	Repetición	Índice de refracción	Media (%)	Desviación estándar
120	1	1.4630	1.4630	0
	2	1.4630		
	3	1.4630		
180	1	1.4635	1.4632	$\pm 2.88E-4$
	2	1.4630		
	3	1.4630		
240	1	1.4635	1.4637	$\pm 2.88E-4$
	2	1.4635		
	3	1.4640		

Fuente: datos fase experimental -LIEXVE-

Continuación del apéndice 28.



No. 0769

Tabla No. 8

Densidad del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) de primera calidad.

Tiempo de extracción (min)	Repetición	aceite en picnómetro (g)	Masa aceite (g)	Volumen picnómetro (mL)	Densidad (g/mL)	Media (%)	Desviación estándar
120	1	4.2976	1.0026	1.088	0.9215	0.9213	± 2.808E-4
	2	4.2974	1.0024	1.088	0.9213		
	3	4.2970	1.0020	1.088	0.9210		
180	1	4.2962	1.0012	1.088	0.9202	0.9199	± 2.757E-5
	2	4.2956	1.0006	1.088	0.9197		
	3	4.2959	1.0009	1.088	0.9199		
240	1	4.2933	0.9983	1.088	0.9176	0.9177	± 2.43E-5
	2	4.2938	0.9988	1.088	0.9180		
	3	4.2934	0.9984	1.088	0.9176		

Fuente: datos fase experimental -LIEIXVE-

Tabla No. 9

Densidad del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) de segunda calidad.

Tiempo de extracción (min)	Repetición	Aceite en picnómetro (g)	Peso aceite (g)	Volumen picnómetro (mL)	Densidad (g/mL)	Media (%)	Desviación estándar
120	1	4.2959	1.0009	1.088	0.9199	0.9816	± 0.106
	2	4.4965	1.2015	1.088	1.1043		
	3	4.2965	1.0015	1.088	0.9205		
180	1	4.2968	1.0018	1.088	0.9208	0.9207	± 5.306E-05
	2	4.2968	1.0018	1.088	0.9208		
	3	4.2967	1.0017	1.088	0.9207		
240	1	4.2980	1.0030	1.088	0.9219	0.9222	± 3.676E-04
	2	4.2988	1.0038	1.088	0.9226		
	3	4.2984	1.0034	1.088	0.9222		

Fuente: datos fase experimental -LIEIXVE-

Continuación del apéndice 28.



No. 0770



Tabla No. 10

Densidad del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) de tercera calidad.

Tiempo de extracción (min)	Repetición	Aceite en picnómetro (g)	Peso aceite (g)	Volumen picnómetro (mL)	Densidad (g/mL)	Media (%)	Desviación estándar
120	1	4.2972	1.0022	1.088	0.9211	0.9212	1.061E-04
	2	4.2972	1.0022	1.088	0.9211		
	3	4.2974	1.0024	1.088	0.9213		
180	1	4.3008	1.0058	1.088	0.9244	0.9240	3.827E-04
	2	4.3002	1.0052	1.088	0.9239		
	3	4.3000	1.0050	1.088	0.9237		
240	1	4.2960	1.0010	1.088	0.9200	0.9203	2.432E-04
	2	4.2965	1.0015	1.088	0.9205		
	3	4.2964	1.0014	1.088	0.9204		

Fuente: datos fase experimental -LIEXVE-




Continuación del apéndice 28.

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



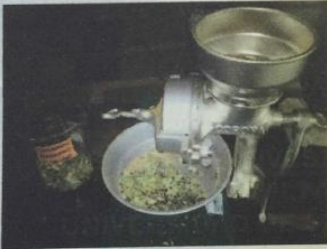
No. **0771**

ANEXOS

Cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) pergamino de primera, segunda y tercera calidad



Reducción de tamaño de partícula del cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) pergamino por medio de un molino de discos



Página 7 de 8

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación del apéndice 28.

