



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

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO, RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO Y
CONTENIDO DE α -PINENO DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS HOJAS DE CIPRÉS
(*Cupressus lusitánica* Mill) EN BASE A TRES NIVELES ALTITUDINALES OBTENIDO
MEDIANTE EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN A ESCALA LABORATORIO**

Wagner Beethoven Monterroso Alonzo

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

Guatemala, junio de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO, RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO Y
CONTENIDO DE α -PINENO DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS HOJAS DE CIPRÉS
(*Cupressus lusitánica* Mill) EN BASE A TRES NIVELES ALTITUDINALES OBTENIDO
MEDIANTE EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN A ESCALA LABORATORIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WAGNER BEETHOVEN MONTERROSO ALONZO

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

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2013

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	Ing. César Alfonso García Guerra
EXAMINADOR	Ing. Estuardo Edmundo Monroy Benítez
EXAMINADOR	Ing. Federico Guillermo Salazar Rodríguez
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, RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO Y
CONTENIDO DE α -PINENO DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS HOJAS DE CIPRÉS
(*Cupressus lusitánica* Mill) EN BASE A TRES NIVELES ALTITUDINALES OBTENIDO
MEDIANTE EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN A ESCALA LABORATORIO**

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



Wagner Beethoyen Monterroso Alonzo



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



Guatemala, 24 de mayo de 2013

Ingeniero
Víctor Monzón
Director
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetado Ing. Víctor Monzón:

Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación del informe final del trabajo de graduación titulado "EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO, RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO Y CONTENIDO DE α -PINENO DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS HOJAS DE CIPRÉS (*Cupressus lusitánica* Mill) EN BASE A TRES NIVELES ALTITUDINALES OBTENIDO MEDIANTE EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN A ESCALA LABORATORIO.", del estudiante de Ingeniería Química Wagner Beethoven Monterroso Alonzo quien se identifica con el carné número 2009-15027.

Sin otro particular nos suscribimos de usted.

Atentamente,

Ing. Qco. Mario José Mérida Mérida
Coordinador

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

Asesor

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





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 27 de mayo de 2013
Ref. EI.Q.TG-IF.029.2013

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

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-033-2012-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por el estudiante universitario: **Wagner Beethoven Monterroso Alonzo**.

Identificado con número de carné: **2009-15027**.

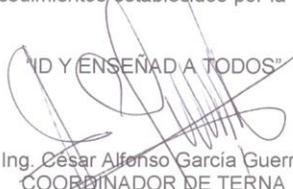
Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

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

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO, RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO Y CONTENIDO DE α -PINENO DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS HOJAS DE CIPRÉS (*Cupressus lusitánica* Mill) EN BASE A TRES NIVELES ALTITUDINALES OBTENIDO 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.

"DID Y ENSEÑAD A TODOS"

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



C.c.: archivo





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ref.EIQ.TG.164.2013

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **WAGNER BEETHOVEN MONTERROSO ALONZO** titulado: "**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO, RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO Y CONTENIDO DE α -PINENO DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS HOJAS DE CIPRÉS (*Cupressus lusitánica* Mill) EN BASE A TRES NIVELES ALTITUDINALES OBTENIDO 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 2013

Cc: Archivo
VMMV/ale

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 383 .2013

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, RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO Y CONTENIDO DE α -PINENO DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS HOJAS DE CIPRÉS (*Cupressus lusitánica* Mill) EN BASE A TRES NIVELES ALTITUDINALES OBTENIDO MEDIANTE EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN A ESCALA LABORATORIO**, presentado por el estudiante universitario **Wagner Beethoven Monterroso Alonzo**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 6 de junio de 2013



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi guía espiritual, mi fortaleza y mi inspiración en todos mis actos.
La Virgen María	Por ser mi santa madre, protectora y guía espiritual.
Mis padres	Nolandt Alonzo y Wagner Monterroso. Por ser mi guía en todo momento y por su amor incondicional.
Mi abuelo	Freddy Rolando Alonzo Padilla. Por ser mi inspiración y una importante influencia en mi carrera y en todos mis logros académicos.
Mis abuelos	Sonia Argueta de Alonzo, María Luisa Sazo y Mario Monterroso Mirón. Por su amor y apoyo incondicional.
Mis tíos	Itze Alonzo, Ité Alonzo, Freddy Alonzo, Babay Alonzo, Mario Monterroso y Kruchensca Monterroso. Por ser un gran apoyo en toda mi vida.

Mis asesores

Inga. Telma Cano e Ing. Mario Mérida. Por brindarme su apoyo y guía en el transcurso de mi formación profesional.

Mi revisor

Ing. César Alfonso García. Por haberse tomado el tiempo de revisar y guiarme en todo mi trabajo de graduación.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios durante 5 años.
Facultad de Ingeniería	Por formarme como profesional.
CII	Centro de Investigaciones de Ingeniería. Por haberme apoyado en todos mis ensayos experimentales y ser parte de mi formación profesional.
LIEXVE	Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales. Por brindarme su apoyo y todo lo necesario para que mi tesis fuera posible.
Universidad del Valle de Guatemala	Por abrirme las puertas para realizar parte de mis ensayos experimentales.
Mis hermanos	Freddy, Nolandt y Marcy Monterroso. Por ser una luz en mi vida.
Silda María Mora	Por ser mi novia y brindarme su infinito amor, inspiración y apoyo incondicional en todo.
Edwin Saravia Cano	Por ser mi mejor amigo y apoyo en toda mi carrera.

Mis amigos

José Carlos López, Pablo Aldana, Edgar Morales, Bryan Carrera, Diego Valle, Ivonne Soto, Lourdes Castillo, Michelle Espina y Rudy Armando. Por ser un gran apoyo.

Sr. Fernando Maza

Por su apoyo técnico en la adquisición de la materia prima.

Sr. Oscar Mora

Por su apoyo técnico en la impresión y encuadernación de este informe final de trabajo de graduación.

Ing. Víctor Monzón

Por su apoyo como Director de la Escuela de Ingeniería Química.

Inga. Marilyn Rojas

Por su paciencia y apoyo en el transcurso de mi preparación del diseño de investigación e informe final de trabajo de graduación.

**Licda. Ana Luisa
Mendizabal**

Por su apoyo y paciencia en la realización de parte de la fase experimental de mi trabajo de graduación.

2.1.5.5.	Antihongos (fungicida).....	13
2.1.5.6.	Antiinflamatorios.....	13
2.1.5.7.	Antioxidante.....	13
2.1.5.8.	Antiparasitante	14
2.1.5.9.	Antisépticos.....	14
2.1.5.10.	Diuréticos	15
2.1.5.11.	Expectorantes	15
2.1.6.	Industrias en la que se aplican	15
2.1.6.1.	Industria alimentaria	15
2.1.6.2.	Industria farmacéutica	16
2.1.6.3.	Industria de cosméticos.....	16
2.1.6.4.	Industria de productos de uso veterinario.....	16
2.1.6.5.	Desodorantes industriales.....	16
2.2.	Economía de los aceites esenciales en Guatemala.....	17
2.3.	Métodos de extracción de aceite esencial.....	18
2.3.1.	Hidrodestilación.....	19
2.3.1.1.	Forma de extracción.....	19
2.3.1.2.	Equipo de extracción.....	20
2.3.2.	Destilación por arrastre con vapor directo	22
2.4.	Tratamientos de la materia prima.....	23
2.4.1.	Secado	23
2.4.2.	Almacenamiento.....	24
2.4.3.	Reducción del material vegetal	24
2.5.	Factores que afectan el rendimiento de los aceites esenciales	25
2.6.	Caracterización fisicoquímica del aceite esencial	26
2.6.1.	Densidad	26
2.6.2.	Índice de Refracción.....	26

2.6.3.	Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas	27
2.7.	Ciprés	27
2.7.1.	Morfología.....	28
2.7.2.	Nombre científico.....	28
2.7.3.	Especies del viejo mundo	29
2.7.4.	Especies del nuevo mundo.....	29
2.7.5.	Distribución en Guatemala	30
2.7.6.	Aceite esencial de ciprés	31
2.7.6.1.	Aplicaciones del aceite esencial de ciprés	32
2.7.7.	Alfa-Pineno	33
3.	METODOLOGÍA.....	35
3.1.	Variables.....	35
3.2.	Delimitación del campo de estudio	35
3.3.	Ubicación.....	36
3.3.1.	Lugar de obtención de la materia prima	36
3.3.2.	Lugar de extracción del aceite esencial.....	36
3.3.3.	Lugar de caracterización fisicoquímica.....	36
3.4.	Recursos humanos.....	37
3.5.	Recursos materiales	37
3.6.	Equipo y cristalería	37
3.7.	Técnica cuantitativa.....	38
3.8.	Procedimiento.....	38
3.8.1.	Preparación de la materia prima.....	39
3.8.1.1.	Molienda y tamizado de la materia prima.....	39

3.8.2.	Obtención del aceite esencial por el método de hidrodestilación	39
3.8.3.	Análisis fisicoquímicos.....	40
3.8.3.1.	Índice de Refracción.....	40
3.8.3.2.	Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-MS).....	41
3.9.	Diseño experimental.....	42
3.10.	Análisis estadístico.....	42
3.10.1.	Análisis de varianza de dos factores para el porcentaje de rendimiento extractivo.....	45
3.10.2.	Análisis de varianza de dos factores para el rendimiento volumétrico	47
3.10.3.	Análisis de varianza de dos factores para el contenido de α -pineno	49
3.10.4.	Análisis de varianza de dos factores para el Índice de Refracción.....	50
3.11.	Muestra de cálculo del porcentaje de rendimiento extractivo...	51
4.	RESULTADOS.....	53
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	61
	CONCLUSIONES.....	69
	RECOMENDACIONES	71
	BIBLIOGRAFÍA.....	73
	APÉNDICES.....	75
	ANEXOS.....	151

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Molécula de isopreno	6
2.	Neoclavenger	21
3.	Moléculas isoméricas de α -pineno.....	33
4.	Porcentaje de rendimiento extractivo en función del tiempo de extracción para diferentes niveles altitudinales	55
5.	Rendimiento volumétrico en función del tiempo de extracción para diferentes niveles altitudinales	57
6.	Contenido de α -pineno en función del tiempo de extracción para diferentes niveles altitudinales	59
7.	Índice de Refracción en función del tiempo de extracción para diferentes niveles altitudinales	60

TABLAS

I.	Exportaciones e importaciones de aceites esenciales y resinoides en Guatemala.....	18
II.	Experimento de dos factores.....	43
III.	Análisis de varianza para el experimento de dos factores con n-repeticiones.....	44
IV.	Experimento de dos factores para el porcentaje de rendimiento extractivo.....	46
V.	Análisis de varianza para el porcentaje de rendimiento extractivo	46
VI.	Experimento de dos factores para el rendimiento volumétrico.....	47

VII.	Análisis de varianza para el rendimiento volumétrico	48
VIII.	Experimento de dos factores para el contenido de α -pineno.....	49
IX.	Análisis de varianza para el contenido de α -pineno	50
X.	Experimento de dos factores para el Índice de Refracción.....	50
XI.	Análisis de varianza para el Índice de Refracción.....	51
XII.	Porcentaje de rendimiento extractivo del aceite esencial de ciprés a 2 300 msnm a diferentes tiempos de extracción.....	53
XIII.	Porcentaje de rendimiento extractivo del aceite esencial de ciprés a 2 400 msnm a diferentes tiempos de extracción.....	54
XIV.	Porcentaje de rendimiento extractivo del aceite esencial de ciprés a 2 500 msnm a diferentes tiempos de extracción.....	54
XV.	Rendimiento volumétrico del aceite esencial de ciprés a 2 300 msnm a diferentes tiempos de extracción.....	55
XVI.	Rendimiento volumétrico del aceite esencial de ciprés a 2 400 msnm a diferentes tiempos de extracción.....	56
XVII.	Rendimiento volumétrico del aceite esencial de ciprés a 2 500 msnm a diferentes tiempos de extracción.....	56
XVIII.	Correlación matemática del rendimiento volumétrico en función del tiempo de extracción a cada nivel altitudinal.....	57
XIX.	Contenido de α -pineno del aceite esencial de ciprés a diferentes niveles altitudinales y tiempos de extracción	58
XX.	Índice de Refracción del aceite esencial de ciprés a diferentes niveles altitudinales y tiempos de extracción	59

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
R^2	Coefficiente de correlación
σ	Desviación estándar
F	Factor de Fisher
g	Gramos
I.R	Índice de Refracción
\bar{x}	Media aritmética
msnm	Metros sobre el nivel del mar
m μ	Microlitros
mL	Mililitros
min	Minutos
N.A	Nivel altitudinal
%	Porcentaje
R.E	Rendimiento extractivo
R.V	Rendimiento volumétrico
R	Repetición
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	Temperatura
t	Tiempo

GLOSARIO

Aceite esencial	Lípidos no relacionados con ácidos grasos. Compuestos terpenoides derivados por condensación del isopreno.
Alfa-pineno	Compuesto orgánico perteneciente al grupo de los terpenos. Se encuentra en los aceites esenciales de muchas especies de árboles de coníferas, en particular pinos y ciprés.
Bálsamo	Medicamento compuesto de sustancias comúnmente aromáticas, que se aplica como remedio en las heridas, llagas y otras enfermedades.
Cromatografía	Es un método físico de separación para la caracterización de mezclas. Es un conjunto de técnicas basadas en el principio de retención selectiva, cuyo objetivo es separar los distintos componentes de una mezcla, permitiendo identificar y determinar las cantidades de dichos componentes.
Cromatograma	Conjunto de picos y línea base registrados en función del tiempo, la cual registran todos los componentes detectados en el detector de masas del cromatografo.

Destilación	Procedimiento de separación de los componentes líquidos de una disolución, en virtud de sus presiones de vapor.
Extracción	Método empleado tanto comercialmente como en el laboratorio para separar una sustancia de una mezcla o disolución.
Hidrodestilación	Método de extracción de aceite esencial, el cual consiste en poner en contacto directo el material vegetal con agua hirviendo y por medio del vapor se arrastra el aceite a un condensador para así obtener dicho producto.
Índice de Refracción	Relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en la sustancia o el medio transparente. Número, mayor que la unidad y sin unidades, es una constante característica de cada medio y representa el número de veces que es mayor la velocidad de la luz en el vacío que en ese medio.
Isopreno	Hidrocarburo doblemente insaturado que se emplea como bloque unidad de cinco carbonos en la biosíntesis de los terpenos.

Lixiviación	Método de extracción de aceite esencial mediante el uso de un solvente produciendo así la difusión del aceite hacia el solvente que luego se separará mediante destilación al vacío.
Monoterpeno	Terpenos que contienen 10 átomos de carbono (2 unidades de isopreno).
Peso bruto	Peso total incluido, el cual corresponde al recipiente más la muestra contenida.
Sesquiterpeno	Terpenos que contienen 15 átomos de carbono (3 unidades de isopreno).
Solvente	Componente físico de una solución, que se caracteriza por ser la sustancia de mayor cantidad.
Tamiz	Equipo utilizado para separar sólidos por la diferencia de su tamaño de partícula.
Terpeno	Nombre común a de ciertos hidrocarburos que se encuentran en los aceites volátiles obtenidos de las plantas, principalmente de las coníferas y de los frutos cítricos.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación a nivel de trabajo de graduación, tiene por objetivo la evaluación del porcentaje de rendimiento extractivo y el rendimiento volumétrico del aceite esencial de ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill), así como también el contenido de α -pineno con base en 3 niveles altitudinales y a 4 tiempos de extracción.

La extracción del aceite esencial se llevó a cabo a escala laboratorio por el método de hidrodestilación. y se determinó que el máximo porcentaje de rendimiento extractivo y rendimiento volumétrico es para el nivel altitudinal mayor, mientras que el máximo contenido de α -pineno se encuentra en los árboles cultivados al menor nivel altitudinal evaluado.

Seguidamente se evaluó la calidad del aceite esencial extraído a través de la caracterización fisicoquímica y el análisis por cromatografía de gases con acoplamiento a espectrofotometría de masas (GC-MS, según siglas en inglés); la cual reflejó un panorama de la composición química del aceite esencial y permitió cuantificar los componentes activos y metabolitos secundarios que le dan las características principales al aceite esencial.

A través de los tratamientos intermedios que se aplican para el manejo sostenible del bosque se adquirió la materia prima a tres diferentes alturas sobre el nivel del mar, realizando un aprovechamiento de estos subproductos forestales. La finca a la cual se le solicitó el apoyo en especie fue a la finca Xejolón, ubicada en el municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango, la

cual se encuentra dentro del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), los cuales ejecutan proyectos de reforestación y manejo de bosques naturales.

OBJETIVOS

General

Evaluar el rendimiento extractivo, rendimiento volumétrico y contenido de α -pineno del aceite esencial de las hojas de ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill) con base en 3 niveles altitudinales obtenido mediante el método de hidrodestilación a escala laboratorio.

Específicos

1. Evaluar el rendimiento extractivo del aceite esencial de las hojas de ciprés obtenido a 3 niveles altitudinales (2 300, 2 400 y 2 500 metros sobre el nivel del mar) en función del tiempo de extracción (30, 60, 90 y 120 minutos.).
2. Elaborar una correlación gráfica y matemática entre el rendimiento volumétrico del aceite esencial obtenido a 3 niveles altitudinales (2 300, 2 400 y 2 500 metros sobre el nivel del mar) en función del tiempo de extracción (30, 60, 90 y 120 minutos).
3. Evaluar el contenido de α -pineno del aceite esencial de las hojas de ciprés obtenido a 3 niveles altitudinales (2 300, 2 400 y 2 500 metros sobre el nivel del mar) en función del tiempo de extracción (30, 60, 90 y 120 minutos).

4. Caracterizar fisicoquímicamente el aceite esencial de las hojas de ciprés obtenido a tres niveles altitudinales y a cuatro diferentes tiempos de extracción.

HIPÓTESIS

Es posible realizar la comparación del rendimiento extractivo, rendimiento volumétrico, Índice de Refracción y contenido de α -pineno del aceite esencial de ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill) en función de la altura sobre el nivel del mar y de los tiempos de extracción.

Hipótesis nula:

No existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento extractivo, rendimiento volumétrico, Índice de Refracción y contenido de α -pineno en función de la altura sobre el nivel del mar.

Hipótesis alternativa:

Existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento extractivo, rendimiento volumétrico, Índice de Refracción y contenido de α -pineno en función de la altura sobre el nivel del mar.

Hipótesis nula:

No existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento extractivo, rendimiento volumétrico, Índice de Refracción y contenido de α -pineno en función del tiempo de extracción.

Hipótesis alternativa:

Existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento extractivo, rendimiento volumétrico, Índice de Refracción y contenido de α -pineno en función del tiempo de extracción.

Hipótesis nula:

No existe diferencia significativa entre el factor altura sobre el nivel del mar y el tiempo de extracción.

Hipótesis alternativa:

Existe diferencia significativa entre el factor altura sobre el nivel del mar y el tiempo de extracción.

INTRODUCCIÓN

Se conocen como aceites esenciales a los principales productos aromáticos que existen en diversas partes de las plantas. Debido a que se volatilizan por exposición al aire a temperatura ambiente, se denominan aceites volátiles, aceites etéreos, aceites esenciales o esencias.

Convencionalmente se utiliza para la extracción de aceites esenciales el método de arrastre con vapor directo a escala planta piloto o hidrodestilación a escala laboratorio, pero existen otras metodologías que van variando en función del tipo de especie vegetal, como es el enfleurage, la extracción por solventes, la extracción con fluidos supercríticos y entre otros.

Como se sabe, Guatemala es un país rico en recursos vegetales, de los cuales pocos se han explotado y estudiado, como es el caso del ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill) el cual es una especie forestal nativa de Guatemala, con alto potencial aromático. Esta especie forestal nativa, puede ser aprovechada a partir del manejo sostenible del bosque, donde las podas y raleos realizados pueden servir de materia prima para la obtención de aceite esencial, y poderlo aplicar de esta manera en una diversidad de productos.

En el caso específico para Guatemala, las exportaciones de aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería, tocador y cosmética para el 2002 fue de US\$83,4 millones y para finales del 2007 esta cantidad había ascendido en US\$124,3 millones. Esto representa un aumento del 49 por ciento en el lapso de seis años.

Por este motivo es importante que se sigan haciendo investigaciones en la temática de extractos vegetales, como: aceites esenciales, oleorresinas, extractos fluidos acuosos y etanólicos, taninos, colorantes naturales, etc. Como es el caso del presente estudio a nivel de trabajo de graduación, el cual tiene como objetivo evaluar el rendimiento extractivo, rendimiento volumétrico y contenido de α -pineno del aceite esencial de las hojas de ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill) con base en tres niveles altitudinales obtenido mediante el método de hidrodestilación a escala laboratorio

Esta investigación a nivel de trabajo de graduación es de gran importancia, debido a que se desea comparar la composición química del aceite esencial de ciprés a tres diferentes alturas sobre el nivel del mar y a cuatro diferentes tiempos, para que de esta manera se determine el mejor tiempo de extracción y la altura más adecuada para obtener la materia prima. Ya que como se sabe la composición química de un aceite esencial es muy variante debido a la forma de crecimiento, el clima, el suelo, la región, la edad, el nivel altitudinal e incluso la parte del árbol. Además se le estará dando un uso alternativo a las hojas obtenidas de los raleos y podas que se le realizan a los árboles de ciprés, que anteriormente no se les daba ningún uso.

1. ANTECEDENTES

En el campo de estudio de los aceites esenciales estos son unos de los estudios realizados en esta temática utilizando diferentes metodologías de extracción y diferentes especies vegetales:

En el 2008, Mauricio de León Juárez realizó la investigación a nivel de trabajo de graduación: Comparación del rendimiento del aceite esencial de dos especies de eucalipto (*Eucalyptus citriodora* hook y *Eucalyptus camaldulensis* dehn), aplicando el método de hidrodestilación a nivel laboratorio. Se evaluó la diferencia significativa en el rendimiento de dos especies de eucalipto, *Eucalyptus citriodora* de una edad aproximada de cinco años y *Eucalyptus camaldulensis* de una edad aproximada de dos años, a nivel laboratorio, aplicando el método de hidrodestilación.

Para la especie *Camaldulensis* se registró un máximo rendimiento porcentual promedio de $1,15 \pm 0,05$ correspondiente a un tiempo de extracción de tres horas y para la especie *Citriodora*, un máximo valor de rendimiento porcentual promedio de $0,78 \pm 0,13$ correspondiente a un tiempo de 3 horas. Además, se observó que el rendimiento es mayor para la especie *Camaldulensis* que para la especie *Citriodora*.

En el 2008, Aldo Enrique Quezada Rodríguez realizó la investigación a nivel de trabajo de graduación: Evaluación del rendimiento de extracción del aceite esencial crudo de orégano (*Lippia graveolens*). En este trabajo de investigación se comparó el rendimiento de extracción, las características fisicoquímicas, la composición cualitativa y cuantitativa del aceite esencial crudo

de orégano proveniente de Salamá, Baja Verapaz y de la cabecera departamental de Zacapa.

La extracción se realizó por medio del método de arrastre con vapor en la Planta Piloto de la sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se llegó a determinar que el orégano proveniente de Salamá es el que presenta mayor contenido de aceite esencial. Se obtuvo un rendimiento máximo de 1,53 por ciento. Las variables utilizadas para obtener un mayor rendimiento de extracción fueron, el tamaño de lote de 1,6 kilogramos y el tiempo de extracción de 1,5 horas, no se utilizó hexano para atrapar el aceite esencial.

Al aceite esencial crudo se le determinó sus características físicas en los laboratorios de Química de la Facultad de Ingeniería y el laboratorio de la Planta Piloto. Además, se realizó un análisis cromatográfico para determinar su composición química (cualitativa y cuantitativa), en el Departamento de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. El aceite esencial proveniente de las dos regiones presentaron las mismas características físicas, y en el caso de su composición química, ambos aceites tienen en mayor porcentaje los compuestos timol y p-cimeno.

En el 2010, Sara L. Hassanzadeh realizó en la Universidad de Monteverde, Costa Rica, el estudio: Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de las hojas del Ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill). En este estudio se obtuvo el aceite esencial de las hojas por el método de hidrodestilación, se analizaron por cromatografía de gases con acoplamiento a espectrometría de masas. En el aceite esencial de la hoja se identificaron un total de 49 compuestos en donde los componentes principales fueron α -pineno (40% -82%), limoneno (4% -18%), acetato de isobornilo (hasta 10%), cis-4-

muurola (14%) y 5 - dieno (hasta 7%). Se analizó la actividad antimicrobiana del aceite esencial y se determinó que tiene actividad antibacteriana contra *Bacillus cereus* y actividad anti fungicida contra *Aspergillus niger*.

En el 2010, Lucía Nitsch Velásquez realizó el proyecto de investigación: FODECYT No. 87-2006 Identificación de los compuestos volátiles producidos por el pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) y cuantificación de los componentes mayoritarios. Se identificaron y cuantificaron los compuestos químicos considerados como componentes mayoritarios en el aroma del pinabete, encontrándose la presencia de alfa-pineno, beta-pineno, limoneno y cariofileno; al mismo tiempo el triciclono (previamente detectado en el aceite esencial) no fue detectado. La composición de las emanaciones de la muestra de Panquix fue: alfa-pineno ($9,33E-5 \text{ mol/g}\cdot\text{cm}^3 \pm 2\%$), beta-pineno ($4,18E-04 \text{ mol/g}\cdot\text{cm}^3 \pm 3\%$) y limoneno ($4,89E-04 \text{ mol/g}\cdot\text{cm}^3 \pm 5\%$).

En el 2011, Livia Johana Álvarez Gonzáles realizó en la Universidad de San Carlos de Guatemala la investigación a nivel de trabajo de graduación: Extracción de metabolitos solubles en dióxido de carbono en condiciones supercríticas a partir de hojas deshidratadas de espinaca (*Spinacia oleracea* Moench).

Se analizaron muestras extraídas utilizando 3 distintas presiones manométricas (1 200, 1 350 y 1 500 libras por pulgada cuadrada) a partir de material vegetal con dos distintos tamaños de partícula (entre tamiz # 6 y 14 y 14 y 22), con el fin de comprender mejor el comportamiento de la extracción supercrítica; y se determinó que si es posible obtener metabolitos a partir de la espinaca, utilizando CO₂ en condiciones supercríticas, con alta probabilidad de presencia de clorofila. Con la ayuda de un cromatógrafo líquido de alta presión (HPLC, según siglas en inglés), se determinó que no existe diferencia

significativa en el rendimiento de metabolitos al utilizar 3 distintas presiones supercríticas y 2 tamaños de partículas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aceites esenciales

Los aceites esenciales o esencias vegetales son productos químicos que forman las esencias odoríferas de un gran número de vegetales. El término aceite esencial se aplica también a las sustancias sintéticas similares preparadas a partir del alquitrán de hulla, y a las sustancias semisintéticas preparadas a partir de los aceites naturales esenciales. De composición química variable y compleja, mayormente constituida por terpenos y sus compuestos o derivados. Suelen caracterizar ciertas familias botánicas, como por ejemplo: *Apiaceae*, *Lamiaceae*, *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Pinaceae* y otras.

Los aceites esenciales son líquidos volátiles, en su mayoría insolubles en agua, pero fácilmente solubles en alcohol, éter y aceites vegetales y minerales. Por lo general no son oleosos al tacto. Pueden agruparse en cinco clases, dependiendo de su estructura química: alcoholes, ésteres, aldehídos, cetonas y lactonas y óxidos.

Los aceites esenciales de las plantas son las sustancias responsables del olor formado en la planta, tomando materiales exteriores, absorbiéndolos y transformándolos en fragmentos del sistema de la planta como parte de la estructura celular, con una consistencia rígida. Aún no se conoce la utilidad que obtiene la planta de estos compuestos, pero se le atribuyen algunos de los siguientes beneficios: para regular su temperatura, liberándolos como vapores, como atractivo para los insectos colaboradores de la polinización, o como repelente para que los insectos dañinos no se aproximen. Otra opinión indica

que los aceites esenciales son desechos del proceso metabólico de las plantas, los cuales no pueden desechar al exterior.