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

No. 0772

Extracción de aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton) pergamino por el método de hidrodestilación a escala laboratorio





Ing. Qco. Mario José Mérida Méndez
COORDINADOR
Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales
-LIXVE-
Sección Química Industrial CII/USAC





Vo.Bo. Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC

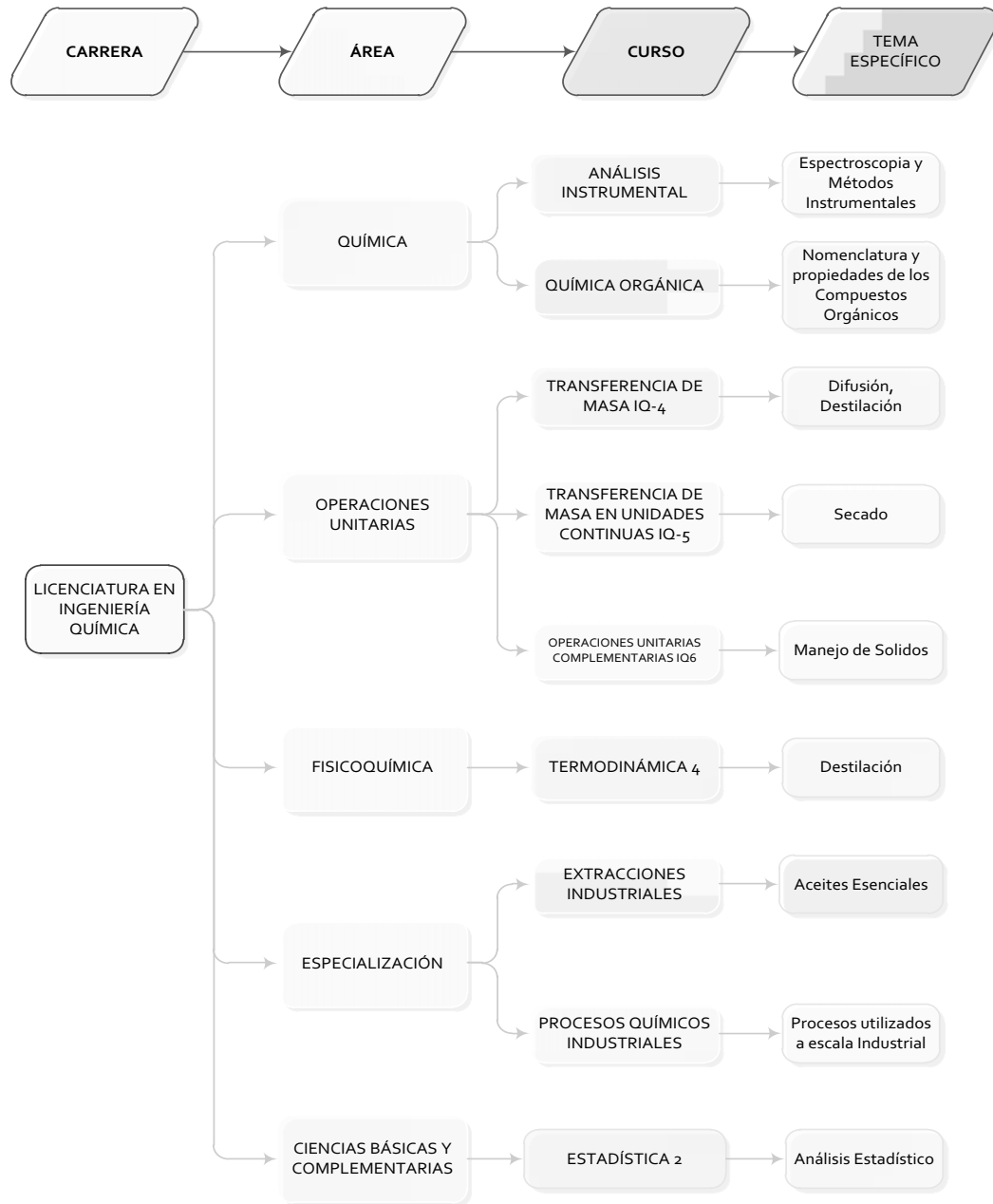


Página 8 de 8

FACULTAD DE INGENIERÍA – USAC –
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