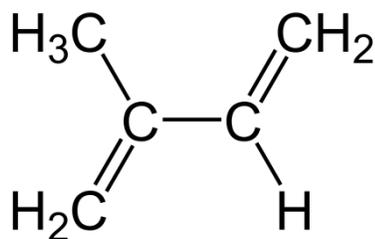
El aceite esencial dentro de la planta se encuentra confinado en un tejido al cual se le denomina micela. De lo contrario, podría tener influencia en la transpiración de la planta, e inhibir la formación de clorofila; esto es perjudicial o beneficioso, dependiendo del tipo de planta, si es clorofila o no. De lo contrario, se puede concluir que los aceites esenciales generados por la planta, son de diferentes utilidades, según su género, especie o variedad.

2.1.1. Estructura química

Estructura molecular del isopreno, la unidad química de los terpenoides, compuesto principal de los aceites esenciales.

Están formados principalmente por terpenoides volátiles, formados por unidades de isopreno unidas en estructuras de 10 carbonos (monoterpenoides) y 15 carbonos (sesquiterpenoides). Las sustancias responsables del olor suelen poseer en su estructura química grupos funcionales característicos: aldehídos, cetonas, ésteres.

Figura 1. **Molécula de isopreno**



Fuente: PARRY, Ernest. *The Chemistry of Essential Oils and Artificial Perfumes*. p. 230.

Cada aceite lo integran por lo menos 100 compuestos químicos diferentes, clasificados como aldehídos, fenoles, óxidos, ésteres, cetonas, alcoholes y terpenos. También puede haber muchos compuestos aún por identificar.

2.1.2. Aplicaciones

Hay una gran diversidad de aplicaciones de los aceites esenciales, como lo son las aplicaciones ambientales, aplicaciones en productos de aseo personal, aplicaciones en masajes y aplicaciones en perfumería, los cuales se describen a continuación:

2.1.2.1. Aplicaciones ambientales

Las aplicaciones de los aceites esenciales al aire, es la más popular y la forma de que estos entren en contacto con las fosas nasales. Se pueden emplear en:

- **Difusores:** esta es quizá una de las aplicaciones prácticas más populares de la aromaterapia. Se emplea con mucha frecuencia para crear ambientes aromáticos. Sin embargo en terapia es la forma como se puede desinfectar el aire que respiramos. Se coloca una fuente de calor (frecuentemente una vela) y una vez que el agua empieza a vaporizar se agregan hasta 10 gotas de aceites esenciales.
- **Aceites esenciales para aromatizar el ambiente:** toronja, mandarina, naranja, geranio, lavanda, romero, menta, canela (poner pocas gotas, ya que es irritante).

- Aceites esenciales para limpiar el aire de las habitaciones: pino, eucalipto, ravenara, tomillo, árbol del té, cedro.
- Popurris: en esta forma se emplea una base como pueden ser trocitos de madera, aserrín, frutas secas, piedras porosas o trozos de cerámica. Se agregan hasta 10 gotas de aceites esenciales en 30 mililitros de alcohol. Con esta preparación se rocía la base. Pueden usarse aromas florales en estancias y salas de estar como ilang ilang, geranio, rosa, neroli, o bien para el comedor: canela, tomillo, comino, cilantro, jengibre.
- Brisas ambientales: esta preparación es para diluir los aceites esenciales en una mezcla de alcohol al 96 por ciento, sin agua. Se colocan hasta 50 gotas de aceites esenciales en 100 mililitros de alcohol y se colocan en un frasco con aspersor de spray. Aplicar al aire, a los muebles con telas y a las paredes. Precaución con los muebles de madera barnizada, ya que algunos aceites esenciales disuelven el barniz. Esta es otra de las aplicaciones prácticas de la aromaterapia que va ganando terreno ya que cada vez hay más gente que no quiere utilizar ambientadores químicos.

2.1.2.2. Aplicaciones en productos de aseo personal

Esta es una preparación muy práctica de la aromaterapia ya que usa productos de uso cotidiano aromatizados con los aceites esenciales de su elección. Se emplea básicamente para apoyar a la piel o bien para crear una cápsula aromática alrededor del cuerpo y así impactar el estado de ánimo. Se emplea de manera general 1 gota de aceites esenciales por cada 10 mililitros del producto que se emplea.

- Crema para piel seca: pachuli, cedro, lavanda, palo de rosa, geranio, benjuí, incienso.
- Shampoo para caspa: limón, bergamota, cedro, amaro, salvia, menta.
- Loción para elevar el ánimo: bergamota, mandarina, lavanda, albahaca, eucalipto.
- Loción para alejar la tristeza: ciprés, cedro, sándalo.

2.1.2.3. Aplicaciones en masajes

Es otra de las aplicaciones prácticas más antiguas y exitosas de la aromaterapia. Los aceites esenciales se adicionan a un aceite vegetal, de preferencia sin olor; así lo que huele es el aroma de los aceites esenciales.

El masaje puede ser aplicado una técnica en particular, o solo una caricia repetida sobre una zona específica. Se emplea de manera general 1 gota de aceites esenciales en cada 10 mililitros de aceite de pepita de uva, de almendra, de girasol.

- Aceite para masaje relajante: lavanda, cedro, ilang ilang, mandarina, lavanda.
- Aceite para masaje descontracturante: enebro, manzanilla, pino, abedul, menta, mejorana.
- Aceite para masaje circulatorio: ciprés, zacate limón, limón, menta, eucalipto.

2.1.2.4. Aplicaciones en perfumería

En esta preparación se mezclan los aceites esenciales en alcohol. Se emplean 10 gotas por cada 100 mililitros de alcohol de perfumería. Su principal uso es mejorar el estado emocional, rodeándolos de los aromas que más le agradan. También pueden mezclarse aceites esenciales que tienen uso como desinfectantes.

- Perfume personal antiestrés: pachuli, cedro, sándalo, lavanda, litsea, bergamota, naranja.
- Perfume personal para la autoconfianza: ciprés, jengibre, pimienta, enebro, limón, romero.
- Perfume antigripal: eucalipto, tomillo, árbol del té, lavada, canela, pachuli.

2.1.3. Fuentes de obtención

Los aceites esenciales proceden de las flores, frutos, hojas, raíces, semillas y corteza de los vegetales. El aceite de espliego, por ejemplo, procede de una flor, el aceite de pachulí, de una hoja, y el aceite de naranja, de un fruto. Los aceites se forman en las partes verdes (con clorofila) del vegetal y al crecer la planta son transportadas a otros tejidos, en concreto a los brotes en flor. Se desconoce la función exacta de un aceite esencial en un vegetal; puede ser para atraer los insectos para la polinización o para repeler a los insectos nocivos o simplemente un producto metabólico intermedio.

2.1.4. Propiedades fisicoquímicas

Los aceites esenciales son líquidos a temperatura ambiente, muy raramente tienen color y su densidad es inferior a la del agua (la esencia de sasafrás o de clavo constituyen excepciones). Tienen un Índice de Refracción elevado. Solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos habituales, son liposolubles y muy poco solubles en agua pero le comunican el aroma, son arrastrables por el vapor de agua, solubles en aceites fijos o grasas.

Las propiedades fisicoquímicas de los aceites esenciales o esencias son muy diversas, puesto que el grupo engloba sustancias muy heterogéneas, que prácticamente pueden encontrarse solo una; como por ejemplo, en la gaulteria en la cual el 98 a 99 por ciento de su esencia se encuentra compuesto de salicilato de metilo y la esencia de canela contiene más de 85 por ciento de cinamaldehído o más de treinta compuestos como en la de jazmín o en la de manzanilla.

El rendimiento de esencia obtenido de una planta varía de unas cuantas milésimas por ciento de peso vegetal hasta 1 a 3 por ciento. La composición de una esencia puede cambiar con la época de la recolección, el lugar geográfico o pequeños cambios genéticos. En gimnospermas y angiospermas es donde aparecen las principales especies que contienen aceites esenciales, distribuyéndose dentro de unas sesenta familias. Son particularmente ricas en esencias las pináceas, lauráceas, mirtáceas, labiáceas, umbelíferas, rutáceas y asteráceas.

2.1.5. Propiedades farmacológicas

Existe una gran diversidad de propiedades farmacológicas de los aceites esenciales como lo son los analgésicos, antibacteriales, antibióticos, antidepresivos y entre otros que a continuación se describirán:

2.1.5.1. Analgésicos

Un analgésico (calmante del dolor) se utiliza para aliviar el dolor. Los aceites con estas propiedades se mencionan como el clavo, eucalipto, geranio, lavanda, orégano o mejorana, malaleuca, menta, romero y la gaulteria (wintergreen).

2.1.5.2. Antibacterial

Los antibacteriales son antisépticos que actúan en contra de las bacterias. Los aceites con este tipo de propiedad son la albahaca, la casia, la canela, el clavo, el ciprés, el eucalipto, el geranio, lavanda, limón, orégano, mejorana, malaleuca, mirra, naranja, menta, romero y el tomillo.

2.1.5.3. Antibiótico

Un antibiótico es un agente que inhibe o suprime el crecimiento de microorganismos, tales como las bacterias, los hongos o los protozoos. El término originalmente se refería a cualquier agente que tiene una actividad biológica contra los organismos vivos; no obstante, antibiótico ahora se utiliza como una referencia a las sustancias con actividades antibacteriales, anti hongos o antiparasitantes. Los aceites que se citan por tener estas propiedades

son la albahaca, casia, canela, clavo, ciprés, eucalipto, geranio, lavanda, limón, mejorana, malaleuca, mirra, naranja, orégano, menta, romero y el tomillo.

2.1.5.4. Antidepresivo

Un antidepresivo se usa para mejorar la depresión o distimia (depresión menos fuerte), los aceites con este tipo de propiedad son: albahaca, incienso, geranio, toronja o pomelo, lavanda, limón e ylang ylang.

2.1.5.5. Antihongos (fungicida)

Un antifúngico trata las infecciones con hongos tales como el pie de atleta, la tiña, la candidiasis y otras. Los aceites con este tipo de propiedad son: casia, clavo, incienso, geranio, hierba de limón, malaleuca, mirra, menta y tomillo.

2.1.5.6. Antiinflamatorios

Se refiere a la reducción de la inflamación. Las propiedades de los antiinflamatorios despiertan una parte de los analgésicos, dando remedio al dolor al reducir la inflamación y lo hace de una manera diferente a la que lo hacen los opiáceos que afectan el cerebro. Los aceites con este tipo de propiedad son: Basil o albahaca, clavo, eucalipto, incienso, geranio, hierba de limón, malaleuca, mirra, naranja, menta y gaulteria.

2.1.5.7. Antioxidante

Un antioxidante es una molécula capaz de reducir o prevenir la oxidación de otras moléculas. Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres, los cuales inician reacciones en cadena que pueden dañar las celular.

Los antioxidantes detienen las reacciones en cadena al remover los promotores de radicales libres e inhibir otras reacciones de oxidación al ser ellas mismas oxidadas. Los aceites con este tipo de propiedades son: clavo, mejorana, romero y tomillo.

2.1.5.8. Antiparasitante

Los antiparasitantes se usan para tratar las infecciones por parásitos tales como los nematodos, cestodos, trematodos, el protozoo infeccioso y las amebas. Los aceites que tienen propiedades para atacar este tipo de parásito son: canela, eucalipto, lavanda, limón, hierba de limón, malaleuca, mirra, orégano, menta y romero.

2.1.5.9. Antisépticos

Los antisépticos son sustancias antimicrobiales que se aplican a los tejidos vivos (la piel) para reducir la posibilidad de infección, sépticas o la putrefacción. Se deben de diferenciar de los antibióticos que destruyen la bacteria dentro del cuerpo y de los desinfectantes, que destruyen los microorganismos que se encuentran en los objetos sin vida. Algunos antisépticos en verdad son germicidas, capaces de destruir microbios (bactericida), mientras que otros son bacteriostáticos y solos previene o inhiben el crecimiento. Los aceites con este tipo de propiedades son: basil, canela, clavo, ciprés, eucalipto, incienso, geranio, toronja, lavanda, limón, hierba de limón, mejorana, malaleuca, mirra, orégano, menta, romero, tomillo y gaulteria además del ylang ylang.

2.1.5.10. Diuréticos

Un diurético eleva el promedio de excreción urinaria del cuerpo. Los aceites con estas propiedades son: ciprés, eucalipto, incienso, geranio, toronja, lavanda, limón y romero.

2.1.5.11. Expectorantes

Los expectorantes sueltan el moco del tracto respiratorio ayudando a la tos que produce la flema. Los aceites con este tipo de propiedad son: basil, eucalipto, incienso, geranio, jengibre, mejorana, mirra y menta.

2.1.6. Industrias en la que se aplican

Existe una gran diversidad de industrias a las que se pueden aplicar los aceites esenciales; como lo es la industria alimentaria, la industria farmacéutica, la industria de cosméticos y otras que a continuación se describen:

2.1.6.1. Industria alimentaria

Se emplean para condimentar carnes preparadas, embutidos, sopas, helados, queso, etc. Los aceites 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. Con respecto a esta utilidad se puede citar las esencias extraídas del naranjo, limón, mentas e hinojo, entre otros. Estas esencias también se emplean en la producción de caramelos, chocolates y otras golosinas.

2.1.6.2. Industria farmacéutica

Se usan en cremas dentales (aceite de menta e hinojo), analgésicos e inhalantes para descongestionar las vías respiratorias (eucalipto). El eucaliptol es muy empleado en odontología. Son utilizados en la fabricación de neutralizantes de sabor desagradable de muchos medicamentos (naranjas y menta, entre otros).

2.1.6.3. Industria de cosméticos

Esta industria emplea los aceites esenciales en la producción de cosméticos, jabones, colonias, perfumes y maquillaje. En este campo se pueden citar los aceites de geranio, lavanda, rosas, ciprés, pinabete, eucalipto y pachouli.

2.1.6.4. Industria de productos de uso veterinario

Esta industria emplea el aceite esencial de *Chenopodium ambrosoides* muy apreciado por su contenido de ascaridol, vermífugo. También requiere limoneno y mentol como insecticidas.

2.1.6.5. Desodorantes industriales

Actualmente se ha desarrollado el uso de esencias para disimular el olor desagradable de algunos productos industriales como el caucho, los plásticos y las pinturas. La industria de las pinturas emplea limoneno como disolvente biodegradable. También se imparte olor a juguetes. En textiles, como enmascaradores de olores en tratamientos con mordientes antes y después del

teñido. En papelería, para impregnar de fragancias cuadernos, tarjetas, papel higiénico, toallas faciales.

2.2. Economía de los aceites esenciales en Guatemala

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

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

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

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

Periodo	Exportaciones	Importaciones
2006	\$80 420 686	\$191 952 032
2007	\$124 367 329	\$224 445 955
2008	\$132 358 556	\$247 867 831
2009	\$131 011 469	\$260 054 644
2010	\$153 520 747	\$293 200 838
2011	\$171 928 950	\$335 222 594

Fuente: *United Nations Statistics Division (UNCOMTRADE)*.

2.3. Métodos de extracción de aceite esencial

Existen varios métodos de extracción de aceites esenciales entre los cuales podemos mencionar:

- Destilación
- Hidrodestilación
- Destilación por arrastre con vapor directo
- Destilación mixta
- Expresión en frío
- Maceración
- Extracción por medio de solventes
- Enfleurage
- Extracción con fluidos supercríticos

De los métodos de extracción de aceites esenciales citados con anterioridad, solo se hará énfasis en la hidrodestilación y destilación por arrastre con vapor directo.

2.3.1. Hidrodestilación

La materia prima está sumergida en el agua dentro de un recipiente o alambique que se calienta directamente hasta ebullición. Se suministra calor, para generar vapor, que se encuentra en contacto directo con el material vegetal, conduciéndolo después al condensador. En este método el tamaño de partícula puede ser de un tamiz muy pequeño aumentado así el área de contacto y favoreciendo la extracción sin que exista el riesgo de que el vapor lo arrastre, debido a que el vapor se genera dentro del mismo recipiente y su presión de vapor es menor que el vapor que se extrae de una caldera, esto es compensado por el tamaño de partícula.

2.3.1.1. Forma de extracción

La materia prima vegetal es cargada en un hidrodestilador, de manera que forme un lecho fijo compacto, su estado puede ser molido, cortado, entero o la combinación de estos. El vapor de agua es inyectado mediante un distribuidor interno próximo a su base y con la presión suficiente para vencer la resistencia hidráulica del lecho.

La mezcla vapor saturado y aceite esencial, fluye hacia un condensador, mediante una prolongación curvada del conducto de salida del hidrodestilador. En el condensador, se obtiene una emulsión líquida inestable, la cual, es separada en un decantador dinámico. Este equipo está lleno de agua fría al inicio de la operación y el aceite esencial se va acumulando, debido a su casi

inmiscibilidad en el agua y a la diferencia de densidad y viscosidad con el agua. El proceso termina cuando el volumen del aceite esencial acumulado en el decantador no varíe con el tiempo.

2.3.1.2. Equipo de extracción

A escala laboratorio, el equipo comúnmente conocido es el denominado Neoclevenger, este es usado en una infinidad de laboratorios y considerado en varios estándares internacionales como el más adecuado para la determinación del contenido total del aceite esencial de una planta aromática.

Entre las ventajas del equipo a escala laboratorio se puede mencionar su simplicidad y flexibilidad para trabajar con aceites de diferente densidad y naturaleza. Entre sus desventajas cabe recalcar que el tiempo de extracción es muy largo comparado con el usado industrialmente, porque se busca agotar todo el aceite contenido en la planta.

En la figura 2 se muestra un esquema del Neoclavenger, representando con letras cada una de sus partes más importantes. El punto A corresponde al esmerilado, lugar donde se coloca el balón de extracción; el punto B corresponde al retorno de agua condensada, producto de la evaporación y acondicionamiento térmico por parte del agua que contiene el balón; el punto C corresponde a una pequeña contracción del área seccional del flujo de vapor, el cual provoca una caída de presión que se ve reflejado en el aumento de velocidad, evitando que el vapor se condense antes de llegar al condensador; los puntos D y E no son más que secciones guías, las cuales dirigen el vapor generado en el balón de extracción hacía el condensador.

El punto J corresponde a una cámara de captura de aceite esencial, en ella se acumula todo el aceite esencial producto de la extracción; los puntos O y L delimitan la sección volumétrica, en esta sección se puede medir el volumen del aceite esencial extraído con una alta precisión (0,01 mililitros como unidad más pequeña); finalmente el punto M corresponde a una válvula que permite la conexión del agua condensada con su retorno al sistema de extracción ó bien para la recuperación del aceite esencial obtenido durante el proceso de extracción.

2.3.2. Destilación por arrastre con vapor directo

Este método consiste en poner en contacto el material con vapor seco generado en una caldera para posteriormente condensarlo. 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.

Cuando se realiza este tipo de extracción se debe tener cuidado que el tamaño de partícula no sea muy pequeño, ya que puede ser arrastrado por el vapor contaminando el producto condensado.

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

2.4. Tratamientos de la materia prima

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

2.4.1. Secado

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

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

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

2.4.2. Almacenamiento

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

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

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

2.4.3. Reducción del material vegetal

Para aumentar la superficie de contacto y obtener la forma más apta de extracción, la operación preliminar de la misma es la trituración. La trituración expone más glándulas de aceite esencial crudo y reduce el grueso del material

lo que permite una extracción más rápida, mayor rendimiento y mejor calidad de aceite esencial al mismo tiempo que menor consumo de solvente.

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

2.5. Factores que afectan el rendimiento de los aceites esenciales

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

- Tipo de materia prima: se refiere a las características genéticas de la planta, ya que existe diferencia aún dentro de las diferentes familias; además la materia prima también está influida por el lugar y la época de producción, por la maduración o edad de la planta, de las hojas y por la limpieza en el corte, enfermedades de la planta, etc.
- Tiempo de secado: dependiendo de este tiempo de secado, la planta tendrá más o menos cantidad de agua por lo que el rendimiento se ve influido.
- Tamaño de partícula: el área de transferencia y la cantidad de compartimientos abiertos depende de ese factor, así como el flujo de vapor en los métodos de arrastre con vapor.
- Tiempo de extracción: se refiere al tiempo del proceso de extracción, en el cual el aceite de la planta es extraído gradualmente.

- Método de extracción: se refiere al tipo de método utilizado. El proceso de extracción puede ser más eficiente entre diferentes métodos.
- Características de los flujos: se refiere a la cantidad de materia prima utilizada, el volumen y la pureza del disolvente utilizado, la cantidad de agua o vapor utilizado, su temperatura y presión.

2.6. Caracterización fisicoquímica del aceite esencial

El análisis fisicoquímico de los extractos de plantas es muy importante en el control de la calidad. Entre los parámetros principales necesarios para la caracterización fisicoquímica de un aceite esencial se pueden citar los siguientes:

2.6.1. Densidad

La densidad de un aceite esencial medida a temperatura estándar (25 °C) permite distinguir un aceite esencial auténtico de esencias sintéticas comunes. La densidad se expresa en unidades de masa por volumen, usualmente gramos por centímetro cúbico, la mayoría de los aceites esenciales al estar compuestos fundamentalmente por terpenos y derivados, compuestos orgánicos con átomos ligeros (C, H,O) formando cadenas y anillos, tienen una densidad menor que la densidad del agua. Sin embargo, hay algunos aceites con densidad mayor como canela, clavo o perejil.

2.6.2. Índice de Refracción

Cuando un haz de luz que se propaga por un medio ingresa a otro distinto, una parte del haz se refleja mientras que la otra sufre una refracción, que

consiste en el cambio de dirección del haz. Para esto el Índice de Refracción del material, que sirve para determinar la diferencia entre el ángulo de incidencia y el de refracción del haz (antes y después de ingresar al nuevo material). El Índice de Refracción es una magnitud exclusiva de cada aceite esencial y que cambia si se diluye o mezcla con otras soluciones.

2.6.3. Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas

La cromatografía de gases (GC, según siglas en inglés) se emplea cuando los componentes de la mezcla problema son volátiles o semivolátiles y térmicamente estables a temperaturas de hasta 350-400 grados celcius. A menudo la cromatografía de gases se emplea para confirmar la presencia o ausencia de un compuesto en una muestra determinada. Por otra parte, la espectrometría de masas (MS, según siglas en inglés) puede identificar de manera casi inequívoca cualquier sustancia pura, pero normalmente no es capaz de identificar los componentes individuales de una mezcla sin separar previamente sus componentes, debido a la extrema complejidad del espectro obtenido por superposición de los espectros particulares de cada componente. La asociación de las dos técnicas da lugar a una técnica combinada (GC-MS) que permite la separación e identificación de mezclas complejas.

2.7. Ciprés

El ciprés, nombre común del género *Cupressus*, es un árbol de zonas cálidas o templadas, de crecimiento rápido, que puede alcanzar los 20 metros de altura con un diámetro aproximado de unos 60 centímetros. Es una conífera de hojas perennes, de la familia de las cupresáceas y pertenece al grupo de las gimnospermas.

2.7.1. Morfología

De forma piramidal, su crecimiento es rápido en los primeros años de vida, ralentizándose después y pudiendo alcanzar los 300 años de vida. Posee un tronco recto y de corteza delgada en la que se forman fisuras longitudinales. Las hojas son muy pequeñas (2-6 milímetros de longitud) con forma de escama, alineadas en parejas opuestas y decusadas. Florece a finales del invierno y en un mismo ejemplar se producen flores masculinas y femeninas; las masculinas forman conos ovales de color verdoso que cuelgan de las puntas de las ramas. Los femeninos son ligeramente esféricos, se componen de alrededor de 12 escamas y al desarrollarse se convierten en una gábulos globular de 3x4 centímetros, de color verde al principio tornándose a rojizo y marrón al alcanzar la madurez.

2.7.2. Nombre científico

Existe una gran diversidad de especies de ciprés en todo el mundo que van variando según la ubicación geográfica. Específicamente en Guatemala existe una variedad de ciprés nativa de este país, el cual tiene como nombre científico: *Cupressus lusitánica Mill.*

- Clasificación científica
 - Reino: *Plantae*
 - División: *Pinophyta*
 - Clase: *Pinopsida*
 - Orden: *Pinales*
 - Familia: *Cupressaceae*
 - Género: *Cupressus*

- Especie: *Cupressus Lusitanica*

2.7.3. Especies del viejo mundo

Estos cipreses tienden a tener conos con más escamas (entre 8-14, raramente 6 en *C. funebris*), cada escama con una ancha y corta cresta, no una espina. *Cupressus sempervirens* es la especie tipo del género, definiendo el nombre ciprés.

- *Cupressus americana*
- *Cupressus cashmeriana*
- *Cupressus chengiana*
- *Cupressus duclouxiana*
- *Cupressus dupreziana*
- *Cupressus atlantica*
- *Cupressus funebris*
- *Cupressus gigantea*
- *Cupressus leylandii*
- *Cupressus sargentii*
- *Cupressus sempervirens*
- *Cupressus sphaerocarpa*
- *Cupressus torulosa*

2.7.4. Especies del nuevo mundo

Estos cipreses tienden a tener conos con relativamente pocas escamas (entre 4-8, raramente más en *C. macrocarpa*), cada escama con una espina prominente y estrecha. Pruebas genéticas muy recientes evidencian que están menos emparentados con las especies del viejo mundo de lo que se pensaba

anteriormente, teniendo más parentesco con los *Callitropsis* y *Juniperus*. Por lo tanto, se está considerando un cambio en la clasificación genérica en un futuro, ya sea a los *Callitropsis* o a un nuevo género.

- *Cupressus arizonica*
- *Cupressus abramsiana*
- *Cupressus bakeri*
- *Cupressus distica*
- *Cupressus glabra*
- *Cupressus goveniana*
- *Cupressus guadalupensis*
- *Cupressus forbesii*
- *Cupressus lusitanica*
- *Cupressus macnabiana*
- *Cupressus macrocarpa*
- *Cupressus montana*
- *Cupressus nevadensis*
- *Cupressus pygmaea*
- *Cupressus sargentii*
- *Cupressus stephensonii*

2.7.5. Distribución en Guatemala

De la familia *Cupressaceae* en Guatemala solo está presente la *Cupressus lusitanica*. Estos se distinguen por ser árboles dioicos o monoicos. Las hojas parecen más bien escamas opuestas unas a otras o dispuestas en verticilos. Los estróbilos de microesporangios (parte masculina) son muy pequeños, casi invisibles, y ordenados en posición axilar o terminal. El polen no tiene alas para dispersarse. Los estróbilos con megasporas (parte femenina)

son también pequeños y están en un cono leñoso, redondeado y estructurado en escamas.

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

El ciprés en Guatemala ocupa una extensión de 381 980,19 hectáreas de bosques, estos se encuentran en áreas fragmentadas distribuidas en cultivos de esta especie y bosques naturales.

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

Los departamentos y municipios en los que generalmente se desarrolla ésta especie forestal son: Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, El Progreso, Huehuetenango, Izabal, Jutiapa, Petén, Quetzaltenango, Quiché, San Marcos, Sololá, Totonicapán, Zacapa y Guatemala.

2.7.6. Aceite esencial de ciprés

El aceite esencial de ciprés es un líquido claro de olor fresco que se extrae de las hojas, ramillas tiernas del árbol por destilación al vapor o por alguna otra metodología de extracción. El aceite de ciprés tiene un olor a madera, ligeramente picante y refrescante.

- Frutos: aceite esencial (0,2-1 por ciento): alfa-pineno, canfeno, cadineno, cedrol.
- Hojas: aceite esencial (0,2 por ciento), rico en pineno, cafeno, terpineol, cedrol.

Entre los componentes activos del aceite esencial de ciprés se encuentran el alfa-pineno, beta-pineno, canfeno, sabinol, cafeno, cedrol entre otros. Estos son los que le dan las propiedades antisépticas, calmantes, reconstituyentes entre otras al aceite esencial.

2.7.6.1. Aplicaciones del aceite esencial de ciprés

Es un aceite práctico para el cuidado de la piel y el cabello ya que estimula la circulación. Se añade a menudo a los remedios contra la celulitis y resulta excelente para mejorar el tono de toda la piel. Es astringente y se adapta a las pieles normales, mixtas y grasas. Si es agregado a baños templados o aceites de masajes, estimula y reanima los músculos doloridos después alguna actividad física. Si es aplicado mediante compresas frías es útil en casos de venas varicosas y poros dilatados. Para problemas de menopausia empleado en un baño caliente.

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

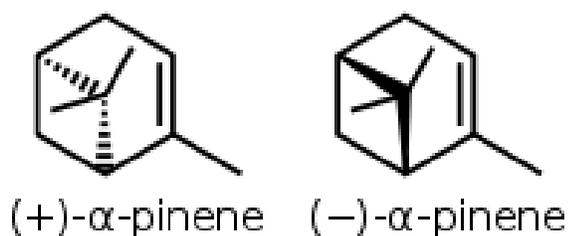
En la industria cosmética es utilizado abundantemente por sus numerosas propiedades, ya que es un buen antiséptico y un estupendo vulnerario para la

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

2.7.7. Alfa-Pineno

α -pineno es un compuesto orgánico de la clase de los terpenos, una de dos isómeros del pineno. Uno de los isómeros es un alqueno y contiene un anillo de cuatro muy reactiva. Se encuentra en los aceites de muchas especies de árboles de coníferas, en particular pinos. También se encuentra en el aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*). Ambos enantiómeros se conocen en la naturaleza; 1S, 5S o (-)- α -pineno es más común en pino europeo, mientras que 1R, 5R o (+)- α -pineno es más común en América del Norte. La mezcla racémica se encuentra presente en algunos aceites, tales como aceite de eucalipto.

Figura 3. Moléculas isoméricas de α -pineno



Fuente: Finemore, Horace. *The Essential Oils Perfumes*. p. 321.

3. METODOLOGÍA

3.1. Variables

VARIABLES son todos los parámetros que influyen directa e indirectamente en un fenómeno. A continuación se detallarán las variables independientes y dependientes que tuvieron influencia en el estudio:

- Independientes: las variables independientes serán los niveles altitudinales de recolección de materia prima y los tiempos de extracción del aceite esencial de ciprés.
- Dependientes: las variables dependientes o respuesta en el estudio serán el porcentaje de rendimiento extractivo, el rendimiento volumétrico, el Índice de Refracción, la composición química y el contenido de α -pineno del aceite esencial de ciprés.

3.2. Delimitación del campo de estudio

El estudio se limitó a la extracción y caracterización del aceite esencial de las hojas de ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill) proveniente de la finca Xejolón, ubicada en el municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango; en el que se evaluará el porcentaje de rendimiento extractivo, el rendimiento volumétrico y el contenido de α -pineno a tres niveles altitudinales (2 300, 2 400 y 2 500 metros sobre el nivel del mar) y a cuatro diferentes tiempos de extracción (30, 60, 90 y 120 minutos), realizando la extracción por el método de hidrodestilación escala laboratorio.

3.3. Ubicación

A continuación se detallarán los lugares donde se llevó a cabo la recolección de la materia prima, la extracción del aceite esencial de ciprés y la caracterización fisicoquímica.

3.3.1. Lugar de obtención de la materia prima

La materia prima fue recolectada en la finca Xejolón, ubicada en el municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango; perteneciente al altiplano de Guatemala.

3.3.2. Lugar de extracción del aceite esencial

El proceso de extracción por hidrodestilación se llevará a cabo en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, ciudad universitaria, zona 12.

3.3.3. Lugar de caracterización fisicoquímica

La caracterización fisicoquímica se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales de la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

El análisis de cromatografía gaseosa con acoplamiento de espectrometría de masas (GC-MS) se llevó a cabo en el Laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, en la Universidad del Valle de Guatemala.

3.4. Recursos humanos

Los recursos humanos son todas aquellas personas que participan directamente en la ejecución, elaboración, supervisión y revisión del estudio a nivel de trabajo de graduación.

- Desarrollo del proyecto: Wagner Beethoven Monterroso Alonzo
- Asesor: Ing. Mario José Mérida Meré
- Asesora: Inga. Telma Maricela Cano Morales
- Revisor: Ing. César Alfonso García Guerra

3.5. Recursos materiales

Son todos aquellos recursos utilizados para llevar a cabo cada proceso de extracción del aceite esencial de ciprés. Cada unidad experimental requirió lo siguiente:

- Hojas de ciprés frescas sin deshidratar
- Agua destilada
- Agua para recircular
- Etanol al 95 por ciento para limpiar el equipo

3.6. Equipo y cristalería

Son todos los equipos y cristalería necesaria para llevar a cabo las extracciones del aceite esencial de ciprés, así como también para llevar a cabo todos los análisis fisicoquímicos y la preparación de la materia prima. A continuación se enlistan cada uno de los equipos y cristalería utilizados:

- Neoclevenger (equipo para extracción de aceites esenciales)
- Balanza analítica, marca Boeco, Germany
- Balanza de humedad, marca Boeco, Germany
- Bomba de recirculación de agua, marca WWR
- Molino de cuchillas
- Manta de calentamiento, marca Boeco, Germany
- Balón de 1 000 mililitros
- Soportes y pinzas para asegurar el Neoclevenger
- Pizetas
- Viales para recolección de muestra
- Refractómetro, marca Fisher Scientific
- *Beackers*
- Probetas

3.7. Técnica cuantitativa

La técnica cuantitativa describe parámetros medibles o cuantificables. La investigación a nivel de trabajo de graduación será de carácter cuantitativo, experimental y comparativo.

3.8. Procedimiento

A continuación se detalla el procedimiento seguido para cada uno de los tratamientos que se le dieron a la materia prima, la metodología de extracción y la metodología de los análisis que se le realizaron al aceite esencial de ciprés.

3.8.1. Preparación de la materia prima

La preparación de la materia prima consiste en las operaciones unitarias de molienda y tamizado, necesarias para mejorar el proceso de extracción de aceite esencial de ciprés.

3.8.1.1. Molienda y tamizado de la materia prima

La molienda se realizó a través de un molino de cuchillas con el fin de reducir el tamaño de partícula del material vegetal fresco. Seguidamente se tamizó la muestra para lograr un tamaño de partícula homogéneo (procesada en tamiz # 8 y retenida en tamiz # 20).

3.8.2. Obtención del aceite esencial por el método de hidrodestilación

La obtención del aceite esencial de ciprés se llevó a cabo por el método de hidrodestilación a escala laboratorio, para lo cual se utilizó el Neoclevenger. A continuación se describe el procedimiento llevado a cabo:

- Se lavan las secciones del Neoclevenger con etanol y agua.
- Se colocan 100 gramos de hojas de ciprés en un balón de 1 000 mililitros.
- En cada extracción se agregan 600 mililitros de agua destilada humedeciendo todo el material, la relación materia prima/solvente es 1:6.
- Se acopla el balón que contiene el material vegetal con el Neoclevenger.
- Se recircula el agua del condensador del Neoclevenger, manteniendo el agua de recirculación a una temperatura de 10 grados celsius.

- Se transfiere calor al balón de 1 000 mililitros con la plancha de calentamiento, hasta que de inicio la ebullición.
- Iniciada la ebullición y a partir de que se da la condensación de la primera gota se toma el tiempo de extracción.
- Completado el tiempo de extracción, se suspende el calentamiento hasta que termine de obtenerse el condensado.
- Se mide el rendimiento volumétrico obtenido.
- Seguidamente se establece la masa de un vial color ámbar.
- Se transfiere el aceite esencial de ciprés al vial, teniendo cuidado de separar la fase oleosa del agua.
- Nuevamente se establece la masa del vial, pero ahora conteniendo el aceite esencial recuperado, y finalmente por diferencia de pesos se determina la masa del aceite obtenido en la extracción para calcular el porcentaje de rendimiento extractivo.

3.8.3. Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos realizados a cada muestra de aceite esencial obtenido fueron: el Índice de Refracción y la cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas (GC-MS).

3.8.3.1. Índice de Refracción

El Índice de Refracción es un análisis fisicoquímico de mucha importancia en los aceites esenciales y un parámetro de calidad que refleja la relación de la velocidad de la luz en el vacío con la velocidad de la luz en el aceite esencial. A continuación se describe el procedimiento llevado a cabo:

- La muestra de aceite esencial se filtra a través de papel filtro para eliminar cualquier impureza y las trazas de humedad.
- Primero se comprueba que el prisma este limpio.
- Se agregan dos gotas de la muestra líquida al prisma, esto puede ser realizado con una jeringa volumétrica.
- Se enciende la lámpara usando el interruptor en el lado izquierdo y se ajusta para asegurar el brillo adecuado en el prisma de medición.
- Se observa por el ocular, 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).
- Se mueve la palanca de la parte inferior izquierda y leer en la escala superior el Índice de Refracción.
- Registrar el Índice de Refracción y después leer el termómetro y registrar la temperatura.

3.8.3.2. Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-MS)

La GC-MS consiste en inyectar dentro del espectrómetro una cantidad igual a 0,1 microlitros de aceite esencial. En este método se produce 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 grafica 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.

3.9. Diseño experimental

El diseño experimental es bifactorial completamente al azar, obteniendo como variable respuesta el porcentaje de rendimiento extractivo, rendimiento volumétrico, Índice de Refracción y contenido de α - pineno del aceite esencial extraído de las hojas de ciprés. Se evaluarán 3 niveles altitudinales, 4 tiempos de extracción y 3 repeticiones para cada una, dando como resultado 36 tratamientos experimentales.

3.10. Análisis estadístico

El análisis estadístico se lleva a cabo para determinar si existe una relación significativa entre dos variables o factores que influyen directamente en los resultados de un estudio, para ello se lleva a cabo un análisis de varianza (ANOVA), el cual permite comparar parámetros que responden si hay o no relación entre las variables o factores comparados.

Dado que se quiere analizar el efecto de dos factores sobre una variable respuesta, el experimento es bifactorial. En este caso también es importante determinar si existe una interacción significativa entre los dos factores, los cuales son: los niveles altitudinales de recolección de materia prima y los tiempos de extracción.

Tabla II. Experimento de dos factores

Factor A	Factor B				Total	Media
	30 min	60 min	90 min	120 min		
2300 msnm	Y_{111}	Y_{121}	Y_{131}	Y_{141}	$T_{1..}$	$X_{1..}$
	Y_{112}	Y_{122}	Y_{132}	Y_{142}		
	Y_{113}	Y_{123}	Y_{133}	Y_{143}		
2400 msnm	Y_{211}	Y_{221}	Y_{231}	Y_{241}	$T_{2..}$	$X_{2..}$
	Y_{212}	Y_{222}	Y_{232}	Y_{242}		
	Y_{213}	Y_{223}	Y_{233}	Y_{243}		
2500 msnm	Y_{311}	Y_{321}	Y_{331}	Y_{341}	$T_{3..}$	$X_{3..}$
	Y_{312}	Y_{322}	Y_{332}	Y_{342}		
	Y_{313}	Y_{323}	Y_{333}	Y_{343}		
Total	$T_{.1.}$	$T_{.2.}$	$T_{.3.}$	$T_{.4.}$	$T_{...}$	
Media	$X_{.1.}$	$X_{.2.}$	$X_{.3.}$	$X_{.4.}$		$X_{...}$

Fuente: elaboración propia.

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

Factor A = Alturas sobre el nivel del mar

Factor B = Tiempos de extracción

Tabla III. **Análisis de varianza para el experimento de dos factores con n-repeticiones**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada
Efecto principal				
A	SSA	a - 1	$S^2_1 = SSA / (a - 1)$	$F_1 = S^2_1 / S^2$
B	SSB	b - 1	$S^2_2 = SSB / (b - 1)$	$F_2 = S^2_2 / S^2$
Interacción de dos factores AB	SS(AB)	(a - 1)(b - 1)	$S^2_3 = SS(AB) / (a - 1)(b - 1)$	$F_3 = S^2_3 / S^2$
Error	SSE	ab(n - 1)	$S^2 = SSE / ab(n - 1)$	
Total	SST	abn - 1		

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

Fórmulas para el cálculo de la suma de cuadrados:

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

$$SSA = \frac{\sum_{i=1}^a T^2_{i \dots}}{bn} - \frac{T^2 \dots}{abn} \quad [\text{Ec. 2}]$$

$$SSB = \frac{\sum_{j=1}^b T^2 \cdot j}{an} - \frac{T^2 \dots}{abn} \quad [\text{Ec. 3}]$$

$$SS(AB) = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b T^2 ij}{n} - \frac{\sum_{i=1}^a T^2 i \dots}{bn} - \frac{\sum_{j=1}^b T^2 \cdot j}{an} + \frac{T^2 \dots}{abn} \quad [\text{Ec. 4}]$$

$$SSE = SST - SSA - SSB - SS(AB) \quad [\text{Ec. 5}]$$

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

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

3.10.1. Análisis de varianza de dos factores para el porcentaje de rendimiento extractivo

Se realizó el análisis de varianza para evaluar el efecto del nivel altitudinal y del tiempo de extracción sobre el porcentaje de rendimiento extractivo obteniéndose las siguientes tablas:

Tabla IV. **Experimento de dos factores para el porcentaje de rendimiento extractivo**

Factor A	Factor B				Total	Media
	30 min	60 min	90 min	120 min		
2300 msnm	0,0684	0,1406	0,1717	0,1992	1,71	0,14
	0,0688	0,1572	0,1618	0,2045		
	0,0568	0,1000	0,1840	0,2015		
2400 msnm	0,0466	0,0910	0,1050	0,1554	1,34	0,11
	0,0300	0,1107	0,2090	0,1773		
	0,0288	0,0916	0,1120	0,1859		
2500 msnm	0,0848	0,1780	0,2135	0,2807	2,16	0,18
	0,0449	0,1536	0,2199	0,3022		
	0,0838	0,1709	0,1797	0,2522		
Total	0,51	1,19	1,56	1,96	10,44	
Media	0,06	0,13	0,17	0,22		0,15

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Análisis de varianza para el porcentaje de rendimiento extractivo**

ANOVA - dos factores con 3 repeticiones

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F crítica
Niveles altitudinales	0,02816	2	0,01408	25,354	3,403
Tiempo de extracción	0,12564	3	0,04188	75,402	3,009

Continuación de la tabla V.

Interacción de los dos factores	0,00501	6	0,00084	1,505	2,508
Error	0,01333	24	0,00056		
Total	0,17214	35			

Fuente: elaboración propia.

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

Se realizó el análisis de varianza para evaluar el efecto del nivel altitudinal y del tiempo de extracción sobre el rendimiento volumétrico obteniéndose las siguientes tablas:

Tabla VI. Experimento de dos factores para el rendimiento volumétrico

Factor A	Factor B				Total	Media
	30 min	60 min	90 min	120 min		
2300 msnm	0,10	0,16	0,21	0,25	2,19	0,18
	0,09	0,17	0,23	0,24		
	0,10	0,17	0,21	0,26		
2400 msnm	0,03	0,1	0,17	0,22	1,60	0,13
	0,03	0,09	0,23	0,25		
	0,03	0,08	0,2	0,17		

Continuación de la tabla VI.

2500 msnm	0,12	0,28	0,34	0,37	3,13	0,26
	0,11	0,24	0,3	0,39		
	0,11	0,25	0,27	0,35		
Total	0,72	1,54	2,16	2,50	13,84	
Media	0,08	0,17	0,24	0,28		0,19

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Análisis de varianza para el rendimiento volumétrico**

ANOVA - dos factores con 3 repeticiones

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F crítica
Niveles altitudinales	0,09924	2	0,04962	118,298	3,403
Tiempo de extracción	0,20378	3	0,06793	161,943	3,009
Interacción de los dos factores	0,01294	6	0,00216	5,141	2,508
Error	0,01007	24	0,00042		
Total	0,32602	35			

Fuente: elaboración propia.

3.10.3. Análisis de varianza de dos factores para el contenido de α -pineno

Se realizó el análisis de varianza para evaluar el efecto del nivel altitudinal y del tiempo de extracción sobre el contenido de α -pineno obteniéndose las siguientes tablas:

Tabla VIII. Experimento de dos factores para el contenido de α -pineno

Factor A	Factor B				Total	Media
	30 min	60 min	90 min	120 min		
2300 msnm	14,5100	12,3600	12,9900	15,9300	55,79	13,95
2400 msnm	0,5100	3,6000	2,0900	2,6100	8,81	2,20
2500 msnm	11,3100	9,2400	9,2800	8,5100	38,34	9,59
Total	26,33	25,20	24,36	27,05	205,88	
Media	8,78	8,40	8,12	9,02		8,58

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Análisis de varianza para el contenido de α -pineno**

ANOVA - dos factores sin repeticiones

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F crítica
Niveles altitudinales	281,97032	2	140,9852	54,214	5,143
Tiempo de extracción	1,42003	3	0,4733	0,182	4,757
Error	15,60322	6	2,6005		
Total	298,99357	11			

Fuente: elaboración propia.

3.10.4. Análisis de varianza de dos factores para el Índice de Refracción

Se realizó el análisis de varianza para evaluar el efecto del nivel altitudinal y del tiempo de extracción sobre el Índice de Refracción obteniéndose las siguientes tablas:

Tabla X. **Experimento de dos factores para el Índice de Refracción**

Factor A	Factor B				Total	Media
	30 min	60 min	90 min	120 min		
2300 msnm	1,4275	1,4785	1,4830	1,4855	5,87	1,47
2400 msnm	1,4535	1,4720	1,4925	1,4905	5,91	1,48

Continuación de la tabla X.

2500 msnm	1,4365	1,4835	1,4850	1,4855	5,89	1,47
Total	4,32	4,43	4,46	4,46	35,35	
Media	1,44	1,48	1,49	1,49		1,47

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Análisis de varianza para el Índice de Refracción**

ANOVA - dos factores sin repeticiones

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F crítica
Niveles altitudinales	0,00014	2	7,23E-05	1,287	5,143
Tiempo de extracción	0,00468	3	1,56E-03	27,775	4,757
Error	0,00034	6	5,62E-05		
Total	0,00517	11			

Fuente: elaboración propia.

3.11. Muestra de cálculo del porcentaje de rendimiento extractivo

Para determinar el porcentaje de rendimiento extractivo se utilizó la siguiente ecuación:

$$R. E = \frac{\text{Peso bruto} - \text{Tara}}{\text{Peso muestra}} * 100 \quad [\text{Ec. 6}]$$

Ejemplo: para el cálculo del porcentaje de rendimiento extractivo del aceite esencial de ciprés durante un tiempo de extracción de 120 minutos y un nivel altitudinal de 2 300 metros sobre el nivel del mar, se obtuvo lo siguiente:

Tara del vial = 6,4503 g

Peso bruto = 6,6495 g

Peso muestra = 100 g

$$R. E = \frac{6,6495 - 6,4503}{100} * 100 = 0,1992\%$$

Nota: de la misma forma se hicieron los cálculos de los porcentajes de rendimiento extractivo para cada uno de los tiempos de extracción y niveles altitudinales, siempre usando 100 gramos de materia prima (hojas de ciprés).

4. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados del porcentaje de rendimiento extractivo, rendimiento volumétrico, contenido de α -pino e Índice de Refracción de cada uno de los aceites esenciales obtenidos para cada nivel altitudinal y cada tiempo de extracción.

Tabla XII. **Porcentaje de rendimiento extractivo del aceite esencial de ciprés a 2 300 msnm a diferentes tiempos de extracción**

t (min)	R.E (%)			\bar{X}	$\pm \sigma$
	R1	R2	R3		
120	0,20	0,20	0,20	0,20	0,00
90	0,17	0,16	0,18	0,17	0,01
60	0,14	0,16	0,10	0,13	0,03
30	0,07	0,07	0,06	0,06	0,001

Fuente: elaboración propia, datos de apéndice 2.

Tabla XIII. **Porcentaje de rendimiento extractivo del aceite esencial de ciprés a 2 400 msnm a diferentes tiempos de extracción**

t (min)	R.E (%)			\bar{X}	$\pm \sigma$
	R1	R2	R3		
120	0,16	0,18	0,19	0,17	0,02
90	0,11	0,21	0,11	0,14	0,06
60	0,09	0,11	0,09	0,10	0,01
30	0,05	0,03	0,03	0,04	0,01

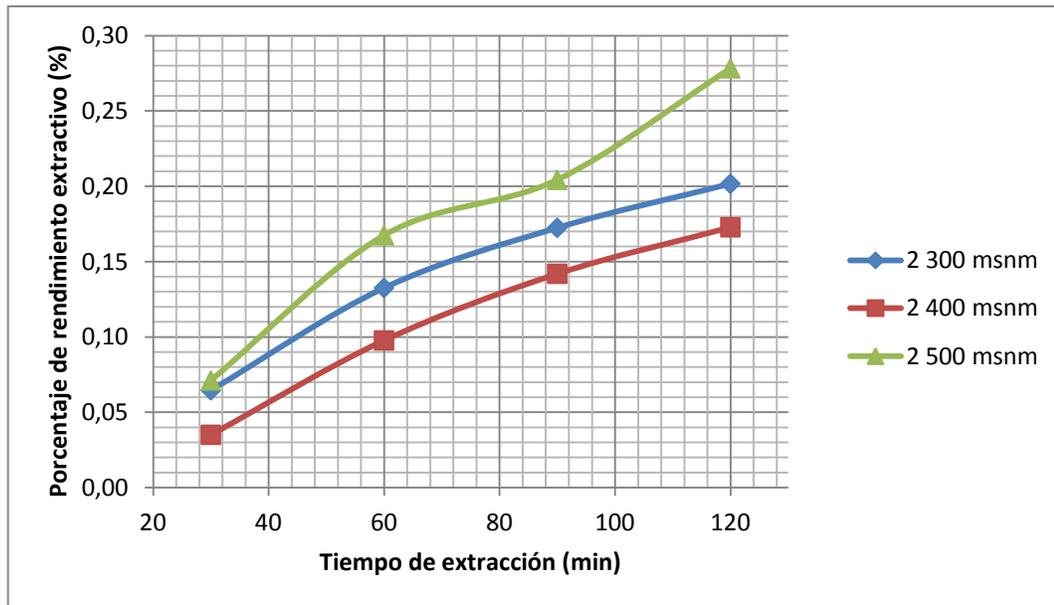
Fuente: elaboración propia, datos de apéndice 3.

Tabla XIV. **Porcentaje de rendimiento extractivo del aceite esencial de ciprés a 2 500 msnm a diferentes tiempos de extracción**

t (min)	R.E (%)			\bar{X}	$\pm \sigma$
	R1	R2	R3		
120	0,28	0,30	0,25	0,28	0,03
90	0,21	0,22	0,18	0,20	0,02
60	0,18	0,15	0,17	0,17	0,01
30	0,08	0,04	0,08	0,07	0,02

Fuente: elaboración propia, datos de apéndice 4.

Figura 4. **Porcentaje de rendimiento extractivo en función del tiempo de extracción para diferentes niveles altitudinales**



Fuente: elaboración propia, basado en las tablas XII, XIII y XIV.

Tabla XV. **Rendimiento volumétrico del aceite esencial de ciprés a 2 300 msnm a diferentes tiempos de extracción**

t (min)	R.V (mL)			\bar{X}	$\pm \sigma$
	R1	R2	R3		
120	0,25	0,24	0,26	0,25	0,01
90	0,21	0,23	0,21	0,22	0,01
60	0,16	0,17	0,17	0,17	0,01
30	0,10	0,09	0,10	0,10	0,01

Fuente: elaboración propia, datos de apéndice 2.

Tabla XVI. **Rendimiento volumétrico del aceite esencial de ciprés a 2 400 msnm a diferentes tiempos de extracción**

t (min)	R.V (mL)			\bar{X}	$\pm \sigma$
	R1	R2	R3		
120	0,22	0,25	0,17	0,21	0,04
90	0,17	0,23	0,20	0,20	0,03
60	0,10	0,09	0,08	0,09	0,01
30	0,03	0,03	0,03	0,03	0,00

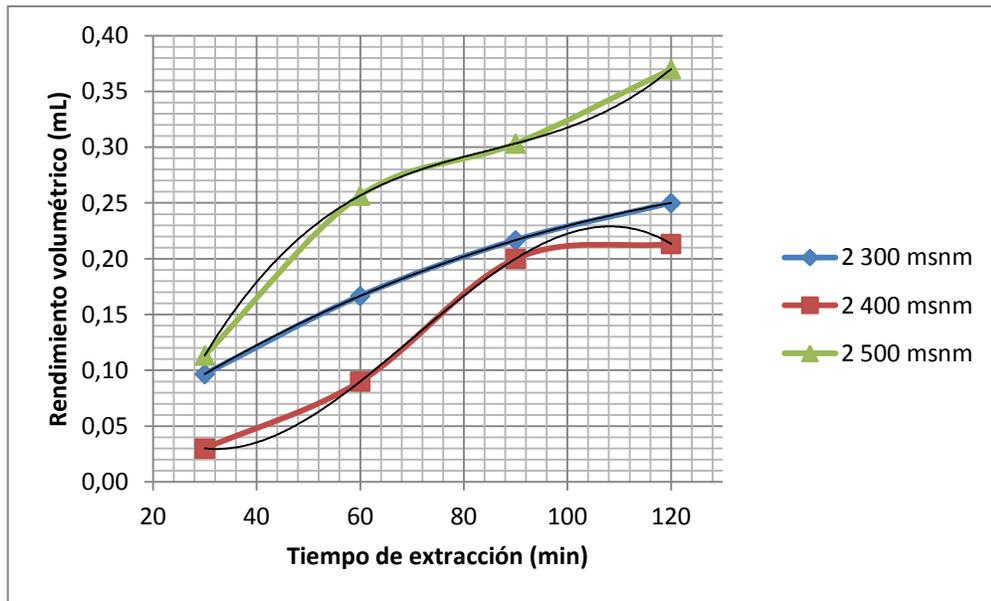
Fuente: elaboración propia, datos de apéndice 3.

Tabla XVII. **Rendimiento volumétrico del aceite esencial de ciprés a 2 500 msnm a diferentes tiempos de extracción**

t (min)	R.V (mL)			\bar{X}	$\pm \sigma$
	R1	R2	R3		
120	0,37	0,39	0,35	0,37	0,02
90	0,34	0,30	0,27	0,30	0,04
60	0,28	0,24	0,25	0,26	0,02
30	0,12	0,11	0,11	0,11	0,01

Fuente: elaboración propia, datos de apéndice 4.

Figura 5. Rendimiento volumétrico en función del tiempo de extracción para diferentes niveles altitudinales



Fuente: elaboración propia, basado en las tablas XV, XVI y XVII.

Tabla XVIII. Correlación matemática del rendimiento volumétrico en función del tiempo de extracción a cada nivel altitudinal

Correlación cúbica: $y = a.x^3 + b.x^2 + c.x + d$						
Color	N.A	a	b	c	d	R ²
	2 300 msnm	2,00E-08	-1,00E-05	0,0035	0,0033	1
	2 400 msnm	-9,00E-07	0,0002	0,0095	0,1667	1
	2 500 msnm	7,00E-07	-0,0002	0,0167	-0,2433	1

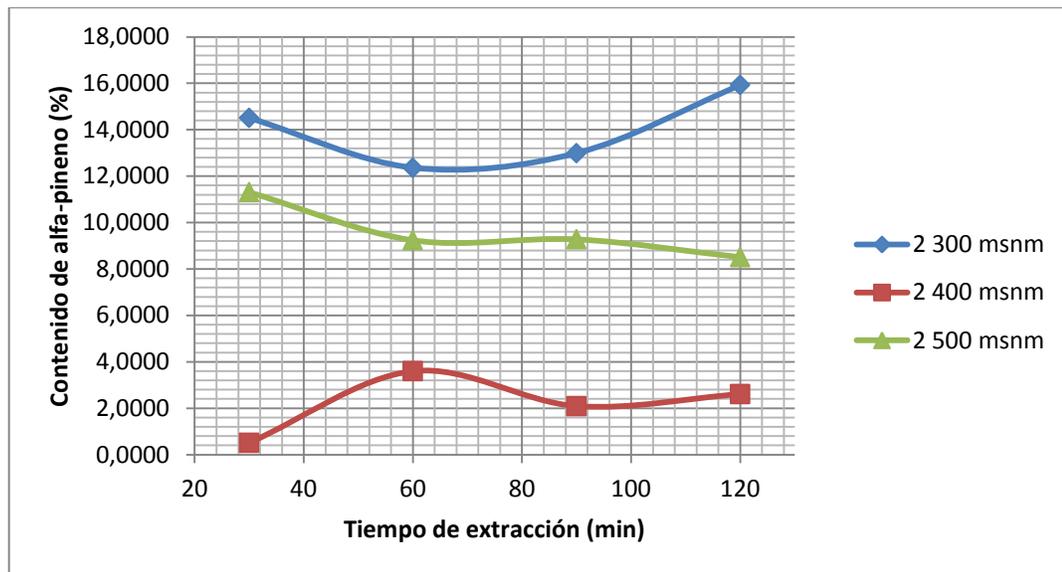
Fuente: elaboración propia, basado en figura 5.