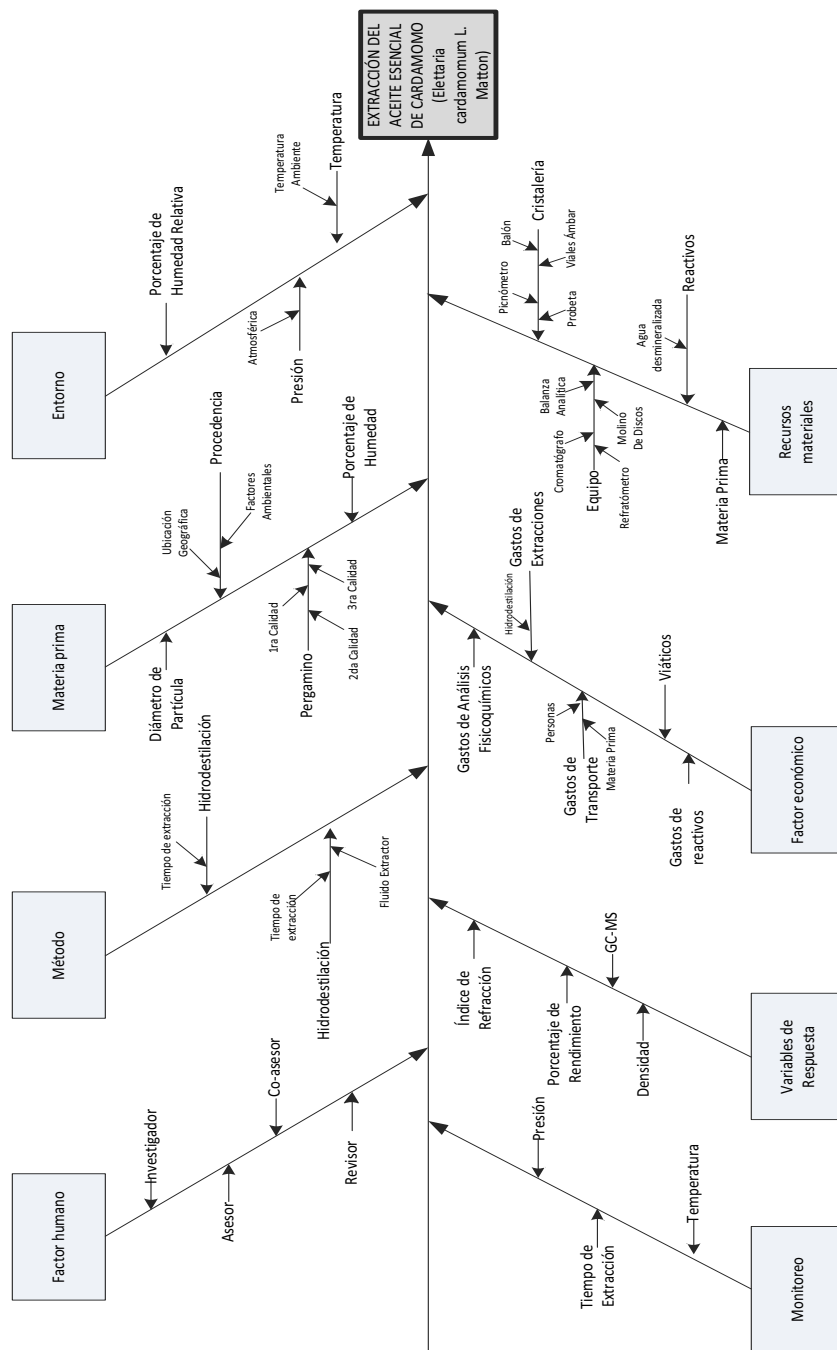
Fuente: elaboración propia.

29. Tabla de requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.

30. Diagrama "ISHIKAWA"



Fuente: elaboración propia.