Tabla XIX. **Contenido de α -pineno del aceite esencial de ciprés a diferentes niveles altitudinales y tiempos de extracción**

Variables		Area (%)
2 300 msnm	30 (min)	14,51
	60 (min)	12,36
	90 (min)	12,99
	120 (min)	15,93
2 400 msnm	30 (min)	0,51
	60 (min)	3,60
	90 (min)	2,09
	120 (min)	2,61
2 500 msnm	30 (min)	11,31
	60 (min)	9,24
	90 (min)	9,28
	120 (min)	8,51

Fuente: elaboración propia, a través de las búsquedas obtenidas en cada cromatografía.

Figura 6. **Contenido de α -pineno en función del tiempo de extracción para diferentes niveles altitudinales**



Fuente: elaboración propia, basado en tabla XIX.

Tabla XX. **Índice de Refracción del aceite esencial de ciprés a diferentes niveles altitudinales y tiempos de extracción**

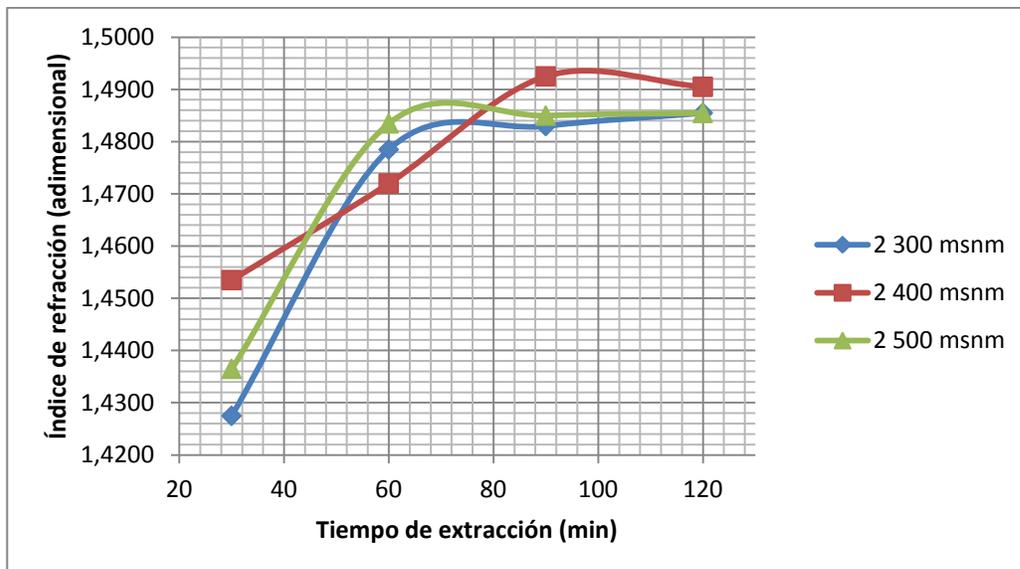
Variables		I.R	I.R Teórico
2300 msnm	30 (min)	1,4275	1,470-1,473
	60 (min)	1,4785	
	90 (min)	1,4830	
	120 (min)	1,4855	

Continuación de la tabla XX.

Variables		I.R	I.R Teórico
2400 msnm	30 (min)	1,4535	1,470-1,473
	60 (min)	1,4720	
	90 (min)	1,4925	
	120 (min)	1,4905	
2500 msnm	30 (min)	1,4365	
	60 (min)	1,4835	
	90 (min)	1,4850	
	120 (min)	1,4855	

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Índice de Refracción en función del tiempo de extracción para diferentes niveles altitudinales



Fuente: elaboración propia, basado en tabla XX.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo a nivel de trabajo de graduación consistió en evaluar el rendimiento extractivo, rendimiento volumétrico y contenido de α -pineno del aceite esencial de las hojas de ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill) con base en tres niveles altitudinales obtenido mediante el método de hidrodestilación a escala laboratorio.

La materia prima fue recolectada a tres diferentes niveles altitudinales en la finca Xejolón, ubicada en el municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango; perteneciente al altiplano de Guatemala. Dicha finca se encuentra dentro del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), los cuales ejecutan proyectos de reforestación y manejo de bosques naturales.

Luego de recolectar la materia prima, se procedió a realizar la clasificación de las hojas y separarlas de la parte leñosa y ramas, las cuales no son de interés para este estudio. A las hojas se les realizó una molienda en un molino de cuchillas con el objetivo de reducir el tamaño de partícula, lo cual se sabe que mejora el porcentaje de rendimiento de extracción, seguidamente se tamizó el material en un set de tamices para obtener un material más homogéneo (procesado en un tamiz #8 y retenido en un tamiz #20), el análisis granulométrico del material se puede observar en el apéndice 1.

Con el material procesado se realizaron las extracciones a escala laboratorio por el método de hidrodestilación para lo cual se utilizó el neoclevenger con un sistema de recirculación para llevarlo a cabo. Para cada extracción se utilizaron 100 gramos de hojas de ciprés previamente molidas y

tamizadas, y se colocaron en un balón de 1 000 mililitros con 600 mililitros de agua destilada para llevar a cabo el proceso de arrastre con vapor. Los tiempos de extracción fueron unas de las variables estudiadas junto con los niveles altitudinales a las que se recolectó la materia prima y para cada una de las extracciones se realizaron tres corridas.

Los tiempos de extracción evaluados fueron de 30, 60, 90 y 120 minutos y para cada tiempo se obtuvo como producto final el aceite esencia de ciprés; al cual se le evaluó el porcentaje de rendimiento extractivo, el rendimiento volumétrico, el Índice de Refracción y el contenido de α -pineno, este último a través de cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas.

Los porcentajes de rendimiento extractivo obtenidos para cada nivel altitudinal y cada tiempo de extracción se encuentran en las tablas XII, XIII y XIV y se puede visualizar mejor el comportamiento de estas variables en la gráfica de la figura. 4. Como se puede observar, los porcentajes de rendimiento extractivo fueron aumentando a medida que el tiempo de extracción se hacía mayor, lo cual es un comportamiento que se esperaba observar debido a que a medida que aumenta el tiempo de extracción se agota cada vez más el material vegetal y con ello se logra obtener un mejor rendimiento extractivo, sin embargo este comportamiento tiene un límite debido a que llegará un instante en el que por más que se le dé mucho tiempo de extracción el rendimiento ya no va aumentar dado que el material vegetal se encontrará completamente agotado.

Dentro de lo que se puede observar en la gráfica de la figura 4 en todo momento aumento el porcentaje de rendimiento extractivo en función del tiempo, y no se logró observar el punto en el que el rendimiento llega a ser constante en función del tiempo. Por otro lado los rendimientos extractivos fueron mejor para la altura de 2 500 metros sobre el nivel del mar, seguido de

2 300 y por último los de 2 400 metros sobre el nivel del mar, siendo estos rendimientos $0,28\% \pm 0,03$, $0,20\% \pm 0,002$ y $0,17\% \pm 0,012$ respectivamente y para tiempos de extracción de 120 minutos.

El análisis estadístico realizado para evaluar si existe una diferencia significativa entre el porcentaje de rendimiento extractivo, los niveles altitudinales y los tiempos de extracción se puede observar en las tablas IV y V; de lo cual se puede concluir por la comparación de la F calculada y la F crítica que con un nivel de confianza del 95 por ciento existe diferencia significativa del porcentaje de rendimiento extractivo en función del nivel altitudinal, así también existe una diferencia significativa del porcentaje de rendimiento extractivo en función del tiempo de extracción. Esto quiere decir que el porcentaje de rendimiento extractivo depende tanto del nivel altitudinal de la materia prima como del tiempo de extracción, lo cual se ve reflejado en los resultados obtenidos.

El rendimiento volumétrico evaluado para cada tiempo de extracción y para cada nivel altitudinal se encuentran en las tablas XV, XVI y XVII, y se puede visualizar mejor el comportamiento de estas variables en la gráfica de la figura. 5. El comportamiento del rendimiento volumétrico es muy similar al comportamiento obtenido para el porcentaje de rendimiento extractivo, ya que este también aumenta a medida que aumenta el tiempo de extracción, lo cual es lógico, porque al haber mayor rendimiento extractivo el volumen de aceite esencial esperado debe ser igualmente mayor.

Por otro lado nuevamente se observo que el mayor rendimiento volumétrico obtenido fue para el nivel altitudinal de 2 500, seguido de 2 300 y por último el de 2 400 metros sobre el nivel del mar, siendo los valores de estos

rendimientos volumétricos de $0,37 \text{ mL} \pm 0,02$, $0,25 \text{ mL} \pm 0,01$ y $0,21 \text{ mL} \pm 0,04$ respectivamente y para tiempos de extracción de 120 minutos.

Con base en la gráfica de la figura 5 se obtuvo una correlación matemática para cada nivel altitudinal, el cual describe el comportamiento del rendimiento volumétrico en función del tiempo de extracción, dichas correlaciones se encuentran en la tabla XVIII. Para el nivel altitudinal se obtuvo una correlación cúbica, todas con un coeficiente de correlación de 1, lo cual indica que la correlación matemática se adecua perfectamente al comportamiento que reflejan las variables.

También se realizó un análisis estadístico para evaluar si existe una diferencia significativa entre el rendimiento volumétrico, los niveles altitudinales y los tiempos de extracción, y se puede observar en las tablas VI y VII; de lo cual se puede concluir por la comparación de la F calculada y la F crítica que con un nivel de confianza del 95 por ciento existe diferencia significativa del rendimiento volumétrico en función del nivel altitudinal, así también existe una diferencia significativa del rendimiento volumétrico en función del tiempo de extracción. Esto quiere decir que el rendimiento volumétrico depende tanto del nivel altitudinal de la materia prima como del tiempo de extracción, lo cual se ve reflejado en los resultados obtenidos.

Para evaluar el contenido de α -pineno en función de los niveles altitudinales y los tiempos de extracción se realizó una cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas a cada una de las muestras de aceite esencial obtenido. Dicha cromatografía nos permite conocer la composición química del aceite esencial a través de la descomposición de los diferentes compuestos a diferentes tiempos de retención, obteniéndose así un cromatograma que refleja el contenido de cada uno de los compuestos

detectados en el espectro de masas a través de picos y cuantifica cada uno de los picos por integración de áreas.

De esta manera se genera un informe de búsqueda con el nombre de cada uno de los compuestos detectados, los tiempos de retención a los que fueron detectados y los porcentajes de áreas que corresponden a cada compuesto. Este informe de búsqueda fue el que se utilizó para evaluar el contenido de α -pineno a través de su porcentaje de área correspondiente.

Los contenidos de α -pineno detectados a través de porcentajes de área para cada nivel altitudinal y cada tiempo de extracción del aceite esencial se encuentran en la tabla XVIII, y gráficamente también se pueden observar en la figura 6. Al observar los datos de la tabla y el comportamiento de la gráfica se puede detectar que para cada nivel altitudinal no hay una variación significativa del contenido de α -pineno entre cada uno de los tiempos de extracción, sin embargo si hay una variación significativa entre cada nivel altitudinal.

El nivel altitudinal que presenta mayor contenido de α -pineno es el de 2 300 metros sobre el nivel del mar con un porcentaje de área de 15,93, seguidamente del nivel altitudinal de 2 500 metros sobre el nivel del mar con un porcentaje de área de 11,3 y por último el nivel altitudinal de 2 400 metros sobre el nivel del mar con un porcentaje de área de 3,6.

Para confirmar si había o no una variación significativa entre el contenido de α -pineno en función del nivel altitudinal y el tiempo de extracción, se realizó un análisis estadístico, el cual se puede observar en las tablas VIII y IX; de lo cual se pudo concluir a través de la comparación de la F calculada y la F crítica que con un nivel de confianza del 95 por ciento existe una diferencia significativa del contenido de α -pineno en función del nivel altitudinal, sin

embargo también se confirmó que no existe una diferencia significativa del contenido de α -pineno en función del tiempo de extracción.

Esto quiere decir que el contenido de α -pineno depende del nivel altitudinal a la que fue cosechado el árbol de ciprés, debido a que para cada altura a la que crece un árbol, las condiciones de suelo y clima son diferentes y afectan directamente en su desarrollo biológico, por lo que también afecta la composición química de su aceite esencial; por otro lado el contenido de α -pineno no varió significativamente entre tiempos de extracción, debido a que el α -pineno es uno de los compuestos más volátiles que se pueden encontrar en la composición química del aceite esencial de ciprés, por lo tanto es este compuesto uno de los primeros en volatilizarse al momento de empezar el proceso de hidrodestilación y no se ve afectada su contenido en el transcurso del tiempo de extracción.

Por último los resultados del Índice de Refracción medidos se encuentran en la tabla XX y gráficamente en la figura 7. Estas mediciones representan una magnitud que relaciona la velocidad de la luz en el vacío entre la velocidad de la luz en el aceite esencial de ciprés.

Según los resultados obtenidos, el Índice de Refracción fue aumentando levemente a medida que aumentaba el tiempo de extracción, y este comportamiento fue muy similar entre cada nivel altitudinal, obteniéndose así valores muy similares, como por ejemplo: para el nivel altitudinal de 2 500 metros sobre el nivel del mar se obtuvo un Índice de Refracción de 1,4855, para el de 2 400 metros sobre el nivel del mar un Índice de Refracción de 1,4905 y para 2 300 metros sobre el nivel del mar un Índice de Refracción de 1,4855, todos medidos del aceite esencial extraído durante 120 minutos

A los índices de refracción medidos también se le hicieron análisis estadísticos para determinar la relación que hay entre los niveles altitudinales y los tiempos de extracción, dichos análisis se pueden observar en las tablas X y XI, de lo cual se pudo concluir que con un nivel de confianza del 95 por ciento no existe diferencia significativa del Índice de Refracción en función del nivel altitudinal, pero si existe una diferencia significativa entre el Índice de Refracción en función del tiempo de extracción.

Esto se debe principalmente a que a medida que aumenta el tiempo de extracción muchos compuestos que no son tan volátiles como el α -pineno, empiezan a aparecer en la composición química del aceite esencial extraído, por lo que su presencia altera el haz de luz y dificulta su paso, por tal razón el Índice de Refracción aumenta levemente a mayores tiempos de extracción; pero sin embargo estos valores no son significativamente diferentes entre niveles altitudinales, ya que al medir el Índice de Refracción de dos aceites esenciales extraídos bajo el mismo tiempo de extracción los compuestos presentes en su composición química son muy similares aunque provengan de un árbol cultivado a diferente nivel altitudinal.

Finalmente también cabe resaltar que a través de la cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas se lograron detectar una diversidad de compuestos químicos que se encuentran presentes en el aceite esencial de ciprés, a parte del ya conocido α -pineno. Estos compuestos se encuentran en diferentes proporciones y para que se tenga una mejor visualización de dichos compuestos y las proporciones en las que se encuentran en función de su porcentaje de área, en el apéndice se adjuntaron una serie de tablas que muestran los 10 compuestos mayoritarios presentes en el aceite esencial de ciprés extraído a 30, 60, 90 y 120 minutos para cada nivel altitudinal.

Así también en la sección de apéndices se encuentran los cromatogramas para cada tiempo de extracción y nivel altitudinal, los cromatogramas comparativos que muestran una comparación de los picos y áreas entre tiempos de extracción para cada nivel altitudinal, y los espectros de masas de algunos compuestos junto con su estructura química.

CONCLUSIONES

1. El rendimiento extractivo, rendimiento volumétrico y contenido de α -pineno del aceite esencial de ciprés se evaluó con base en tres niveles altitudinales y a cuatro tiempos de extracción por el método de hidrodestilación a escala laboratorio.
2. Existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento extractivo en función de los niveles altitudinales y los tiempos de extracción.
3. El mejor rendimiento extractivo es para el mayor nivel altitudinal y para el mayor tiempo de extracción, siendo este valor de $0,28\% \pm 0,03$.
4. La correlación matemática para el rendimiento volumétrico a cada nivel altitudinal es de tipo polinómica, siendo estas de tipo cúbica con un coeficiente de correlación máximo.
5. Existe diferencia significativa en el rendimiento volumétrico en función de los niveles altitudinales y los tiempos de extracción.
6. El mejor rendimiento volumétrico es para el mayor nivel altitudinal y para el mayor tiempo de extracción, siendo este valor de $0,37 \text{ mL} \pm 0,02$.
7. Existe diferencia significativa en el contenido de α -pineno del aceite esencial de ciprés en función de los niveles altitudinales, pero no en los tiempos de extracción.

8. El mejor contenido de α -pineno es para el menor nivel altitudinal y para el mayor tiempo de extracción, siendo este valor de 15,93 por ciento.
9. No existe diferencia significativa en el Índice de Refracción del aceite esencial de ciprés en función de los niveles altitudinales, pero si en los tiempos de extracción.
10. El valor del Índice de Refracción más cercano al referenciado teóricamente para el aceite esencial de ciprés es para el nivel altitudinal intermedio y un tiempo de extracción intermedio.
11. Además del α -pineno existen otros monoterpenos y sesquiterpenos en la composición química del aceite esencial de ciprés.

RECOMENDACIONES

1. Realizar pruebas extractivas con hojas de ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill) con tiempos de extracción mayores a 120 minutos, para determinar si es factible un mejor rendimiento extractivo y rendimiento volumétrico.
2. Impulsar un nuevo proyecto de investigación con hojas de ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill) donde se varíe las regiones del país en donde fue cultivado el ciprés.
3. Impulsar nuevos proyectos de investigación en donde se incursione en nuevas tecnologías de extracción de aceite esencial de ciprés, con el objetivo de lograr un mejor rendimiento extractivo.
4. Realizar un escalamiento a planta piloto para comparar los resultados con los ya obtenidos en este proyecto a nivel de trabajo de graduación.
5. Continuar estudios de investigación con árboles de ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill) en diferentes temáticas de investigación, ya que es una especie forestal nativa de Guatemala con mucho potencial en diferentes ámbitos.

BIBLIOGRAFÍA

1. CÁCERES, Armando. *Plantas de uso medicinal en Guatemala*. Guatemala: Editorial Universitaria, 1996. 350 p.
2. Centro de Comercio Internacional. *Estudio de mercado, aceites esenciales y oleorresinas*. Suiza: UNCTAD/GATT, 1986. 65 p.
3. DE LEÓN, Tannia. *Extracción de aceite esencial crudo de hierbabuena (menta citrata EHRH) con la aplicación del método de extracción por arrastre con vapor variando los tamaños de muestra y humedad a partir de pruebas a nivel laboratorio*. Trabajo de graduación Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 201 p.
4. DE SILVA, Tuley. *Manual on the essential oil industry*. Viena: United Nations, Industrial Development Organization, 1985. 235 p.
5. FINNEMORE, Horace. *The Essential Oils*. Estados Unidos: D. Van Nostrand Co., 1926. 426 p.
6. FURIA, Thomas E.; BELLANCA, Nicolo. *Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients*. 2a ed. Vol. I. Boca Raton: CRC Press, 1975. 384 p.
7. PARRY, Ernest J. *The Chemistry of essential oils and artificial perfumes*. 4a ed. Vol. II. Inglaterra: Scout, Greenwood and Son, 1922. 298 p.

8. PERRY, Robert H. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 8a ed. New York: McGraw-Hill, 2008. 1540 p.
9. ULRICH, G. *Procesos de ingeniería química*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 1991. 412 p.
10. MEDINILLA ALDANA, Beatriz. *Manual de laboratorio de Farmacognosia*. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia Escuela de Química Farmacéutica, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1996. 45 p.
11. WALPOLE, Ronald. *Probabilidad y estadística*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 1992. 625 p.

APÉNDICES

1. **Análisis granulométrico de las hojas de ciprés tamizadas en un set de tamices # 8, 10, 12, 16, 18, 20 y 30**

Tamiz #	Peso (g)					Porcentaje
	R1	R2	R3	\bar{X}	$\pm\sigma$	
8	57,46	57,34	64,07	59,62	3,85	12,96%
10	91,65	92,39	101,56	95,20	5,52	20,69%
12	116,49	126,59	138,11	127,06	10,82	27,62%
16	49,28	63,66	63,95	58,96	8,39	12,82%
18	27,34	38,98	39,34	35,22	6,83	7,66%
20	33,64	28,24	28,52	30,13	3,04	6,55%
30	32,17	38,34	39,47	36,66	3,93	7,97%
Fondo	8,04	21,63	21,79	17,15	7,89	3,73%
TOTAL	416,07	467,17	496,81	460,02	40,84	100,00%

Fuente: elaboración propia.

2. Datos originales, 2 300 msnm

Corrida	Tara (g)	Peso bruto (g)	Volumen (mL)	Humedad (%)
120 minutos de extracción				
R1	6,4503	6,6495	0,250	50,134
R2	6,6055	6,8100	0,240	48,426
R3	6,5009	6,7024	0,260	49,653
90 minutos de extracción				
R1	6,7646	6,9363	0,210	53,124
R2	6,6211	6,7829	0,230	51,239
R3	6,6219	6,8059	0,210	52,467
60 minutos de extracción				
R1	6,7530	6,8936	0,160	47,653
R2	6,8203	6,9775	0,170	47,390
R3	6,7172	6,8172	0,170	48,113
30 minutos de extracción				
R1	6,5780	6,6464	0,100	49,861
R2	6,6932	6,7620	0,090	48,265
R3	6,7324	6,7892	0,100	47,568

Fuente: elaboración propia.

3. Datos originales, 2 400 msnm

Corrida	Tara (g)	Peso bruto (g)	Volumen (mL)	Humedad (%)
120 minutos de extracción				
R1	6,5496	6,705	0,22	52,02
R2	6,6738	6,8511	0,25	50,83
R3	6,6411	6,827	0,17	52,42
90 minutos de extracción				
R1	6,739	6,844	0,17	51,69
R2	6,73	6,939	0,23	51,15
R3	6,693	6,805	0,2	50,97
60 minutos de extracción				
R1	6,703	6,794	0,1	51,8
R2	6,6453	6,756	0,09	50,9
R3	6,6594	6,751	0,08	51,52
30 minutos de extracción				
R1	6,6324	6,679	0,03	50,9
R2	6,6401	6,6701	0,03	53,4
R3	6,6491	6,6779	0,03	51,6

Fuente: elaboración propia.

4. Datos originales, 2 500 msnm

Corrida	Tara (g)	Peso bruto (g)	Volumen (mL)	Humedad (%)
120 minutos de extracción				
R1	6,7689	7,0496	0,37	49,3
R2	6,4855	6,7877	0,39	48,77
R3	6,7646	7,0168	0,35	48,44
90 minutos de extracción				
R1	6,7439	6,9574	0,34	47,89
R2	6,6825	6,9024	0,3	47,97
R3	6,5544	6,7341	0,27	48,21
60 minutos de extracción				
R1	6,7619	6,9399	0,28	48,89
R2	6,7157	6,8693	0,24	47,94
R3	6,6661	6,837	0,25	46,53
30 minutos de extracción				
R1	6,7511	6,8359	0,12	47,62
R2	6,7411	6,786	0,11	46,12
R3	6,5034	6,5872	0,11	45,7

Fuente: elaboración propia.

5. Búsqueda del cromatograma de 120 minutos y 2 300 msnm

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\
 Data File : 130422-003.D
 Title :
 Acq On : 22 Apr 2013 10:50
 Operator : AdeM
 Sample : cipres 120-23
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	2.930	0.05	C:\Database\NIST05a.L			
			Hexanal	3688	000066-25-1	90
			Hexanal	3689	000066-25-1	83
			Pentanal, 3-methyl-	3756	015877-57-3	43
2	3.554	0.35	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Hexenal	3066	000505-57-7	97
			2-Hexenal	3068	000505-57-7	96
			2-Hexenal, (E)-	3106	006728-26-3	96
3	4.427	1.58	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, didehydro deriv.	15391	058037-87-9	93
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	15380	002867-05-2	90
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	15375	002867-05-2	90
4	4.613	15.93	C:\Database\NIST05a.L			
			1S-.alpha.-Pinene	15185	007785-26-4	94
			Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 2,6,6-trimethyl-, (+/-)-.alpha.-Pinene	15376	002437-95-8	90
			.alpha.-Pinene	15178	000080-56-8	89
5	4.768	0.91	C:\Database\NIST05a.L			
			Camphene	15152	000079-92-5	97
			Camphene	15160	000079-92-5	96
			Camphene	15161	000079-92-5	95
6	5.109	2.94	C:\Database\NIST05a.L			
			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
			Cyclohexene, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	15324	000099-84-3	91
7	5.164	1.20	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-.beta.-Pinene	15390	018172-67-3	96
			.beta.-Pinene	15171	000127-91-3	94
			.beta.-Pinene	15175	000127-91-3	94
8	5.309	2.71	C:\Database\NIST05a.L			
			.beta.-Phellandrene	15198	000555-10-2	87
			Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-.beta.-Myrcene	15374	028634-89-1	87
			.beta.-Myrcene	15177	000123-35-3	70
9	5.546	0.26	C:\Database\NIST05a.L			
			.alpha.-Phellandrene	15203	000099-83-2	90
			.alpha.-Phellandrene	15202	000099-83-2	90
			.alpha.-Phellandrene	15204	000099-83-2	78
10	5.610	0.20	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[4.1.0]hept-3-ene, 3,7,7-trimethyl-, (1S)-	15369	000498-15-7	97

ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Mon Apr 22 12:33:40 2013

Page: 1

Continuación del apéndice 5.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\
 Data File : 130422-003.D
 Title :
 Acq On : 22 Apr 2013 10:50
 Operator : AdeM
 Sample : cipres 120-23
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			3-Carene	15156	013466-78-9	96
			3-Carene	15157	013466-78-9	96
11	5.719	1.22	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	95
			1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15349	000099-86-5	95
12	5.955	8.68	C:\Database\NIST05a.L			
			D-Limonene	15162	005989-27-5	89
			Limonene	15154	000138-86-3	87
			D-Limonene	15164	005989-27-5	86
13	6.137	0.18	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Carene	15151	013466-78-9	94
			3-Carene	15157	013466-78-9	93
			4-Carene	15150	1000150-36-1	93
14	6.346	1.38	C:\Database\NIST05a.L			
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15355	000099-85-4	94
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15353	000099-85-4	94
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15347	000099-85-4	94
15	6.788	2.37	C:\Database\NIST05a.L			
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15339	000586-62-9	97
			(+)-4-Carene	15169	029050-33-7	97
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15340	000586-62-9	96
16	7.083	1.34	C:\Database\NIST05a.L			
			1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (2)-	15283	003338-55-4	60
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, 2-aminobenzoate	107591	007149-26-0	58
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25643	000078-70-6	58
17	7.252	1.31	C:\Database\NIST05a.L			
			Dodecane, 6-methyl-	46099	006044-71-9	47
			Tridecane, 6-methyl-	55981	013287-21-3	47
			Heptane, 2,3,6-trimethyl-	18536	004032-93-3	43
18	7.488	0.31	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-, trans-	25802	029803-81-4	89
			2-Butanol, 3-chloro-	5134	000563-84-8	43
			(2S,4S)-(+)-Pentanediol	4654	072345-23-4	38
19	7.543	0.24	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Tetradecanol	67323	004706-81-4	59
			2-Nonanol	20300	000628-99-9	53
			2-Nonanol	20292	000628-99-9	53

ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Mon Apr 22 12:33:40 2013 Page: 2

Continuación del apéndice 5.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\
 Data File : 130422-003.D
 Title :
 Acq On : 22 Apr 2013 10:50
 Operator : AdeM
 Sample : cipres 120-23
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
20	7.793	0.56	C:\Database\NIST05a.L Pentane, 2,2'-oxybis- Butane, 2,2-dimethyl- Furan, tetrahydro-2-(methoxymethyl)-	28370 1799 7978	056762-00-6 000075-83-2 019354-27-9	47 43 43
21	8.198	3.35	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.0]hex-3-en-2-one, 4-me thyl-1-(1-methylethyl)- Bicyclo[3.1.0]hex-3-en-2-one, 4-me thyl-1-(1-methylethyl)- Bicyclo[3.1.0]hex-3-en-2-one, 4-me thyl-1-(1-methylethyl)-	22937 22938 22939	024545-81-1 024545-81-1 024545-81-1	93 93 93
22	8.311	3.08	C:\Database\NIST05a.L 3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)-, (R)- 3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)- 3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)-, (R)-	25781 25750 25784	020126-76-5 000562-74-3 020126-76-5	94 93 93
23	8.480	0.54	C:\Database\NIST05a.L Butanoic acid, 1-methyloctyl ester 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol di isobutyrate Hexanoic acid, 3-oxo-, ethyl ester	67177 115950 28748	069727-42-0 006846-50-0 003249-68-1	72 59 53
24	8.630	0.64	C:\Database\NIST05a.L 3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha.4-trimethyl- p-menth-1-en-8-ol 3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha.,4-trimethyl-, (S)-	25798 25545 25845	000098-55-5 1000157-89-9 010482-56-1	95 68 64
25	8.807	0.13	C:\Database\NIST05a.L p-Menthane-1,3-diol 3-Pyrrolidinol Acetic acid, 1-methylethyl ester	37507 1837 4230	001612-98-2 040499-83-0 000108-21-4	37 25 16
26	9.121	0.32	C:\Database\NIST05a.L 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, 2-aminobenzoate 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, formate 1,5-Dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl but yrate	107591 44354 74332	007149-26-0 000115-99-1 000078-36-4	91 86 83
27	9.649	1.48	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 54321 54323	005655-61-8 092618-89-8 092618-89-8	99 98 94

ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Mon Apr 22 12:33:40 2013

Page: 3

Continuación del apéndice 5.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\
 Data File : 130422-003.D
 Title :
 Acq On : 22 Apr 2013 10:50
 Operator : AdeM
 Sample : cipres 120-23
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
28	9.817	0.13	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene	15169	029050-33-7	83
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15319	000554-61-0	78
			IR-.alpha.-Pinene	15186	007785-70-8	64
29	9.976	0.43	C:\Database\NIST05a.L Decane, 2,2,3-trimethyl-Propanoic acid, 2-octyl ester, (R or S)	46151	062338-09-4	43
			Propanoic acid, nonyl ester	47280	1000164-41-5	43
			Propanoic acid, nonyl ester	57087	053184-67-1	37
30	10.522	1.60	C:\Database\NIST05a.L 3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha.,4-trimethyl-, acetate	54339	000080-26-2	91
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15319	000554-61-0	90
			1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15357	000099-86-5	87
31	10.854	0.37	C:\Database\NIST05a.L Isobornyl propionate	64212	002756-56-1	90
			Acetic acid, 1,7,7-trimethyl-bicyclo[2.2.1]hept-2-yl ester	54321	092618-89-8	87
			Isobornyl propionate	64211	002756-56-1	87
32	11.068	0.09	C:\Database\NIST05a.L Thiazole, 5-methyl-	3388	003581-89-3	47
			2-Piperidinone	3406	000675-20-7	46
			2(3H)-Furanone, 5-ethylidihydro-5-methyl-	11929	002865-82-9	43
33	11.104	0.19	C:\Database\NIST05a.L Butanoic acid, 1-methyloctyl ester	67177	069727-42-0	45
			Butyric acid, 4-tridecyl ester	105637	1000280-56-9	43
			Butyric acid, 2-tridecyl ester	105638	055193-07-2	43
34	11.291	0.06	C:\Database\NIST05a.L 1H-Cycloprop[e]azulene, decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-, [1aR-(1a.alpha.,4a.beta.,7.alpha.,7a.beta.,7b.alpha.)]-	60076	025246-27-9	93
			Caryophyllene-(II)	59838	1000158-18-5	90
			Aromadendrene	59796	109119-91-7	83
35	11.536	2.28	C:\Database\NIST05a.L Caryophyllene	59797	000087-44-5	99
			Caryophyllene	59802	000087-44-5	98
			Caryophyllene	59801	000087-44-5	98
36	11.882	4.15	C:\Database\NIST05a.L (+)-Epi-bicyclosesquiphellandrene	59869	054324-03-7	91
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59980	000483-76-1	86
			Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-	59918	150320-52-8	64

ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Mon Apr 22 12:33:40 2013

Page: 4

Continuación del apéndice 5.

LIQA Library Search Report						
Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\						
Data File : 130422-003.D						
Title :						
Acq On : 22 Apr 2013 10:50						
Operator : AdeM						
Sample : cipres 120-23						
Misc :						
ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1						
Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0						
Unknown Spectrum: Apex						
Integration Events: ChemStation Integrator - events.e						
PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
37	12.023	1.02	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydr o-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)- Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isoprop yl-5-methyl-9-methylene- 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.)-	59980	000483-76-1	90
				59918	150320-52-8	87
				60065	030021-74-0	87
38	12.169	7.64	C:\Database\NIST05a.L (+)-Epi-bicyclosesquiphellandrene Epizonarene 1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-met hylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E)]-	59869	054324-03-7	90
				59794	1000156-10-7	83
				59960	023986-74-5	76
39	12.269	0.72	C:\Database\NIST05a.L Benzene, 1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl- Benzene, 1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl- Benzene, 1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-	58537	000644-30-4	97
				58538	000644-30-4	93
				58536	000644-30-4	90
40	12.405	0.20	C:\Database\NIST05a.L 1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8, 8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a .alpha.)]- Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 2,6-dime thyl-6-(4-methyl-3-pentenyl)- 1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8, 8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a .alpha.)]-	60061	000469-61-4	81
				59933	017699-05-7	64
				60060	000469-61-4	50
41	12.524	4.14	C:\Database\NIST05a.L Isolatedene (-)-Isolatedene Epizonarene	59783	1000156-10-8	94
				59799	1000109-87-9	93
				59794	1000156-10-7	93
42	12.610	2.53	C:\Database\NIST05a.L Di-epi-.alpha.-cedrene 1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8, 8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a .alpha.)]- 1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8, 8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a .alpha.)]-	59852	1000156-13-3	87
				60056	000469-61-4	81
				60060	000469-61-4	72
43	12.796	0.95	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydr	59980	000483-76-1	98
ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Mon Apr 22 12:33:40 2013						

Continuación del apéndice 5.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\
 Data File : 130422-003.D
 Title :
 Acq On : 22 Apr 2013 10:50
 Operator : AdeM
 Sample : cipres 120-23
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			o-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)- Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydr	59979	000483-76-1	94
			o-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)- Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydr	59977	000483-76-1	93
44	12.860	0.40	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1, 6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-, (1S -cis)- Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1, 6,8-trimethyl- Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1, 5,7-trimethyl-	58550	000483-77-2	96
				39069	030316-36-0	72
				39067	021693-55-0	72
45	12.951	0.19	C:\Database\NIST05a.L cis-.alpha.-Bisabolene 1H-Benzocycloheptene, 2,4a,5,6,7,8 ,9,9a-octahydro-3,5,5-trimethyl-9- methylene- 1H-Benzocycloheptene, 2,4a,5,6,7,8 ,9,9a-octahydro-3,5,5-trimethyl-9- methylene-, (4aS-cis)-	59850	029837-07-8	95
				59976	080923-88-2	64
				59999	003853-83-6	64
46	13.260	0.12	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.)- 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.)- Cyclohexene, 6-ethenyl-6-methyl-1- (1-methylethyl)-3-(1-methylethylid ene)-, (S)-	60068	030021-74-0	89
				60070	030021-74-0	86
				59984	005951-67-7	86
47	13.351	1.31	C:\Database\NIST05a.L 1-Dimethyl(phenyl)silyloxypentane 3,3,7,11-Tetramethyltricyclo[5.4.0 .0(4,11)]undecan-1-ol 1,4-Benzenediol, 2,5-bis(1,1-dimet hylethyl)-	72668	1000280-41-7	38
				72963	117591-80-7	37
				72743	000088-58-4	35
48	13.479	1.78	C:\Database\NIST05a.L Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl- [1,2,4]Triazolo[1,5-a]pyrimidine-6 -carboxylic acid, 7-amino-, ethyl ester 1-Methyl-3-phenylindole	62242	000605-67-4	38
				62334	1000316-75-8	38
				62224	030020-98-5	38
49	13.688	0.69	C:\Database\NIST05a.L Caryophyllene oxide Caryophyllene oxide	71350	001139-30-6	81
				71353	001139-30-6	52

ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Mon Apr 22 12:33:40 2013

Page: 6

Continuación del apéndice 5.

LIQA Library Search Report						
Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\						
Data File : 130422-003.D						
Title :						
Acq On : 22 Apr 2013 10:50						
Operator : AdeM						
Sample : cipres 120-23						
Misc :						
ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1						
Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0						
Unknown Spectrum: Apex						
Integration Events: ChemStation Integrator - events.e						
Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			1H-Cycloprop[e]azulene, decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-, [1aR-(1a.alpha.,4a.beta.,7.alpha.,7a.beta.,7b.alpha.)]-	60075	025246-27-9	45
50	14.079	1.31	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-, (E,E)-	72946	000106-28-5	52
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24148	000106-26-3	49
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(5-methyl-1-methylene-4-hexenyl)-, (S)-	59932	000495-61-4	47
51	14.343	1.99	C:\Database\NIST05a.L 1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a.alpha.)]-	60059	000469-61-4	64
			1H-Benzocycloheptene, 2,4a,5,6,7,8-hexahydro-3,5,5,9-tetramethyl-, (R)-	59961	001461-03-6	62
			Tricyclo[5.4.0.0(2,8)]undec-9-ene, 2,6,6,9-tetramethyl-	59907	005989-08-2	62
52	14.698	0.70	C:\Database\NIST05a.L .alpha.-Cadinol	72908	000481-34-5	95
			cis-anti-cis-Tricyclo[7.3.0.0(2,6)]dodecane	32212	030159-15-0	35
			Tricyclo[3.1.0.0(2,4)]hexane, 3,3,6,6-tetramethyl-, (1.alpha.,2.beta.,4.beta.,5.alpha.)-	15392	058987-01-2	30
53	14.912	0.39	C:\Database\NIST05a.L .alpha.-Bisabolol	72913	072691-24-8	87
			.alpha.-Bisabolol	72915	000515-69-5	62
			1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a.alpha.)]-	60056	000469-61-4	52
54	15.480	1.13	C:\Database\NIST05a.L 2(1H)-Pyridone, 1-ethyl-4-methyl-	16211	019006-62-3	43
			Benzoic acid, 3,5-dihydroxy-, methyl ester	35456	002150-44-9	38
			Cyclohexanol, 4-ethyl-4-methyl-3-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,3.beta.,4.alpha.)-	46020	055869-53-9	38
55	15.703	0.47	C:\Database\NIST05a.L 6-Octen-1-yn-3-ol, 3,7-dimethyl-	24132	029171-20-8	35
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(5-methyl-1-methylene-4-hexenyl)-, (S)-	59932	000495-61-4	35
			4-n-Pentylthiane, S,S-dioxide	59288	065865-33-0	25
56	17.145	0.07	C:\Database\NIST05a.L Phenanthrene, 7-ethenyl-1,2,3,4,4a,4b,5,6,7,8,8a,9-dodecahydro-1,1,4b,7-tetramethyl-, [4aS-(4a.alpha.,	107103	001686-67-5	53
ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Mon Apr 22 12:33:40 2013						

Continuación del apéndice 5.

LIQA Library Search Report						
Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\						
Data File : 130422-003.D						
Title :						
Acq On : 22 Apr 2013 10:50						
Operator : AdeM						
Sample : cipres 120-23						
Misc :						
ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1						
Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0						
Unknown Spectrum: Apex						
Integration Events: ChemStation Integrator - events.e						
PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			4b.beta.,7.alpha.,8a.alpha.)]- Tricyclo[4.3.0.0(7,9)]non-3-ene, 2, 2,5,5,8,8-hexamethyl-, (1.alpha., 6.beta.,7.alpha.,9.alpha.)]- 5.alpha.-Pregn-16-en-20-one	60007 125052	054832-80-3 003752-04-3	35 30
57	17.409	0.09	C:\Database\NIST05a.L 1,5,9-Decatriene, 2,3,5,8-tetramet hyl- Bicyclo[2.2.1]heptane, 1,3,3-trime thyl- Bicyclo[5.2.0]nonane, 4-methylene- 2,8,8-trimethyl-2-vinyl-	51367 16400 59916	230646-72-7 006248-88-0 1000159-38-2	43 42 38
58	17.513	0.10	C:\Database\NIST05a.L Kaur-15-ene Kaur-16-ene Kaur-16-ene	107061 107062 107063	005947-50-2 000562-28-7 000562-28-7	93 50 46
59	17.882	1.07	C:\Database\NIST05a.L Kaur-15-ene, (5.alpha.,9.alpha.,10 .beta.)- Kaur-15-ene, (5.alpha.,9.alpha.,10 .beta.)- Kaur-15-ene, (5.alpha.,9.alpha.,10 .beta.)-	107076 107077 107075	000511-85-3 000511-85-3 000511-85-3	99 99 93
60	18.114	1.24	C:\Database\NIST05a.L 1H-Naphtho[2,1-b]pyran, 3-ethenyld odecahydro-3,4a,7,7,10a-pentamethy l-, [3S-(3.alpha.,4a.alpha.,6a.bet a.,10a.alpha.,10b.beta.)]- 1H-Naphtho[2,1-b]pyran, 3-ethenyld odecahydro-3,4a,7,7,10a-pentamethy l-, [3R-(3.alpha.,4a.beta.,6a.alph a.,10a.beta.,10b.alpha.)]- 4H-1-Benzopyran-4-one, 2,3-dihydro -7-hydroxy-2,2-dimethyl-	118755 118754 50990	001227-93-6 000596-84-9 017771-33-4	91 52 25
61	18.318	0.24	C:\Database\NIST05a.L 1H-Naphtho[2,1-b]pyran, 3-ethenyld odecahydro-3,4a,7,7,10a-pentamethy l-, [3S-(3.alpha.,4a.alpha.,6a.bet a.,10a.alpha.,10b.beta.)]- 1H-Naphtho[2,1-b]pyran, 3-ethenyld odecahydro-3,4a,7,7,10a-pentamethy l-, [3R-(3.alpha.,4a.beta.,6a.alph a.,10a.beta.,10b.alpha.)]- Cyclohexene, 4-pentyl-1-(4-propylc yclohexyl)-	118755 118754 109663	001227-93-6 000596-84-9 108067-17-0	58 46 27
62	18.714	0.14	C:\Database\NIST05a.L 7-Isopropyl-1,1,4a-trimethyl-1,2,3 ,4,4a,9,10,10a-octahydrophenanthre ne Phenanthrene, 1,2,3,4,4a,9,10,10a- octahydro-1,1,4a-trimethyl-7-(1-me	105799 105800	1000210-28-9 019407-28-4	91 38
ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Mon Apr 22 12:33:40 2013						
						Page: 8

Continuación del apéndice 5.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\
 Data File : 130422-003.D
 Title :
 Acq On : 22 Apr 2013 10:50
 Operator : AdeM
 Sample : cipres 120-23
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			thylethyl)-, (4aS-trans)- Iron, (.eta.-5-cyclohexadienyl)(.e ta.-5-pentamethylcyclopentadienyl)	105491	1000162-99-3 30	
63	19.383	2.64	C:\Database\NIST05a.L 1-Cyclohexene, 1,3,3-trimethyl-2-(1-methylbut-1-en-3-on-1-yl)- 1-Penten-3-one, 1-(2,6,6-trimethyl -1-cyclohexen-1-yl)- 2,4,5,5,8a-Pentamethyl-6,7,8,8a-te trahydro-5H-chromene	61502 61477 61478	1000197-08-4 50 000127-43-5 46 1000195-40-9 43	
64	19.651	3.19	C:\Database\NIST05a.L Benzoic acid, 2,4,6-tris(1,1-dimet hylethyl)- Cyclohexene, 1-pentyl-4-(4-propylc yclohexyl)- Cyclopropanemethanol, .alpha.,2-di methyl-2-(4-methyl-3-pentenyl)-, [1.alpha.(R*),2.alpha.]	118662 109662 44586	066415-27-8 38 108067-20-5 30 121959-70-4 27	
65	19.979	0.11	C:\Database\NIST05a.L 1,3,6,10-Cyclotetradecatetraene, 3 ,7,11-trimethyl-14-(1-methylethyl) -, [S-(E,Z,E,E)]- Z,E-7,11-Hexadecadien-1-yl acetate Spiro[2.3]hexane-1-carboxylic acid , [[5-bromo-3-(1,1-dimethylethyl)- 2-hydroxyphenyl]methylidene]hydraz ide	107098 112001 164407	001898-13-1 43 051607-94-4 35 330966-62-6 30	
66	20.056	0.23	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[5.2.0]nonane, 4-methylene- 2,8,8-trimethyl-2-vinyl- Cyclopropanecarboxamide, 2,2-dimet hyl-3-(2-methyl-2-propenyl)-N-(4-m ethylphenyl)- Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4,11,11 -trimethyl-8-methylene-	59916 96894 59912	1000159-38-2 70 339292-32-9 46 013877-93-5 40	
67	21.503	0.62	C:\Database\NIST05a.L 2-Phenanthrenol, 4b,5,6,7,8,8a,9,1 0-octahydro-4b,8,8-trimethyl-1-(1- methylethyl)-, (4bS-trans)- 2-Phenanthrenol, 4b,5,6,7,8,8a,9,1 0-octahydro-4b,8,8-trimethyl-1-(1- methylethyl)-, (4bS-trans)- 2-Phenanthrenol, 4b,5,6,7,8,8a,9,1 0-octahydro-4b,8,8-trimethyl-1-(1- methylethyl)-, acetate, (4bS-trans)	116239 116238 141542	000511-15-9 98 000511-15-9 91 015340-82-6 90	

ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Mon Apr 22 12:33:40 2013 Page: 9

Fuente: cromatografo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

6. Búsqueda del cromatograma de 120 minutos y 2 400 msnm

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\
 Data File : 130411-003.D
 Title :
 Acq On : 11 Apr 2013 10:11
 Operator : AdeM
 Sample : Aceite cipres 120-24
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	4.391	0.44	C:\Database\NIST05a.L Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,7, 7-trimethyl-	15352	000508-32-7	95
			Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,7, 7-trimethyl-	15350	000508-32-7	95
			Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,7, 7-trimethyl-	15346	000508-32-7	94
2	4.564	2.61	C:\Database\NIST05a.L 1R-.alpha.-Pinene	15188	007785-70-8	94
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)-	15355	000099-85-4	93
			Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 2,6,6-tri- methyl-, (+/-)-	15376	002437-95-8	91
3	4.782	0.75	C:\Database\NIST05a.L Camphene	15160	000079-92-5	97
			Camphene	15161	000079-92-5	97
			Camphene	15152	000079-92-5	96
4	5.119	0.89	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl- 1-(1-methylethyl)-	15374	028634-89-1	91
			.beta.-Phellandrene	15200	000555-10-2	91
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene- 1-(1-methylethyl)-	15379	003387-41-5	91
5	5.178	0.24	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl- 1-2-methylene-, (1S)-	15390	018172-67-3	95
			.beta.-Pinene	15175	000127-91-3	94
			.beta.-Pinene	15171	000127-91-3	94
6	5.324	0.59	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Myrcene	15177	000123-35-3	91
			Ethanone, 1-cyclopropyl-2-(4-pyridi- nyl)-	30170	006580-95-6	59
			.beta.-Pinene	15174	000127-91-3	50
7	5.747	0.16	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methyle- thylidene)-	15340	000586-62-9	97
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-tri- methyl-	15319	000554-61-0	97
			(+)-4-Carene	15169	029050-33-7	96
8	5.965	3.13	C:\Database\NIST05a.L D-Limonene	15162	005989-27-5	94
			Limonene	15154	000138-86-3	91
			Limonene	15153	000138-86-3	91
9	6.379	0.49	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

ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 11 11:50:04 2013

Page: 1

Continuación del apéndice 6.

LIQA Library Search Report						
Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\ Data File : 130411-003.D Title : Acq On : 11 Apr 2013 10:11 Operator : AdeM Sample : Aceite cipres 120-24 Misc : ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1						
Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0						
Unknown Spectrum: Apex Integration Events: ChemStation Integrator - events.e						
PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
10	6.820	0.60	C:\Database\NIST05a.L (+)-4-Carene Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methyl- thylidene)- Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methyl- thylidene)-	15169 15338 15340	029050-33-7 000586-62-9 000586-62-9	98 97 96
11	6.866	0.39	C:\Database\NIST05a.L 2-Nonanone 2-Nonanone 2-Nonanone	19220 19221 19206	000821-55-6 000821-55-6 000821-55-6	95 76 76
12	7.193	0.09	C:\Database\NIST05a.L 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl- 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl- 1,5-Dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl but yrate	25636 25643 74330	000078-70-6 000078-70-6 000078-36-4	96 74 49
13	7.293	1.29	C:\Database\NIST05a.L Diazene, 2-methoxy-1-(1-methylprop yl)-, 1-oxide Dodecane, 6-methyl- Tridecane, 6-methyl-	13743 46099 55981	108201-43-0 006044-71-9 013287-21-3	49 47 47
14	7.625	0.87	C:\Database\NIST05a.L 2-Dodecanol 2-Undecanol 2-Octanol, (S)-	47445 37778 13219	010203-28-8 001653-30-1 006169-06-8	59 53 50
15	7.839	1.00	C:\Database\NIST05a.L Oxalic acid, ethyl neopentyl ester Butane, 2,2-dimethyl- Butane, 2,2-dimethyl-	49057 1805 1803	1000309-72-4 000075-83-2 000075-83-2	43 43 43
16	8.039	0.36	C:\Database\NIST05a.L Hydrazine, 1-methyl-1-(2-propynyl) Methoxyacetic acid, hexyl ester 2-Heptanol, 6-methyl-, acetate	1342 39487 13323	007422-82-4 145747-16-6 067952-57-2	38 38 35
17	8.421	3.18	C:\Database\NIST05a.L 3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)-, (R)- 3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)- 3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m ethylethyl)-	25781 25750 25745	020126-76-5 000562-74-3 000562-74-3	94 93 93
18	8.544	1.32	C:\Database\NIST05a.L Butanoic acid, 1-methyloctyl ester Butanoic acid, 2-octyl ester Hexanoic acid, 3-oxo-, ethyl ester	67177 57092 28748	069727-42-0 020286-44-6 003249-68-1	72 64 53
19	8.790	0.60	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,7,7-t rimethyl-, acetate, (1S-endo)- 3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha.,	54340 25788	005655-61-8 000098-55-5	58 55
ACEBITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 11 11:50:04 2013						
						Page: 2

Continuación del apéndice 6.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\
 Data File : 130411-003.D
 Title :
 Acq On : 11 Apr 2013 10:11
 Operator : AdeM
 Sample : Aceite cipres 120-24
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			.alpha.4-trimethyl- Borneol	25497	000507-70-0	50
20	8.863	0.89	C:\Database\NIST05a.L Borneol	25495	000507-70-0	94
			Isoborneol	25505	000124-76-5	93
			Isoborneol	25515	000124-76-5	93
21	9.163	0.61	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,7,7-t rimethyl-, (1S-endo)- Borneol	25830	000464-45-9	86
			Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,7,7-t rimethyl-, (1S-endo)-	25495	000507-70-0	86
				25824	000464-45-9	70
22	9.868	17.19	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	54340	005655-61-8	94
			Acetic acid, 1,7,7-trimethyl-bicyc lo[2.2.1]hept-2-yl ester	54320	092618-89-8	93
				54323	092618-89-8	86
23	10.054	0.33	C:\Database\NIST05a.L Borneol,heptafluorobutyrate (ester Isoborneol	152367	1000245-88-4	38
			Acetic acid, 1,7,7-trimethyl-bicyc lo[2.2.1]hept-2-yl ester	25513	000124-76-5	27
				54323	092618-89-8	25
24	10.618	1.52	C:\Database\NIST05a.L 3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha.,4-trimethyl-, acetate Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-tr imethyl-	54339	000080-26-2	91
			Bicyclo[2.2.1]hept-2-ene, 1,7,7-tr imethyl-	15319	000554-61-0	90
				15321	000464-17-5	90
25	10.959	2.15	C:\Database\NIST05a.L Isobornyl propionate Acetic acid, 1,7,7-trimethyl-bicyc lo[2.2.1]hept-2-yl ester	64212	002756-56-1	89
			Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,7,7-t rimethyl-, acetate, (1S-endo)-	54321	092618-89-8	87
				54340	005655-61-8	87
26	11.060	0.16	C:\Database\NIST05a.L 3-Carene 1S-.alpha.-Pinene 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)-	15156	013466-78-9	52
				15185	007785-26-4	46
				15347	000099-85-4	46
27	11.137	0.49	C:\Database\NIST05a.L 2-Ethylbutyl hexanoate Hexanoic acid, cyclobutyl ester 2(3H)-Furanone, 5-ethylidihydro-5-m ethyl-	57062	091933-26-5	47
				36136	1000282-83-1	47
				11926	002865-82-9	43
28	11.260	0.12	C:\Database\NIST05a.L			

ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 11 11:50:04 2013 Page: 3

Continuación del apéndice 6.

LIQA Library Search Report						
Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\ Data File : 130411-003.D Title : Acq On : 11 Apr 2013 10:11 Operator : AdeM Sample : Aceite cipres 120-24 Misc : ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1						
Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0						
Unknown Spectrum: Apex Integration Events: ChemStation Integrator - events.e						
PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			1,3,6,10-Dodecatetraene, 3,7,11-trimethyl-, (Z,E)-	59891	026560-14-5	83
			1,3-Cyclohexadiene, 5-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-2-methyl-, [S-(R*,S*)]-	59955	000495-60-3	80
			Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 2,6-dimethyl-6-(4-methyl-3-pentenyl)-	59930	017699-05-7	72
29	11.442	0.26	C:\Database\NIST05a.L Isobornyl acetate	54235	000125-12-2	68
			Isobornyl thiocyanacetate	93884	000115-31-1	58
			Isobornyl formate	44323	001200-67-5	49
30	11.542	0.18	C:\Database\NIST05a.L 1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a.alpha.)]-	60061	000469-61-4	98
			1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a.alpha.)]-	60060	000469-61-4	97
			1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a.alpha.)]-	60059	000469-61-4	97
31	11.624	2.44	C:\Database\NIST05a.L Caryophyllene	59797	000087-44-5	99
			Caryophyllene	59802	000087-44-5	99
			Caryophyllene	59801	000087-44-5	98
32	12.010	7.43	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59980	000483-76-1	93
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59978	000483-76-1	62
			Tetracyclo[6.1.0.0(2,4).0(5,7)]nonane, 3,3,6,6,9,9-hexamethyl- (1.alpha.,2.alpha.,4.alpha.,5.beta.,7.beta.,8.alpha.)-	60071	051898-92-1	50
33	12.133	1.33	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	87
			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	87
			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	87
ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 11 11:50:04 2013						
						Page: 4

Continuación del apéndice 6.

LIQA Library Search Report						
Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\						
Data File : 130411-003.D						
Title :						
Acq On : 11 Apr 2013 10:11						
Operator : AdeM						
Sample : Aceite cipres 120-24						
Misc :						
ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1						
Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0						
Unknown Spectrum: Apex						
Integration Events: ChemStation Integrator - events.e						
PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
34	12.360	15.23	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahyd ro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)- (-)-Isolodene	59954	000483-75-0	93
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahyd o-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59799	1000109-87-9	90
				59980	000483-76-1	87
35	12.688	7.46	C:\Database\NIST05a.L (-)-Isolodene	59799	1000109-87-9	93
			Epizonarene	59794	1000156-10-7	93
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahyd o-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59978	000483-76-1	90
36	12.743	2.44	C:\Database\NIST05a.L 1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8, 8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a .alpha.)]-	60056	000469-61-4	83
			1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8, 8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a .alpha.)]-	60060	000469-61-4	83
			1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8, 8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a .alpha.)]-	60059	000469-61-4	81
37	12.824	0.79	C:\Database\NIST05a.L 1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)-	15357	000099-86-5	83
			Phenol, 2-ethyl-5-methyl-	15887	001687-61-2	76
			Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	15892	000698-71-5	76
38	12.929	1.71	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahyd o-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59980	000483-76-1	97
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahyd o-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59979	000483-76-1	94
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahyd o-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59977	000483-76-1	94
39	12.997	1.39	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1, 6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-, (1S -cis)-	58550	000483-77-2	96
			Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1, 1,6-trimethyl-	39075	000475-03-6	80
			Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1, 6,8-trimethyl-	39069	030316-36-0	80
40	13.125	0.16	C:\Database\NIST05a.L			
ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 11 11:50:04 2013						
						Page: 5

Continuación del apéndice 6.

LIQA Library Search Report						
Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\ Data File : 130411-003.D Title : Acq On : 11 Apr 2013 10:11 Operator : AdeM Sample : Aceite cipres 120-24 Misc : ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1						
Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0						
Unknown Spectrum: Apex Integration Events: ChemStation Integrator - 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	95
			Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)-	60065	030021-74-0	89
			Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, [1R-(1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)]-	60029	017627-24-6	80
41	13.357	0.08	C:\Database\NIST05a.L (-)-Isodene	59799	1000109-87-9	93
			Cyclohexene, 6-ethenyl-6-methyl-1-(1-methylethyl)-3-(1-methylethylidene)-, (S)-	59984	005951-67-7	91
			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	91
42	13.511	1.16	C:\Database\NIST05a.L [1,2,4]Triazolo[1,5-a]pyrimidine-6-carboxylic acid, 7-amino-, ethyl ester	62334	1000316-75-8	42
			3,3,7,11-Tetramethyltricyclo[5.4.0.0(4,11)]undecan-1-ol	72963	117591-80-7	38
			2-p-Nitrophenyl-oxadiazol-1,3,4-one-5	62317	1000147-64-6	38
43	13.639	1.87	C:\Database\NIST05a.L Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-	62243	000605-67-4	38
			Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-[1,2,4]Triazolo[1,5-a]pyrimidine-6-carboxylic acid, 7-amino-, ethyl ester	62242	000605-67-4	38
				62334	1000316-75-8	38
44	13.793	0.60	C:\Database\NIST05a.L Caryophyllene oxide	71350	001139-30-6	45
			.alpha.-Farnesene	59827	000502-61-4	38
			2-Hydroxy-2,4,4-trimethyl-3-(3-methylbuta-1,3-dienyl)cyclohexanone	72780	1000191-17-4	30
45	14.130	0.09	C:\Database\NIST05a.L (Z,Z)-.alpha.-Farnesene	59857	1000293-03-1	40
			2-Cyclohexen-1-ol, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, acetate, (1R-cis)-Caryophyllene oxide	52738	007111-29-7	38
				71353	001139-30-6	38
46	14.225	0.84	C:\Database\NIST05a.L 1,2,4-Metheno-1H-indene, octahydro-1,7a-dimethyl-5-(1-methylethyl)-, [1S-(1.alpha.,2.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,5.alpha.,7a.beta.,8S*)]-	60099	022469-52-9	41
			1,4-Methanoazulene, decahydro-4,8,	60020	000475-20-7	38
ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 11 11:50:04 2013						

Continuación del apéndice 6.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\
 Data File : 130411-003.D
 Title :
 Acq On : 11 Apr 2013 10:11
 Operator : AdeM
 Sample : Aceite cipres 120-24
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			8-trimethyl-9-methylene-, [1S-(1.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,8a.beta.)]1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, [S-(Z)]-	72951	000142-50-7	38
47	14.339	0.94	C:\Database\NIST05a.L Cedrol	72887	000077-53-2	97
			Cedrol	72886	000077-53-2	94
			Cedrol	72884	000077-53-2	91
48	14.526	8.53	C:\Database\NIST05a.L 1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a.alpha.)]- Di-epi-.alpha.-cedrene-(I)	60056	000469-61-4	86
			1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a.alpha.)]-	59867	021996-77-0	86
				60059	000469-61-4	86
49	14.880	0.93	C:\Database\NIST05a.L .alpha.-Cadinol	72908	000481-34-5	98
			Epiglobulol	72900	1000150-05-1	46
			1,5,6,7-Tetramethylbicyclo[3.2.0]hept-6-en-3-one	32115	120345-87-1	42
50	15.158	0.35	C:\Database\NIST05a.L 2,3,5,6-Tetramethyl-para-phenylene diamine	31995	003102-87-2	50
			3-Methyl-2-pent-2-enyl-cyclopent-2-enone	32087	1000193-43-6	43
			2-Cyclopenten-1-one, 3-methyl-2-(2-pentenyl)-, (Z)-	32125	000488-10-8	41
51	15.681	0.17	C:\Database\NIST05a.L Aromadendrene oxide-(1)	71360	1000151-98-4	51
			3-Benzyl-1H-1,2,4-triazole	29340	021117-34-0	35
			8-Quinolinol, 2-methyl-	29102	000826-81-3	30
52	16.049	0.23	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexene, 1,3-diisopropenyl-6-methyl-	40377	1000151-28-9	46
			3-Amino-2-methylbenzyl alcohol	16192	083647-42-1	38
			Ledol	72881	000577-27-5	35
53	16.177	0.06	C:\Database\NIST05a.L .alpha.-Cadinol	72908	000481-34-5	44
			1,4-Methanoazulene, decahydro-4,8,8-trimethyl-9-methylene-, [1S-(1.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,8a.beta.)]Cyclohexene, 1,3-diisopropenyl-6-methyl-	60020	000475-20-7	41
				40377	1000151-28-9	35
54	17.964	0.20	C:\Database\NIST05a.L Kaur-15-ene, (5.alpha.,9.alpha.,10.beta.)-	107076	000511-85-3	99

ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 11 11:50:04 2013

Page: 7

Continuación del apéndice 6.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\
 Data File : 130411-003.D
 Title :
 Acq On : 11 Apr 2013 10:11
 Operator : AdeM
 Sample : Aceite cipres 120-24
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			Kaur-15-ene, (5.alpha.,9.alpha.,10 .beta.)-	107077	000511-85-3	96
			Kaur-15-ene, (5.alpha.,9.alpha.,10 .beta.)-	107075	000511-85-3	87
55	18.201	0.08	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexene, 4-pentyl-1-(4-propylc yclohexyl)-	109663	108067-17-0	30
			N-Acetyl-S-(2-cyclohexenyl)-L-cyst eine methyl ester	96605	077549-16-7	27
			1-Undecyne	24370	002243-98-3	27
56	19.625	0.61	C:\Database\NIST05a.L (1R,2S,8R,8Ar)-8-acetoxy-1-(2-hydr oxyethyl)-1,2,5,5-tetramethyl-tran s-decalin	122239	1000298-98-4	62
			1-Penten-3-one, 1-(2,6,6-trimethyl -1-cyclohexen-1-yl)-	61477	000127-43-5	50
			Bicyclo[3.1.0]hexan-3-ol, 4-methyl -1-(1-methylethyl)-	25787	000513-23-5	41

ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 11 11:50:04 2013 Page: 8

Fuente: cromatografo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

7. Búsqueda del cromatograma de 120 minutos y 2 500 msnm

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\
 Data File : 130418-003.D
 Title :
 Acq On : 18 Apr 2013 10:33
 Operator : AdeM
 Sample : Cipres 120-25
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	2.131	0.02	C:\Database\NIST05a.L 3-Pentanone 3-Pentanone 3-Pentanone	1685 1680 1686	000096-22-0	83 58 58
2	3.568	0.15	C:\Database\NIST05a.L 2-Hexenal 2-Hexenal, (E)- 2-Hexenal, (E)-	3066 3105 3106	000505-57-7 006728-26-3 006728-26-3	96 95 94
3	3.977	0.12	C:\Database\NIST05a.L 3-Hexen-1-ol 3-Hexen-1-ol, (Z)- 3-Hexen-1-ol, (Z)-	3707 3736 3732	000544-12-7 000928-96-1 000928-96-1	95 94 93
4	4.032	0.00	C:\Database\NIST05a.L 3-Hexen-1-ol, (Z)- 3-Hexen-1-ol 3-Hexen-1-ol, (Z)-	3732 3707 3736	000928-96-1 000544-12-7 000928-96-1	95 94 93
5	4.437	0.95	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, didehydro deriv. Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl- 5-(1-methylethyl)- Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl- 5-(1-methylethyl)-	15391 15375 15380	058037-87-9 002867-05-2 002867-05-2	94 91 91
6	4.610	8.51	C:\Database\NIST05a.L 1R-.alpha.-Pinene 1R-.alpha.-Pinene .alpha.-Pinene	15188 15186 15178	007785-70-8 007785-70-8 000080-56-8	89 86 86
7	4.742	0.09	C:\Database\NIST05a.L Cyclopropane, 1,1-dimethyl-2-(3-me thyl-1,3-butadienyl)- 4-Carene 3-Carene	15385 15150 15151	068998-21-0 1000150-36-1 013466-78-9	87 87 81
8	4.773	0.14	C:\Database\NIST05a.L Camphene Camphene 4-Carene	15152 15160 15150	000079-92-5 000079-92-5 1000150-36-1	97 91 90
9	5.128	2.56	C:\Database\NIST05a.L .beta.-Phellandrene Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl- 1-(1-methylethyl)- .beta.-Phellandrene	15198 15374 15201	000555-10-2 028634-89-1 000555-10-2	91 91 78
10	5.183	0.64	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethy l-2-methylene-, (1S)- .beta.-Pinene .beta.-Pinene	15390 15171 15175	018172-67-3 000127-91-3 000127-91-3	96 94 94
11	5.324	1.82	C:\Database\NIST05a.L			

ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 18 11:48:11 2013 Page: 1

Continuación del apéndice 7.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\
 Data File : 130418-003.D
 Title :
 Acq On : 18 Apr 2013 10:33
 Operator : AdeM
 Sample : Cipres 120-25
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			.beta.-Phellandrene	15198	000555-10-2	87
			Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	15384	018172-67-3	87
			.beta.-Pinene	15174	000127-91-3	78
12	5.560	0.17	C:\Database\NIST05a.L			
			.alpha.-Phellandrene	15203	000099-83-2	87
			.alpha.-Phellandrene	15202	000099-83-2	87
			.alpha.-Phellandrene	15205	000099-83-2	87
13	5.624	0.16	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Carene	15156	013466-78-9	96
			3-Carene	15157	013466-78-9	96
			1S-.alpha.-Pinene	15185	007785-26-4	96
14	5.742	1.20	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	95
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15317	000554-61-0	95
15	5.970	3.13	C:\Database\NIST05a.L			
			Cyclopentene, 3-isopropenyl-5,5-dimethyl-	15308	1000162-25-4	76
			Cyclohexane, 1-methylene-4-(1-methylethenyl)-	15332	000499-97-8	70
			Cyclopropane, 1,1-dimethyl-2-(3-methyl-1,3-butadienyl)-	15385	068998-21-0	70
16	5.997	1.95	C:\Database\NIST05a.L			
			.beta.-Phellandrene	15198	000555-10-2	94
			.beta.-Phellandrene	15201	000555-10-2	91
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15355	000099-85-4	83
17	6.370	1.36	C:\Database\NIST05a.L			
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15355	000099-85-4	95
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15354	000099-85-4	94
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15347	000099-85-4	94
18	6.816	2.13	C:\Database\NIST05a.L			
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethenylidene)-	15339	000586-62-9	97
			(+)-4-Carene	15169	029050-33-7	97
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethenylidene)-	15340	000586-62-9	96
19	7.134	1.15	C:\Database\NIST05a.L			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25643	000078-70-6	86
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	25636	000078-70-6	80
			1,5-Dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl butyrate	74331	000078-36-4	49

ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 18 11:48:11 2013 Page: 2

Continuación del apéndice 7.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\
 Data File : 130418-003.D
 Title :
 Acq On : 18 Apr 2013 10:33
 Operator : AdeM
 Sample : Cipres 120-25
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
20	7.275	1.07	C:\Database\NIST05a.L			
			Heptane, 4-(1-methylethyl)-	18552	052896-87-4	50
			Dodecane, 6-methyl-	46099	006044-71-9	50
			Octane, 3-methyl-	12283	002216-33-3	49
21	7.548	0.43	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methyl-ethyl-ethyl)-, trans-	25802	029803-81-4	97
			cis-.beta.-Terpineol	25549	007299-40-3	42
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methyl-ethyl-ethyl)-, cis-	25780	029803-82-5	38
22	7.776	0.93	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)-	24298	000464-49-3	98
			Camphor	24021	000076-22-2	98
			Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)-	24299	000464-49-3	98
23	8.285	5.28	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[3.1.0]hex-3-en-2-one, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	22939	024545-81-1	97
			Bicyclo[3.1.0]hex-3-en-2-one, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	22937	024545-81-1	94
			Bicyclo[3.1.0]hex-3-en-2-one, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	22938	024545-81-1	94
24	8.399	4.00	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, (R)-	25781	020126-76-5	94
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, (R)-	25784	020126-76-5	93
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	25750	000562-74-3	93
25	8.517	0.50	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Methyl-hepta-1,6-dien-3-ol	11066	034780-69-3	53
			Hexanoic acid, 3-oxo-, ethyl ester	28748	003249-68-1	47
			1-Hexadecen-3-ol, 3,5,11,15-tetramethyl-	122419	1000262-55-5	43
26	8.672	0.68	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha.4-trimethyl-	25798	000098-55-5	91
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha.4-trimethyl-	25797	000098-55-5	53
			p-menth-1-en-8-ol	25545	1000157-89-9	53
27	8.808	0.29	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimethyl-, (1S)-	22922	001196-01-6	95
			Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimethyl-, (1S)-	22920	001196-01-6	95
			Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimethyl-	22890	000080-57-9	93
28	9.113	0.07	C:\Database\NIST05a.L			

ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 18 11:48:11 2013 Page: 3

Continuación del apéndice 7.

LIQA Library Search Report						
Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\						
Data File : 130418-003.D						
Title :						
Acq On : 18 Apr 2013 10:33						
Operator : AdeM						
Sample : Cipres 120-25						
Misc :						
ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1						
Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0						
Unknown Spectrum: Apex						
Integration Events: ChemStation Integrator - events.e						
Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			Benzene, 1-methoxy-4-methyl-2-(1-methylethyl)-	32110	031574-44-4	53
			Benzene, 1-methoxy-4-methyl-2-(1-methylethyl)-	32106	031574-44-4	50
			Benzoic acid, 4-(1-methylethyl)-	31825	000536-66-3	46
29	9.158	0.26	C:\Database\NIST05a.L			
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, 2-aminobenzoate	107591	007149-26-0	76
			1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	15347	000099-85-4	64
			1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	54271	000115-95-7	62
30	9.431	0.10	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Cyclohexen-1-one, 2-isopropyl-5-methyl-	24186	1000155-47-0	64
			2-Cyclohexen-1-one, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-	24250	000089-81-6	50
			2,4-Hexadiene, 2,5-dimethyl-	5841	000764-13-6	46
31	9.686	1.34	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,7,7-trimethyl-, acetate, (1S-endo)-	54340	005655-61-8	99
			Acetic acid, 1,7,7-trimethyl-bicyclo[2.2.1]hept-2-yl ester	54321	092618-89-8	98
			Bornyl acetate	54228	000076-49-3	95
32	9.854	0.16	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Carene	15157	013466-78-9	78
			(+)-4-Carene	15169	029050-33-7	78
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15339	000586-62-9	60
33	9.941	0.07	C:\Database\NIST05a.L			
			.alpha.-Pinene	15178	000080-56-8	91
			4-Carene	15150	1000150-36-1	90
			1S-.alpha.-Pinene	15185	007785-26-4	87
34	10.009	0.38	C:\Database\NIST05a.L			
			Propanoic acid, 2-octyl ester, (R or S)	47280	1000164-41-5	43
			Propanoic acid, nonyl ester	57087	053184-67-1	37
			2-Decanol, propanoate	67140	055683-11-9	32
35	10.573	2.14	C:\Database\NIST05a.L			
			Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	15334	000586-62-9	90
			(+)-4-Carene	15169	029050-33-7	90
			Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	15319	000554-61-0	90
36	10.891	0.20	C:\Database\NIST05a.L			
			Acetic acid, 1,7,7-trimethyl-bicyclo[2.2.1]hept-2-yl ester	54321	092618-89-8	91
			Isobornyl propionate	64212	002756-56-1	89
			Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,7,7-trimethyl-, acetate, (1S-endo)-	54340	005655-61-8	87
ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 18 11:48:11 2013						
						Page: 4

Continuación del apéndice 7.

LIQA Library Search Report						
Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\						
Data File : 130418-003.D						
Title :						
Acq On : 18 Apr 2013 10:33						
Operator : AdeM						
Sample : Cipres 120-25						
Misc :						
ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1						
Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0						
Unknown Spectrum: Apex						
Integration Events: ChemStation Integrator - events.e						
Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
rimethyl-, acetate, (1S-endo)-						
37	11.019	0.09	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 2,6-dimethyl-6-(4-methyl-3-pentenyl)-1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	59933	017699-05-7	80
			1,3,6,10-Dodecatetraene, 3,7,11-trimethyl-, (Z,E)-	15281	003338-55-4	60
				59889	026560-14-5	58
38	11.096	0.07	C:\Database\NIST05a.L Hexanoic acid, 2-methylpropyl ester	37586	000105-79-3	53
			2-Piperidinone	3406	000675-20-7	49
			2(3H)-Furanone, 5-ethylidihydro-3-methyl-	11927	002610-98-2	47
39	11.137	0.18	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,2.beta.,4.beta.)]-	60003	000515-13-9	98
			Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,2.beta.,4.beta.)]-	60001	000515-13-9	96
			Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-	59911	110823-68-2	86
40	11.219	0.09	C:\Database\NIST05a.L Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 2,6-dimethyl-6-(4-methyl-3-pentenyl)-	59933	017699-05-7	86
			Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 2,6-dimethyl-6-(4-methyl-3-pentenyl)-	59930	017699-05-7	83
			1,3-Cyclohexadiene, 5-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-2-methyl-, [S-(R*,S*)]-	59955	000495-60-3	72
41	11.392	0.03	C:\Database\NIST05a.L 3-Carene	15151	013466-78-9	90
			Bicyclogermacrene	59828	067650-90-2	78
			1,5-Cyclodecadiene, 1,5-dimethyl-8-(1-methylethylidene)-, (E,E)-	59934	015423-57-1	64
42	11.496	0.20	C:\Database\NIST05a.L 1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a.alpha.)]-	60061	000469-61-4	98
			1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a.alpha.)]-	60059	000469-61-4	98
			1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a.alpha.)]-	60060	000469-61-4	98
43	11.574	1.85	C:\Database\NIST05a.L Caryophyllene	59797	000087-44-5	99
ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 18 11:48:11 2013						

Continuación del apéndice 7.

LIQA Library Search Report						
Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\ Data File : 130418-003.D Title : Acq On : 18 Apr 2013 10:33 Operator : AdeM Sample : Cipres 120-25 Misc : ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1						
Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0						
Unknown Spectrum: Apex Integration Events: ChemStation Integrator - events.e						
PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			Caryophyllene	59801	000087-44-5	98
			Caryophyllene	59800	000087-44-5	98
44	11.728	0.12	C:\Database\NIST05a.L Thuajopsene	59785	000470-40-6	87
			Ylangene	59782	014912-44-8	87
			Spiro[4.5]dec-7-ene, 1,8-dimethyl-4-(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,4.beta.,5.alpha.)]-	59996	024048-44-0	83
45	11.951	5.22	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59980	000483-76-1	76
			Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-	59918	150320-52-8	64
			Benzeneethanol, .beta.-methyl-4-(2-methylpropyl)-	51287	036039-36-8	59
46	12.074	1.16	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.)-	60065	030021-74-0	90
			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	87
			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	81
47	12.270	10.11	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	59954	000483-75-0	81
			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	74
			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	74
48	12.397	0.38	C:\Database\NIST05a.L 1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E)]-	59960	023986-74-5	99
			1H-Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]benzene, octahydro-7-methyl-3-methylene-4-(1-methylethyl)-, [3aS-(3a.alpha.,3b.beta.,4.beta.,7.alpha.,7aS*)]-	60104	013744-15-5	90
			Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-	59918	150320-52-8	86
ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 18 11:48:11 2013						
						Page: 6

Continuación del apéndice 7.

LIQA Library Search Report						
Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\						
Data File : 130418-003.D						
Title :						
Acq On : 18 Apr 2013 10:33						
Operator : AdeM						
Sample : Cipres 120-25						
Misc :						
ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1						
Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0						
Unknown Spectrum: Apex						
Integration Events: ChemStation Integrator - events.e						
PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
49	12.597	4.52	C:\Database\NIST05a.L (-)-Isoledene	59799	1000109-87-9	95
			Isoledene	59783	1000156-10-8	94
			Cyclohexene, 6-ethenyl-6-methyl-1-(1-methylethyl)-3-(1-methylethylidene)-, (S)-	59984	005951-67-7	93
50	12.670	1.86	C:\Database\NIST05a.L 1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a.alpha.)]-	60060	000469-61-4	74
			1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a.alpha.)]-	60056	000469-61-4	74
			1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a.alpha.)]-	60059	000469-61-4	72
51	12.752	0.80	C:\Database\NIST05a.L Phenol, 2-ethyl-5-methyl-2,4,6-Octatriene, 2,6-dimethyl-Phenol, 3-ethyl-5-methyl-	15887	001687-61-2	76
				15244	000673-84-7	76
				15892	000698-71-5	76
52	12.802	0.28	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, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-	59954	000483-75-0	97
				59918	150320-52-8	96
53	12.870	1.54	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59980	000483-76-1	96
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59979	000483-76-1	94
			Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	59977	000483-76-1	93
54	12.925	0.44	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	58550	000483-77-2	96
			Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1,1,6-trimethyl-	39075	000475-03-6	72
			Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1,5,7-trimethyl-	39067	021693-55-0	72
55	12.993	0.16	C:\Database\NIST05a.L			
ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 18 11:48:11 2013						
						Page: 7

Continuación del apéndice 7.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\
 Data File : 130418-003.D
 Title :
 Acq On : 18 Apr 2013 10:33
 Operator : AdeM
 Sample : Cipres 120-25
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			cis-.alpha.-Bisabolene	59850	029837-07-8	49
			Tricyclo[5.4.0.0(2,8)]undec-9-ene, 2,6,6,9-tetramethyl- Thujopsene	59905	005989-08-2	46
				59787	000470-40-6	45
56	13.066	0.21	C:\Database\NIST05a.L Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahyd ro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)- , [1R-(1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)]- 1H-Cyclopropa[a]naphthalene, 1a,2, 3,5,6,7,7a,7b-octahydro-1,1,7,7a-t etramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,7.alp ha.,7a.alpha.,7b.alpha.)]- 4,7-Methanoazulene, 1,2,3,4,5,6,7, 8-octahydro-1,4,9,9-tetramethyl-, [1S-(1.alpha.,4.alpha.,7.alpha.)]-	60029	017627-24-6	80
				60097	017334-55-3	60
				60014	000514-51-2	55
57	13.316	0.21	C:\Database\NIST05a.L Isoledene 1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-met hylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E)]- 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.)-	59783	1000156-10-8	95
				59960	023986-74-5	83
				60070	030021-74-0	66
58	13.411	1.32	C:\Database\NIST05a.L Propanamide, N-(4-methoxyphenyl)-2 ,2-dimethyl- [1,2,4]Triazolo[1,5-a]pyrimidine-6 -carboxylic acid, 7-amino-, ethyl ester Methanol, [4-(1,1-dimethylethyl)ph enoxy]-, acetate	62127	056619-94-4	43
				62334	1000316-75-8	42
				72615	054889-98-4	38
59	13.539	1.96	C:\Database\NIST05a.L Methyl 3-bromo-1-adamantaneacetate Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl- Cyclobarbitol	115660	014575-01-0	38
				62242	000605-67-4	38
				82142	000052-31-3	38
60	13.743	0.30	C:\Database\NIST05a.L Caryophyllene oxide 2-Hydroxy-2,4,4-trimethyl-3-(3-met hylbuta-1,3-dienyl)cyclohexanone 1,4-Methanoazulene, decahydro-4,8, 8-trimethyl-9-methylene-, [1S-(1.a lpha.,3a.beta.,4.alpha.,8a.beta.)]	71350	001139-30-6	70
				72780	1000191-17-4	49
				60020	000475-20-7	43
61	14.153	0.62	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexene, 1-methyl-4-(5-methyl- 1-methylene-4-hexenyl)-, (S)- o-Toluic acid, 3-methylbut-2-enyl ester 1-Methylene-2b-hydroxymethyl-3,3-d imethyl-4b-(3-methylbut-2-enyl)-cy	59932	000495-61-4	46
				59648	1000292-51-1	38
				72989	1000144-10-6	38

ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 18 11:48:11 2013

Page: 8

Continuación del apéndice 7.

LIQA Library Search Report						
Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\						
Data File : 130418-003.D						
Title :						
Acq On : 18 Apr 2013 10:33						
Operator : AdeM						
Sample : Cipres 120-25						
Misc :						
ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1						
Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0						
Unknown Spectrum: Apex						
Integration Events: ChemStation Integrator - events.e						
PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
clohexane						
62	14.226	1.89	C:\Database\NIST05a.L			
			Cedrol	72887	000077-53-2	96
			Cedrane, 8-propoxy-	101502	019870-75-8	87
			Cedrol	72884	000077-53-2	87
63	14.498	13.07	C:\Database\NIST05a.L			
			Di-epi-.alpha.-cedrene-(I)	59867	021996-77-0	93
			1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,	60059	000469-61-4	86
			8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-,			
			[3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a			
			.alpha.)]-			
			1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,	60056	000469-61-4	83
			8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-,			
			[3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a			
			.alpha.)]-			
64	14.758	2.15	C:\Database\NIST05a.L			
			.alpha.-Cadinol	72908	000481-34-5	98
			Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2-	59967	003242-08-8	52
			(1-methylethenyl)-4-(1-methylethyl			
			idene)-			
			Epiglobulol	72900	1000150-05-1	41
65	14.967	0.43	C:\Database\NIST05a.L			
			.alpha.-Bisabolol	72913	072691-24-8	83
			1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,	60056	000469-61-4	80
			8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-,			
			[3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a			
			.alpha.)]-			
			.alpha.-Bisabolol	72915	000515-69-5	68
66	15.426	0.23	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 2-methyl-5-(1-m	24328	001197-07-5	41
			ethylethenyl)-, trans-			
			1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,	60061	000469-61-4	38
			8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-,			
			[3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a			
			.alpha.)]-			
			1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,	60060	000469-61-4	35
			8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-,			
			[3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a			
			.alpha.)]-			
67	15.440	0.53	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclohexen-1-ol, 2-methyl-5-(1-m	24328	001197-07-5	41
			ethylethenyl)-, trans-			
			1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,	60061	000469-61-4	38
			8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-,			
			[3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a			
			.alpha.)]-			
			Di-epi-.alpha.-cedrene-(I)	59867	021996-77-0	38
68	17.460	0.06	C:\Database\NIST05a.L			
			Bicyclo[2.2.1]heptane, 1,3,3-trime	16400	006248-88-0	42
			thyl-			
ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 18 11:48:11 2013						
						Page: 9

Continuación del apéndice 7.

LIQA Library Search Report						
Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\						
Data File : 130418-003.D						
Title :						
Acq On : 18 Apr 2013 10:33						
Operator : AdeM						
Sample : Cipres 120-25						
Misc :						
ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1						
Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0						
Unknown Spectrum: Apex						
Integration Events: ChemStation Integrator - events.e						
PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			2,2-Dimethylocta-3,4-dienal	24094	000590-71-6	35
			Bicyclo[4.1.0]heptane-7-carboxamid	96848	1000278-06-2	30
			e, N-(4-acetylphenyl)-			
69	17.564	0.03	C:\Database\NIST05a.L			
			1,3,6,10-Cyclotetradecatetraene, 3	107098	001898-13-1	42
			,7,11-trimethyl-14-(1-methylethyl)			
			-, [S-(E,Z,E,E)]-			
			Kaur-15-ene	107061	005947-50-2	42
			Kaur-16-ene, (8.beta.,13.beta.)-	107067	020070-61-5	38
70	17.646	0.04	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Phenylpropenenitrile, 2-(diethox	101735	018896-73-6	95
			yphosphinyl)-			
			Dodecanoic acid, 5-hexen-1-yl este	113384	1000160-10-7	64
			Dodecanoic acid, 2-hexen-1-yl este	113385	1000159-97-0	59
71	17.919	0.31	C:\Database\NIST05a.L			
			Kaur-15-ene, (5.alpha.,9.alpha.,10	107076	000511-85-3	99
			.beta.)-			
			Kaur-15-ene, (5.alpha.,9.alpha.,10	107077	000511-85-3	99
			.beta.)-			
			Kaur-15-ene, (5.alpha.,9.alpha.,10	107075	000511-85-3	91
			.beta.)-			
72	18.151	0.13	C:\Database\NIST05a.L			
			1H-Naphtho[2,1-b]pyran, 3-ethenyld	118755	001227-93-6	49
			odecahydro-3,4a,7,7,10a-pentamethy			
			l-, [3S-(3.alpha.,4a.alpha.,6a.bet			
			a.,10a.alpha.,10b.beta.)]-			
			1H-Naphtho[2,1-b]pyran, 3-ethenyld	118754	000596-84-9	45
			odecahydro-3,4a,7,7,10a-pentamethy			
			l-, [3R-(3.alpha.,4a.beta.,6a.alph			
			a.,10a.beta.,10b.alpha.)]-			
			(1R,2S,8R,8Ar)-8-acetoxy-1-(2-hydr	122239	1000298-98-4	30
			oxyethyl)-1,2,5,5-tetramethyl-tran			
			s-decalin			
73	18.761	0.08	C:\Database\NIST05a.L			
			7-Isopropyl-1,1,4a-trimethyl-1,2,3	105799	1000210-28-9	91
			,4,4a,9,10,10a-octahydrophenanthre			
			ne			
			1-Phenanthrenecarboxaldehyde, 1,2,	114981	024035-50-5	47
			3,4,4a,9,10,10a-octahydro-1,4a-dim			
			ethyl-7-(1-methylethyl)-, [1S-(1.a			
			lpha.,4a.alpha.,10a.beta.)]-			
			Phenanthrene, 1,2,3,4,4a,9,10,10a-	105800	019407-28-4	45
			octahydro-1,1,4a-trimethyl-7-(1-me			
			thylethyl)-, (4aS-trans)-			
74	19.438	2.04	C:\Database\NIST05a.L			
			1-Cyclohexene, 1,3,3-trimethyl-2-(61502	1000197-08-4	50
			1-methylbut-1-en-3-on-1-yl)-			
			.beta.-iso-Methyl ionone	61430	1000285-40-2	45
			Anthracene, 9-butyltetradecahydro-	90846	055133-89-6	40
75	20.030	0.11	C:\Database\NIST05a.L			
ACRITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 18 11:48:11 2013						
						Page: 10

Continuación del apéndice 7.

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\
 Data File : 130418-003.D
 Title :
 Acq On : 18 Apr 2013 10:33
 Operator : AdeM
 Sample : Cipres 120-25
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1 Samp. Amt.: 1

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

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4,11,11-trimethyl-8-methylene-, [1R-(1R*,4Z,9S*)]-	59972	000118-65-0	66
			Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4,11,11-trimethyl-8-methylene-, [1R-(1R*,4Z,9S*)]-	59970	000118-65-0	53
			.alpha.-Santalol	71335	000115-71-9	42
76	20.107	0.18	C:\Database\NIST05a.L Diazene, (4-ethoxyphenyl)(4-methoxyphenyl)-, 1-oxide	106690	056095-14-8	45
			Methanol, [6,8,9-trimethyl-4-(1-propenyl)-3-oxabicyclo[3.3.1]non-6-en-1-yl]-	82526	1000277-60-9	40
			1,3,6,10-Cyclotetradecatetraene, 3,7,11-trimethyl-14-(1-methylethyl)-, [S-(E,Z,E,E)]-	107098	001898-13-1	35
77	21.358	0.15	C:\Database\NIST05a.L 2-Phenanthrenol, 4b,5,6,7,8,8a,9,10-octahydro-4b,8,8-trimethyl-1-(1-methylethyl)-, (4bS-trans)-	116239	000511-15-9	92
			2-Phenanthrenol, 4b,5,6,7,8,8a,9,10-octahydro-4b,8,8-trimethyl-1-(1-methylethyl)-, (4bS-trans)-	116238	000511-15-9	92
			2-Phenanthrenol, 4b,5,6,7,8,8a,9,10-octahydro-4b,8,8-trimethyl-1-(1-methylethyl)-, acetate, (4bS-trans)-	141542	015340-82-6	47
78	21.544	0.52	C:\Database\NIST05a.L 2-Phenanthrenol, 4b,5,6,7,8,8a,9,10-octahydro-4b,8,8-trimethyl-1-(1-methylethyl)-, (4bS-trans)-	116239	000511-15-9	98
			2-Phenanthrenol, 4b,5,6,7,8,8a,9,10-octahydro-4b,8,8-trimethyl-1-(1-methylethyl)-, (4bS-trans)-	116238	000511-15-9	94
			2-Phenanthrenol, 4b,5,6,7,8,8a,9,10-octahydro-4b,8,8-trimethyl-1-(1-methylethyl)-, acetate, (4bS-trans)-	141542	015340-82-6	87
79	21.772	0.16	C:\Database\NIST05a.L Ferruginol	116232	000514-62-5	94
			2-Phenanthrenol, 4b,5,6,7,8,8a,9,10-octahydro-4b,8,8-trimethyl-1-(1-methylethyl)-, acetate, (4bS-trans)-	141542	015340-82-6	68
			2-Phenanthrenol, 4b,5,6,7,8,8a,9,10-octahydro-4b,8,8-trimethyl-1-(1-methylethyl)-, (4bS-trans)-	116239	000511-15-9	49

ACEITES ESE...LES SCAN 2.M Thu Apr 18 11:48:11 2013

Page: 11

Fuente: cromatografo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

8. **Listado de compuestos mayoritarios presentes en el aceite esencial de ciprés extraído a 2 300 msnm y durante 30 minutos**

No.	Compuesto	Area %	Clasificación
1	alfa-Pineno	14,51	Monoterpeno
2	Limoneno	8,22	Monoterpeno
3	(+)-Epi-biciclosesquifelandreno	7,26	Sesquiterpeno
4	Di-epi-alfa-cedreno-(I)	4,64	Sesquiterpeno
5	beta.-felandreno	3,58	Monoterpeno
6	Octahidro-7-metil-3-metileno-4-(1-metiletil)-, [3aS-(3a.alfa.,3b.beta.,4.beta.,7.alfa.,7aS*)]-1H-Ciclopenta[1,3]ciclopropa[1,2]benzeno	3,56	Sesquiterpeno
7	4-metil-1-(1-metiletil)-3-ciclohexen-1-ol	3,33	Monoterpeno
8	(-)-Isoledeno	3,21	Sesquiterpeno
9	2,3,4,7,8,8a-hexahidro-3,6,8,8-tetrametil-,[3R-(3.alfa.,3a.beta.,7.beta.,8a.alfa.)]-1H-3a,7-metanoazuleno	3,02	Sesquiterpeno
10	1,7,7-trimetil-biciclo[2.2.1]-2-hepteno	2,93	Monoterpeno

Fuente: elaboración propia, búsqueda del cromatograma de 30 minutos y 2 300 msnm.

9. **Listado de compuestos mayoritarios presentes en el aceite esencial de ciprés extraído a 2 300 msnm y durante 60 minutos**

No.	Compuesto	Area %	Clasificación
1	alfa-Pineno	12,36	Monoterpeno
2	(+)-Epi-biciclosesquifelandreno	8,67	Sesquiterpeno
3	2-Metil-3-(3-metil-but-2-enil)-2-(4-metil-pent-3-enil)-oxetano	6,23	Sesquiterpeno
4	Limoneno	6,21	Monoterpeno
5	1,3,3-trimetil-2-(1-metilbut-1-en-3-on-1-il)-1-ciclohexeno	5,23	Sesquiterpeno
6	Octahidro-7-metil-3-metileno-4-(1-metiletil)-, [3aS-(3a.alfa.,3b.beta.,4.beta.,7.alfa.,7aS*)]-1H-Ciclopenta[1,3]ciclopropa[1,2]benzeno	4,31	Sesquiterpeno
7	(-)-Isoledeno	3,92	Sesquiterpeno
8	1-Dimetil(fenil)sililoxipentano	3,26	No terpenoide
9	2,3,4,7,8,8a-hexahidro-3,6,8,8-tetrametil-,[3R-(3.alfa.,3a.beta.,7.beta.,8a.alfa.)]-1H-3a,7-metanoazuleno	3,15	Sesquiterpeno
10	4-metil-1-(1-metiletil)-biciclo[3.1.0]hex-3-en-2-ona	2,53	Monoterpeno

Fuente: elaboración propia, búsqueda del cromatograma de 60 minutos y 2 300 msnm.

10. **Listado de compuestos mayoritarios presentes en el aceite esencial de ciprés extraído a 2 300 msnm y durante 90 minutos**

No.	Compuesto	Area %	Clasificación
1	alfa-Pineno	12,99	Monoterpeno
2	1,2,4a,5,6,8a-hexahidro-4,7-dimetil-1-(1-metiletil)-naftaleno	8,34	Sesquiterpeno
3	Limoneno	7,63	Monoterpeno
4	(-)-Isoledeno	4,79	Sesquiterpeno
5	Epizonareno	4,54	Sesquiterpeno
6	Di-epi-alfa-cedreno-(I)	3,87	Sesquiterpeno
7	4-metil-1-(1-metiletil)-,(R) -3-ciclohexen-1-ol	3,08	Monoterpeno
8	4-metil-1-(1-metiletil)-biciclo[3.1.0]hex-3-en-2-ona	3,02	Monoterpeno
9	2,3,4,7,8,8a-hexahidro-3,6,8,8-tetrametil-[3R-(3.alfa.,3a.beta.,7.beta.,8a.alfa.)]-1H-3a,7-metanoazuleno	2,79	Sesquiterpeno
10	Cariofileno	2,72	Sesquiterpeno

Fuente: elaboración propia, búsqueda del cromatograma de 90 minutos y 2 300 msnm.

11. **Listado de compuestos mayoritarios presentes en el aceite esencial de ciprés extraído a 2 300 msnm y durante 120 minutos**

No.	Compuesto	Area %	Clasificación
1	alfa-Pineno	15,93	Monoterpeno
2	Limoneno	8,68	Monoterpeno
3	Epizonareno	7,64	Sesquiterpeno
4	(+)-Epi-biciclosesquifelandreno	4,15	Sesquiterpeno
5	(-)-Isoledeno	4,14	Sesquiterpeno
6	4-metil-1-(1-metiletil)-biciclo[3.1.0]hex-3-en-2-ona	3,35	Monoterpeno
7	2,4,6-tris(1,1-dimetiletil)-ácido benzoico	3,19	No terpenoide
8	4-metil-1-(1-metiletil)-, (R) -3-ciclohexen-1-ol	3,08	Monoterpeno
9	4-metileno-1-(1-metiletil)-ciclohexeno	2,94	Monoterpeno
10	beta-felandreno	2,71	Monoterpeno

Fuente: elaboración propia, búsqueda del cromatograma de 120 minutos y 2 300 msnm.

12. **Listado de compuestos mayoritarios presentes en el aceite esencial de ciprés extraído a 2 400 msnm y durante 30 minutos**

No.	Compuesto	Area %	Clasificación
1	2,3,4,7,8,8a-hexahidro-3,6,8,8-tetrametil-, [3R-(3.alfa.,3a.beta.,7.beta.,8a.alfa.)]-1H-3a,7-metanoazuleno	20,43	Sesquiterpeno
2	[1,2,4]Triazolo[1,5-a]pirimidina-6-ácido carboxílico, 7-amino-, etilester	13,41	No terpenoide
3	(+)-Epi-biciclosesquifelandreno	11,13	Sesquiterpeno
4	alfa-Cadinol	10,58	Sesquiterpeno
5	2-ciclopropil-2-metil-N-(1-ciclopropiletil)-ciclopropano carboxamida	6,79	No terpenoide
6	(-)-Isoledeno	5,76	Sesquiterpeno
7	1,7,7-trimetil-, acetato, (1S-endo)-biciclo[2.2.1]-2-heptanol	5,22	No terpenoide
8	Octahidro-7-metil-3-metileno-4-(1-metiletíl)-, [3aS-(3a.alfa.,3b.beta.,4.beta.,7.alfa.,7aS*)]-1H-Ciclopenta[1,3]ciclopropa[1,2]benzeno	4,69	Sesquiterpeno
9	2,6,6-trimetil-[1R-(1.alfa.,2.alfa.,5.alfa.)]-biciclo[3.1.1]heptano	4,35	Monoterpeno
10	2,3-dihidro-6-nitro-1,4-ftalazinediona	2,95	No terpenoide

Fuente: elaboración propia, búsqueda del cromatograma de 30 minutos y 2 400 msnm.

13. **Listado de compuestos mayoritarios presentes en el aceite esencial de ciprés extraído a 2 400 msnm y durante 60 minutos**

No.	Compuesto	Area %	Clasificación
1	1,7,7-trimetil-,acetato,(1S-endo)-biciclo[2.2.1]-2-heptanol	14,81	Monoterperno
2	1,2,4a,5,6,8a-hexahidro-4,7-dimetil-1-(1-metiletil)-naftaleno	12,95	Sesquiterpeno
3	Di-epi-alfa-cedreno-(I)	10,54	Sesquiterpeno
4	2-isopropil-5-metil-9-metileno-biciclo[4.4.0]dec-1-eno	6,95	Sesquiterpeno
5	(-)-Isoledeno	6,69	Sesquiterpeno
6	4-metil-1-(1-metiletil)-3-ciclohexen-1-ol	3,86	Monoterperno
7	2,6,6-trimetil-biciclo[3.1.1]-2-hepteno	3,6	Monoterperno
8	1-Dimetil(fenil)sililoxipentano	3,42	No terpenoide
9	2,3,4,7,8,8a-hexahidro-3,6,8,8-tetrametil-,[3R-(3.alfa.,3a.beta.,7.beta.,8a.alfa.)]-1H-3a,7-metanoazuleno	2,74	Sesquiterpeno
10	4-metil-1-(1-metiletil)-biciclo[3.1.0]-3-hexanol	2,5	Monoterperno

Fuente: elaboración propia, búsqueda del cromatograma de 60 minutos y 2 400 msnm.

14. **Listado de compuestos mayoritarios presentes en el aceite esencial de ciprés extraído a 2 400 msnm y durante 90 minutos**

No.	Compuesto	Area %	Clasificación
1	1,7,7-trimetil-,acetato,(1S-endo)-biciclo[2.2.1]-2-heptanol	13,8	Monoterpeno
2	1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahidro-7-metil-4-metileno-1-(1-metiletil)-, (1.alfa.,4a.alfa.,8a.alfa.)-naftaleno	13,71	Sesquiterpeno
3	Di-epi-alfa-cedreno-(I)	12,62	Sesquiterpeno
4	Epizonareno	7,45	Sesquiterpeno
5	1,2,3,5,6,8a-hexahidro-4,7-dimetil-1-(1-metiletil)-,(1s-cis)-naftaleno	7,4	Sesquiterpeno
6	1-metil-2-fenil-1H-Indol	3,13	No terpenoide
7	1,3,3-trimetil-2-(1-metilbut-1-en-3-on-1-il)-1-ciclohexeno	2,98	Sesquiterpeno
8	4-metil-1-(1-metiletil)-3-ciclohexen-1-ol	2,77	Monoterpeno
9	2,3,4,7,8,8a-hexahidro-3,6,8,8-tetrametil-,[3R-(3.alfa.,3a.beta.,7.beta.,8a.alfa.)]-1H-3a,7-metanoazuleno	2,54	Sesquiterpeno
10	alfa-Cadinol	2,52	Sesquiterpeno

Fuente: elaboración propia, búsqueda del cromatograma de 90 minutos y 2 400 msnm.

15. **Listado de compuestos mayoritarios presentes en el aceite esencial de ciprés extraído a 2 400 msnm y durante 120 minutos**

No.	Compuesto	Area %	Clasificación
1	1,7,7-trimetil-,acetato,(1S-endo)-biciclo[2.2.1]-2-heptanol	17,19	Monoterpeno
2	1,2,4a,5,6,8a-hexahidro-4,7-dimetil-1-(1-metiletil)-naftaleno	15,23	Sesquiterpeno
3	2,3,4,7,8,8a-hexahidro-3,6,8,8-tetrametil-,[3R-(3.alfa.,3a.beta.,7.beta.,8a.alfa.)]-1H-3a,7-metanoazuleno	8,53	Sesquiterpeno
4	(-)-Isoledeno	7,46	Sesquiterpeno
5	1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahidro-7-metil-4-metileno-1-(1-metiletil)-, (1.alfa.,4a.alfa.,8a.alfa.)-naftaleno	7,43	Sesquiterpeno
6	4-metil-1-(1-metiletil)-3-ciclohexen-1-ol	3,18	Monoterpeno
7	Limoneno	3,13	Monoterpeno
8	alfa-Pineno	2,61	Monoterpeno
9	Cariofileno	2,44	Sesquiterpeno
10	2,3,4,7,8,8a-hexahidro-3,6,8,8-tetrametil-,[3R-(3.alfa.,3a.beta.,7.beta.,8a.alfa.)]-1H-3a,7-metanoazuleno	2,44	Sesquiterpeno

Fuente: elaboración propia, búsqueda del cromatograma de 120 minutos y 2 400 msnm.

16. **Listado de compuestos mayoritarios presentes en el aceite esencial de ciprés extraído a 2 500 msnm y durante 30 minutos**

No.	Compuesto	Area %	Clasificación
1	alfa-Pineno	11,31	Monoterpeno
2	Di-epi-alfa-cedreno-(I)	10,04	Sesquiterpeno
3	2-isopropil-5-metil-9-metileno-biciclo[4.4.0]dec-1-eno	7,73	Sesquiterpeno
4	2,3-dihidro-6-nitro-1,4-ftalazinediona	6,02	No terpenoide
5	4-metil-1-(1-metiletil)-3-ciclohexen-1-ol	5,21	Monoterpeno
6	[4-(1,1-dimetiletil)fenoxi]-, acetato-metanol	4,02	No terpenoide
7	4-metileno-1-(1-metiletil)-ciclohexeno	4,00	Monoterpeno
8	(+)-Epi-biciclosesquifelandreno	3,75	Sesquiterpeno
9	4-metil-1-(1-metiletil)-biciclo[3.1.0]hex-2-eno	3,24	Monoterpeno
10	1-metileno-4-(1-metiletenil)-ciclohexano	3,24	Monoterpeno

Fuente: elaboración propia, búsqueda del cromatograma de 30 minutos y 2 500 msnm.

17. **Listado de compuestos mayoritarios presentes en el aceite esencial de ciprés extraído a 2 500 msnm y durante 60 minutos**

No.	Compuesto	Area %	Clasificación
1	Di-epi-alfa-cedreno-(I)	12,22	Sesquiterpeno
2	alfa-Pineno	9,24	Monoterpeno
3	(+)-Epi-biciclosesquifelandreno	8,93	Sesquiterpeno
4	(-)-Isoledeno	4,87	Sesquiterpeno
5	4-metil-1-(1-metiletil)-biciclo[3.1.0]hex-3-en-2-ona	4,65	Monoterpeno
6	4-metil-1-(1-metiletil)-3-ciclohexen-1-ol	4,08	Monoterpeno
7	Epizonareno	4,05	Sesquiterpeno
8	3-isopropenil-5,5-dimetil-ciclopenteno	3,58	Monoterpeno
9	1-Dimetil(fenil)sililoxipentano	3,48	No terpenoide
10	4-metileno-1-(1-metiletil)-ciclohexeno	3,27	Monoterpeno

Fuente: elaboración propia, búsqueda del cromatograma de 60 minutos y 2 500 msnm.

18. **Listado de compuestos mayoritarios presentes en el aceite esencial de ciprés extraído a 2 500 msnm y durante 90 minutos**

No.	Compuesto	Area %	Clasificación
1	Di-epi-alfa-cedreno-(I)	12,82	Sesquiterpeno
3	alfa-Pineno	9,28	Monoterpeno
4	(+)-Epi-biciclosesquifelandreno	9,05	Sesquiterpeno
6	(-)-Isoledeno	4,96	Sesquiterpeno
7	4-metil-1-(1-metiletil)-biciclo[3.1.0]hex-3-en-2-ona	4,85	Monoterpeno
5	Epizonareno	4,05	Sesquiterpeno
8	4-metil-1-(1-metiletil)-3-ciclohexen-1-ol	3,91	Monoterpeno
9	3-isopropenil-5,5-dimetil-ciclopenteno	3,37	Monoterpeno
10	beta-felandreno	3,09	Monoterpeno
2	1-Dimetil(fenil)sililoxipentano	3,02	No terpenoide

Fuente: elaboración propia, búsqueda del cromatograma de 90 minutos y 2 500 msnm.

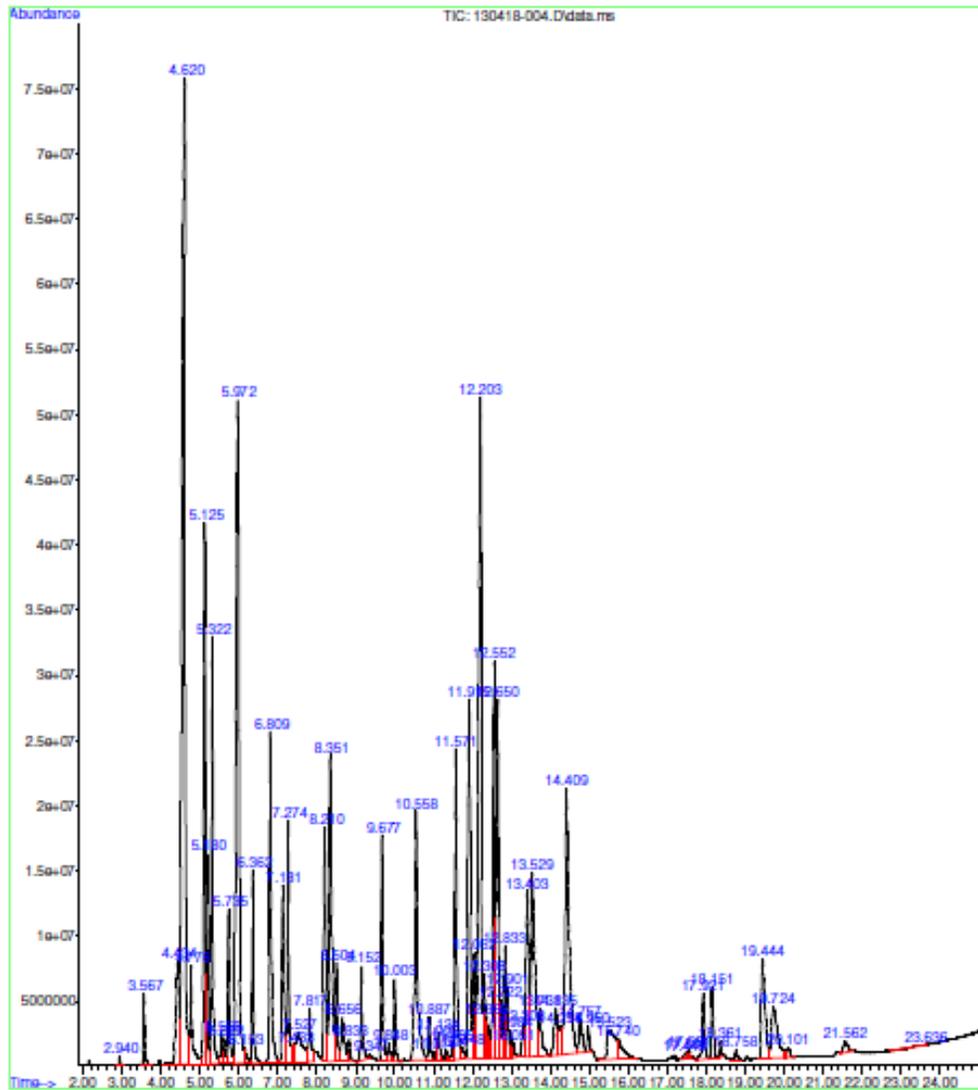
19. **Listado de compuestos mayoritarios presentes en el aceite esencial de ciprés extraído a 2 500 msnm y durante 120 minutos**

No.	Compuesto	Area %	Clasificación
1	Di-epi-alfa-cedreno-(I)	13,07	Sesquiterpeno
2	1,2,4a,5,6,8a-hexahidro-4,7-dimetil-1-(1-metiletil)-naftaleno	10,11	Sesquiterpeno
3	alfa-Pineno	8,51	Monoterpeno
4	4-metil-1-(1-metiletil)-biciclo[3.1.0]hex-3-en-2-ona	5,28	Monoterpeno
5	1,2,3,5,6,8a-hexahidro-4,7-dimetil-1-(1-metiletil)-,(1s-cis)-naftaleno	5,22	Sesquiterpeno
6	(-)-Isoledeno	4,52	Sesquiterpeno
7	4-metil-1-(1-metiletil)-,(R) -3-ciclohexen-1-ol	4,00	Monoterpeno
8	3-isopropenil-5,5-dimetil-ciclopenteno	3,13	Monoterpeno
9	beta-felandreno	2,56	Monoterpeno
10	alfa-Cadinol	2,15	Sesquiterpeno

Fuente: elaboración propia, búsqueda del cromatograma de 120 minutos y 2 500 msnm.

20. Cromatograma de 30 minutos y 2 300 msnm

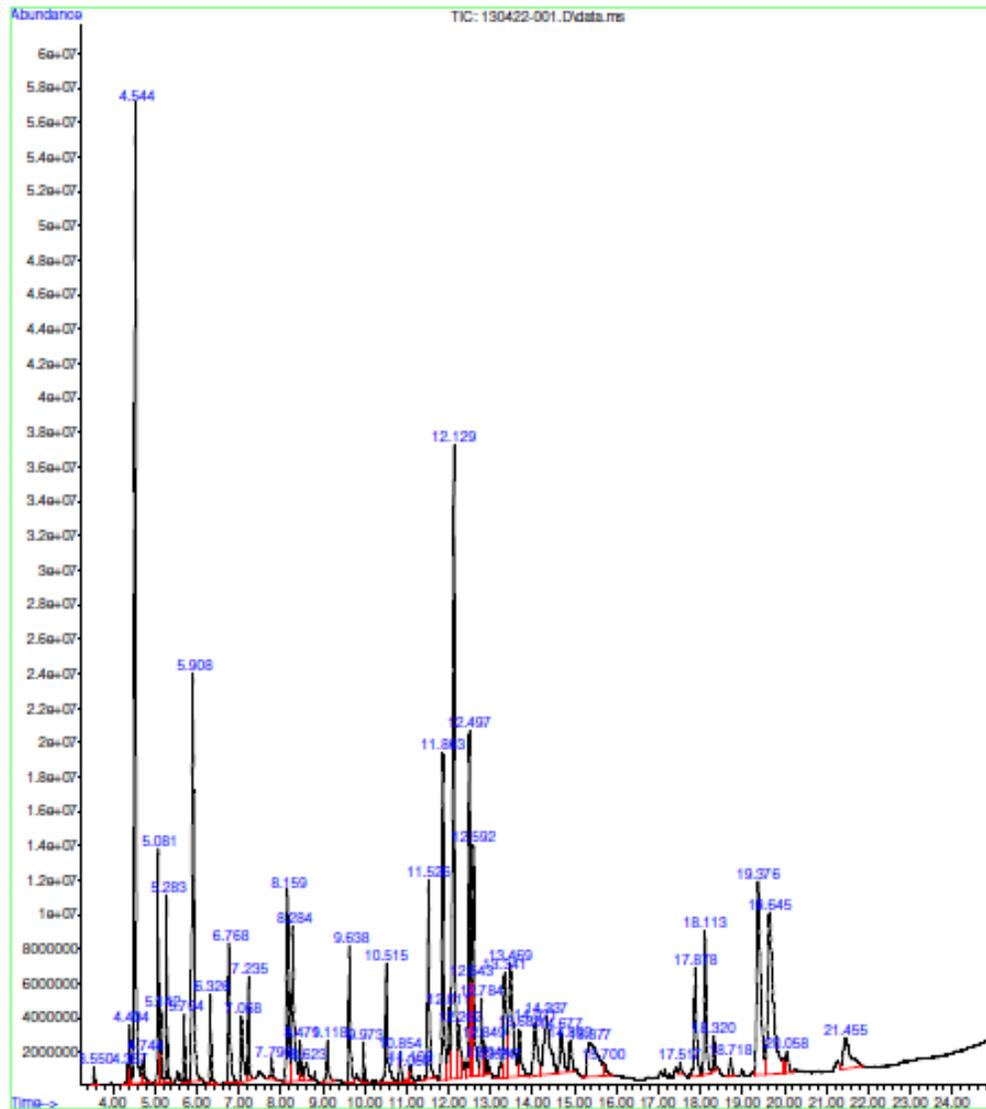
File : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\130418-004.D
Operator : AdaM
Acquired : 18 Apr 2013 11:30 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES SCAN 2.M
Instrument : GC-MSD
Sample Name: Cipres 30-23
Misc Info :
Vial Number: 1



Fuente: cromatografo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

21. Cromatograma de 60 minutos y 2 300 msnm

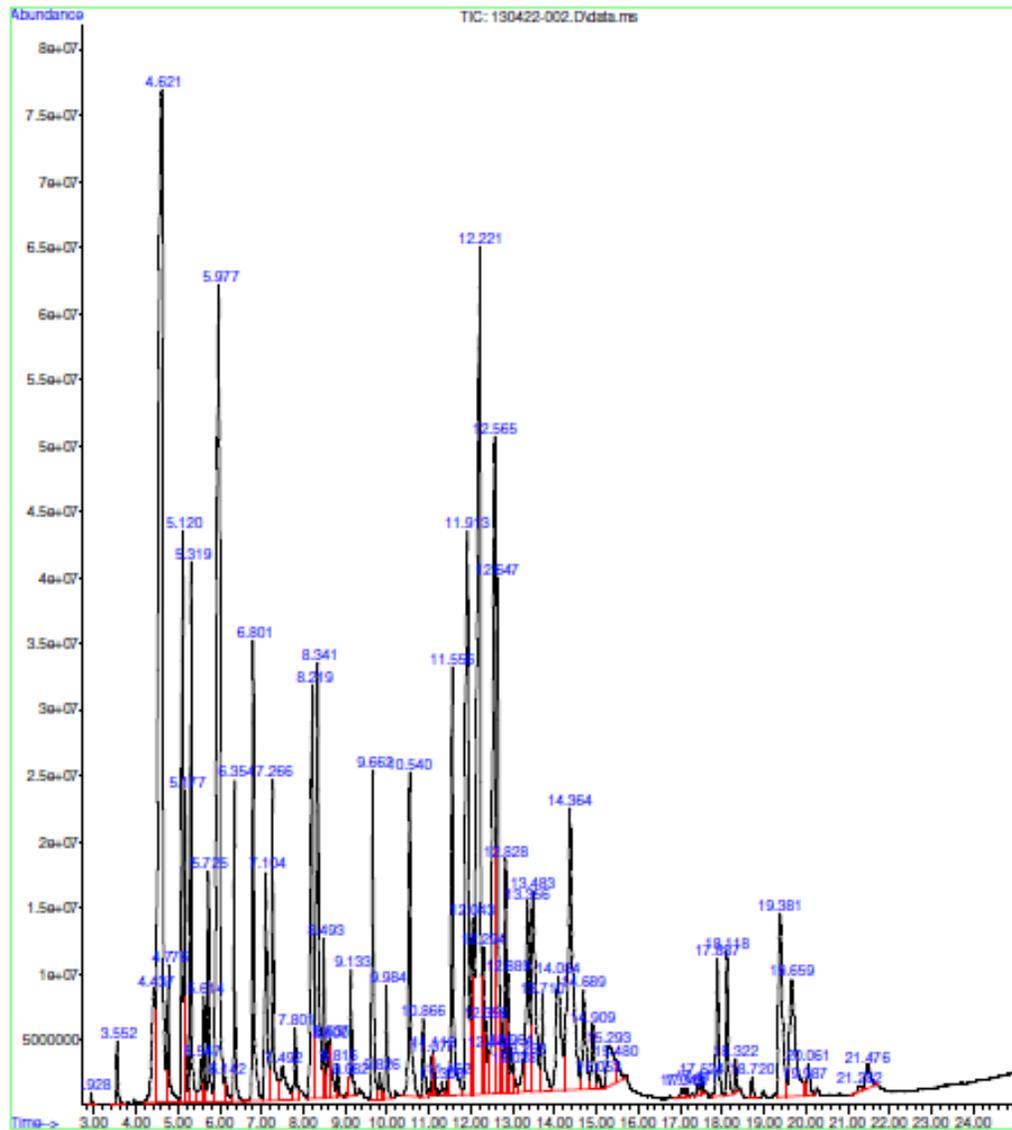
File : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\130422-001.D
Operator : AdeM
Acquired : 22 Apr 2013 9:41 using AcqMethod ACEBITES ESENCIALES SCAN 2.M
Instrument : GC-MSD
Sample Name : cipres 60-23
Misc Info :
Vial Number : 1



Fuente: cromatografo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

22. Cromatograma de 90 minutos y 2 300 msnm

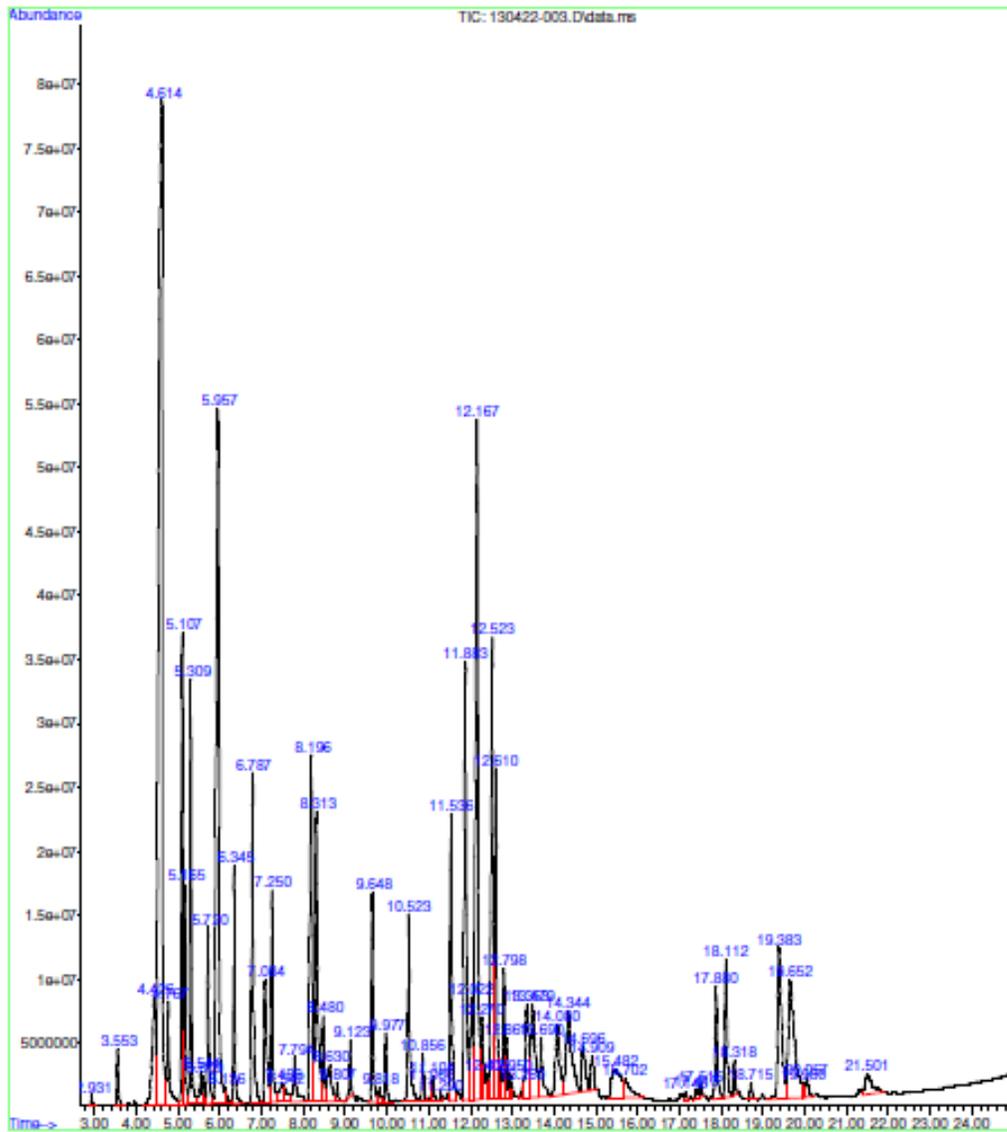
File : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\130422-002.D
Operator : AdeM
Acquired : 22 Apr 2013 10:16 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES SCAN 2.M
Instrument : GC-MSD
Sample Name: cipres 90-23
Misc Info :
Vial Number: 1



Fuente: cromatografo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

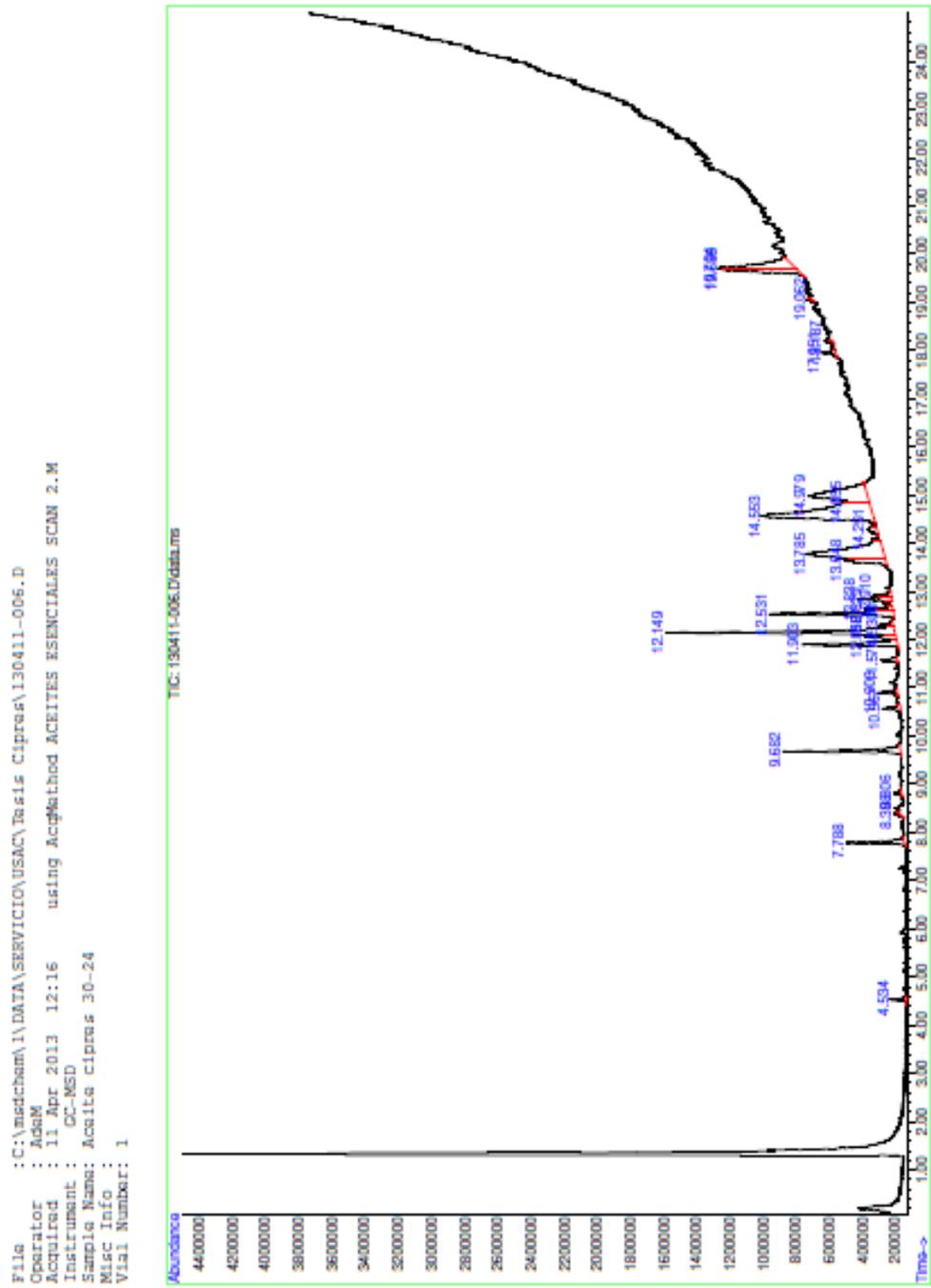
23. Cromatograma de 120 minutos y 2 300 msnm

File : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\130422-003.D
Operator : AdaM
Acquired : 22 Apr 2013 10:50 using AcqMethod ACRITES ESENCIALES SCAN 2.M
Instrument : GC-MSD
Sample Name : cipres 120-23
Misc Info :
Vial Number : 1



Fuente: cromatografo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

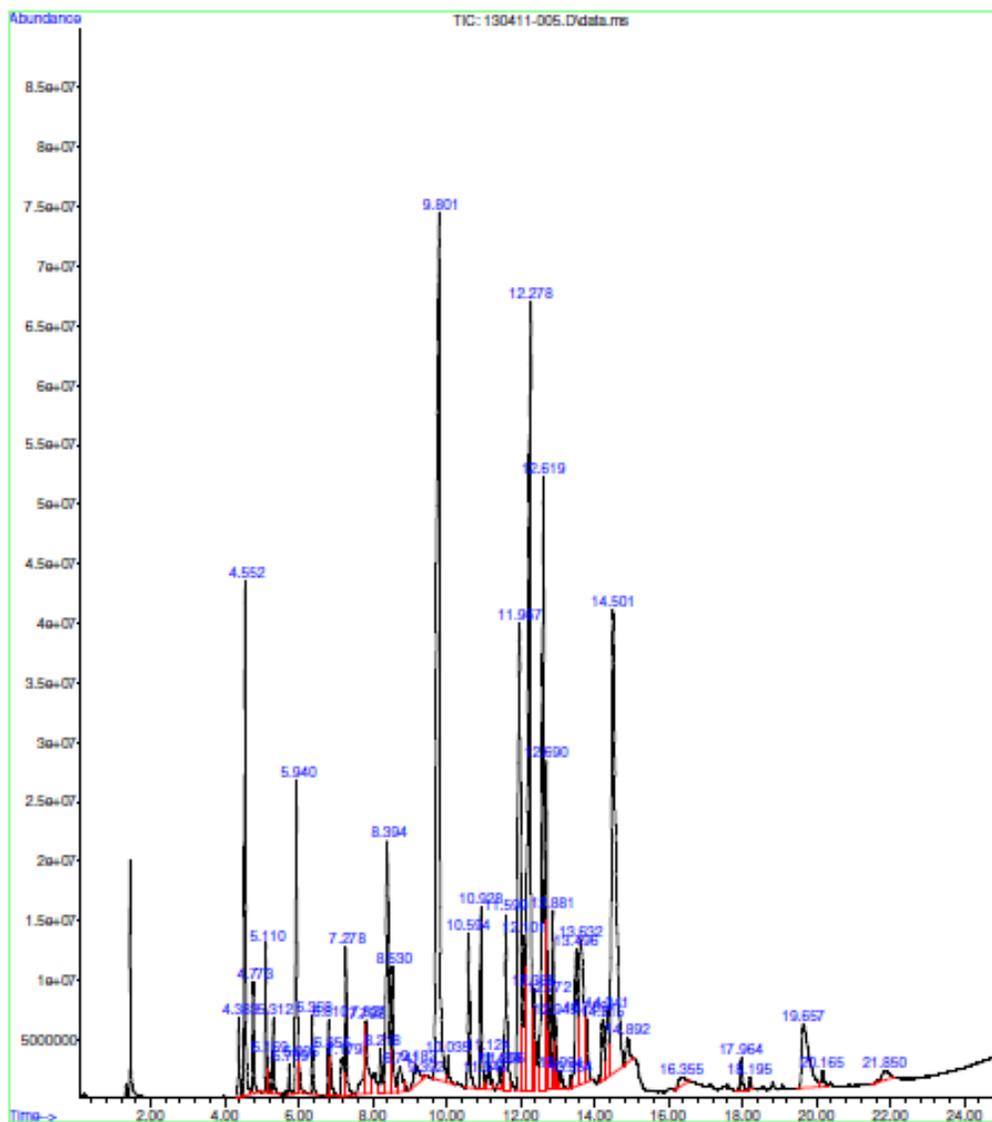
24. Cromatograma de 30 minutos y 2 400 msnm



Fuente: cromatografo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

25. Cromatograma de 60 minutos y 2 400 msnm

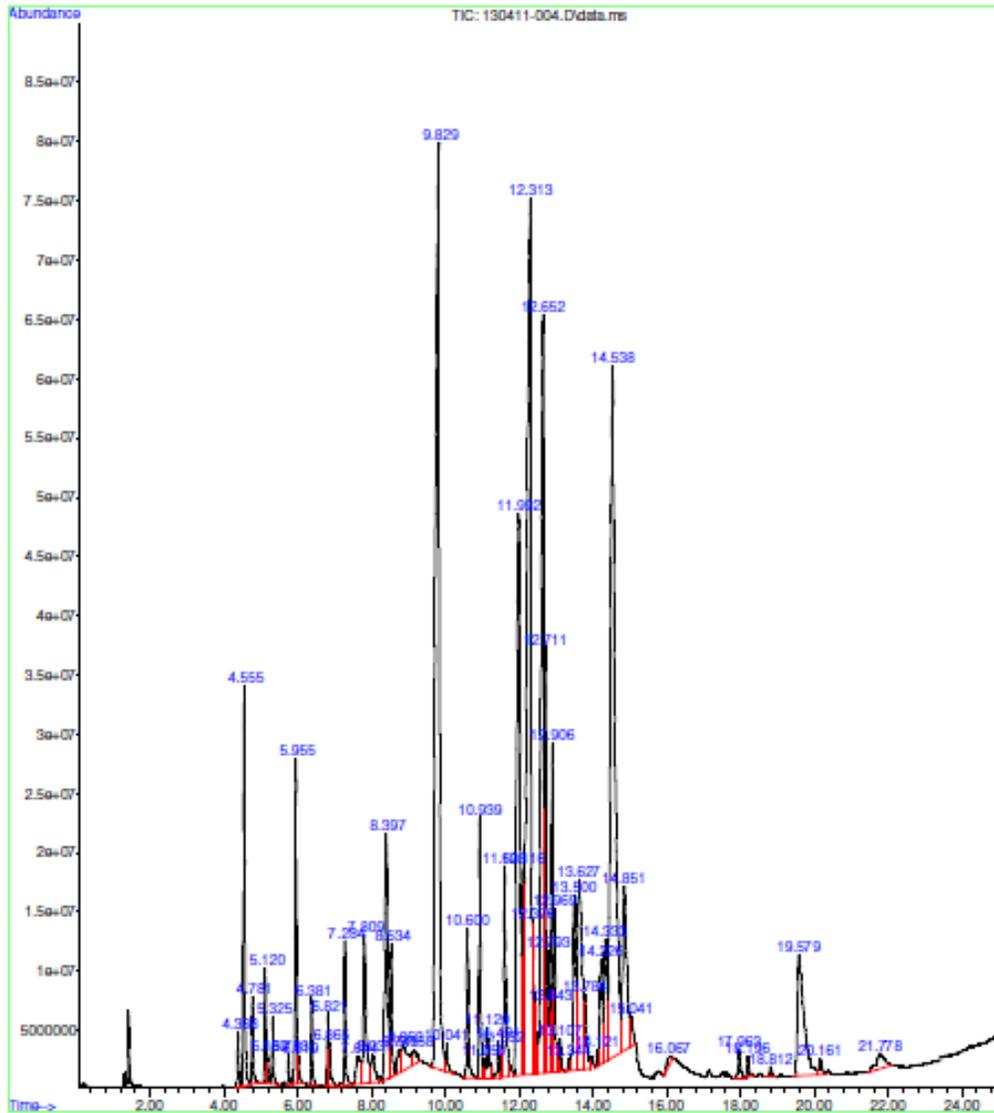
File : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\130411-005.D
Operator : AdeM
Acquired : 11 Apr 2013 11:44 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES SCAN 2.M
Instrument : GC-MSD
Sample Name: Aceite cipres 60-24
Misc Info :
Vial Number: 1



Fuente: cromatografo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

26. Cromatograma de 90 minutos y 2 400 msnm

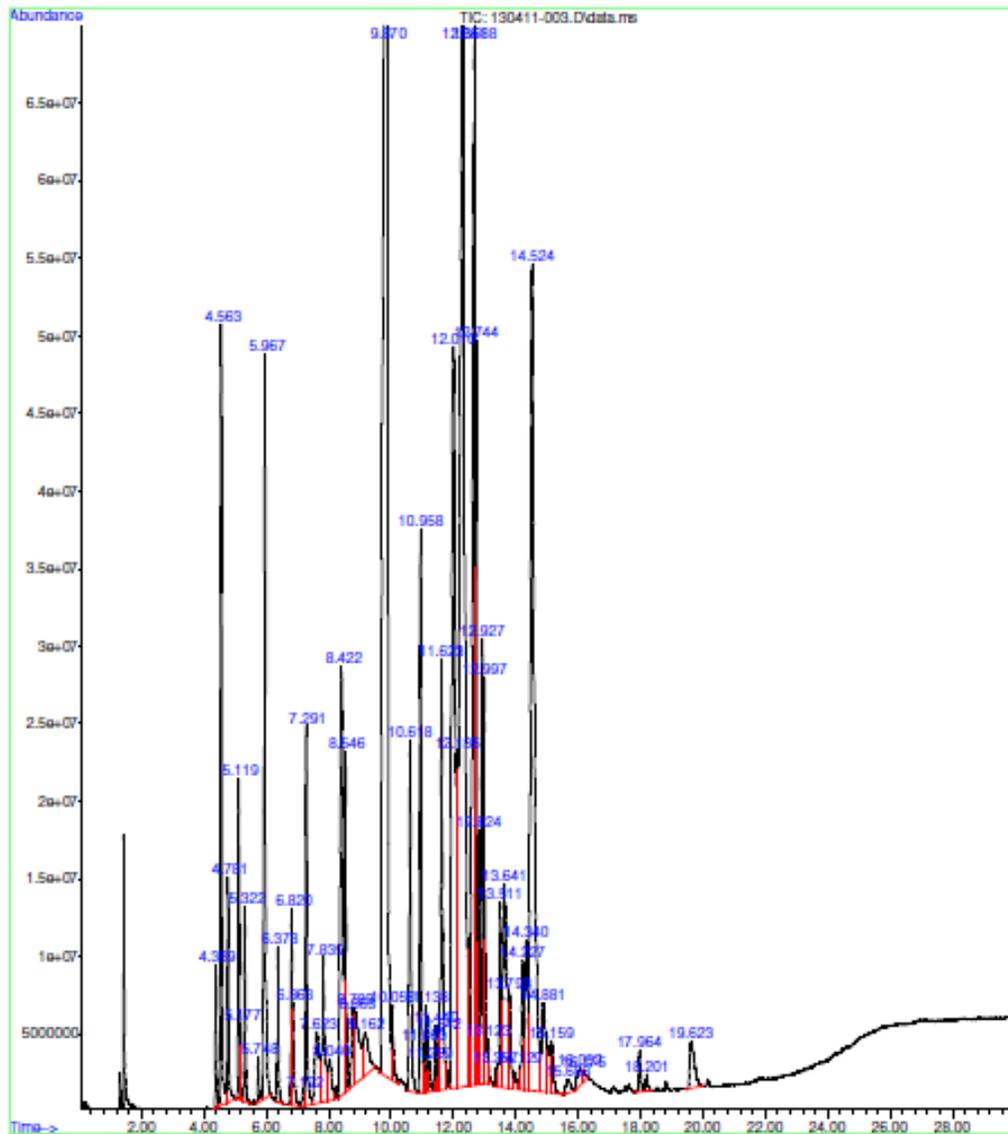
File : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\130411-004.D
Operator : AdaM
Acquired : 11 Apr 2013 10:49 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES SCAN 2.M
Instrument : GC-MSD
Sample Name: Aceite cipres 90-24
Misc Info :
Vial Number: 1



Fuente: cromatografo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

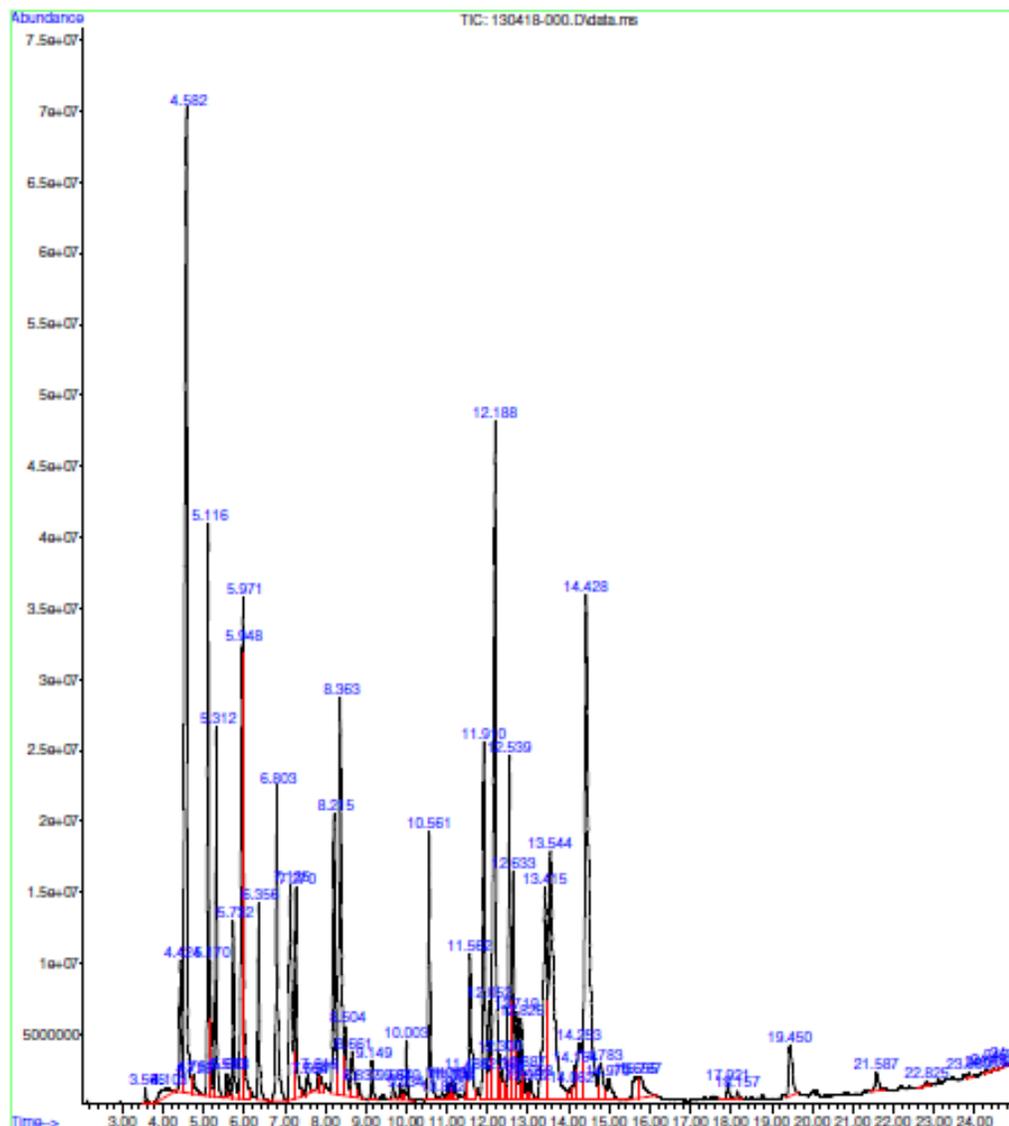
27. Cromatograma de 120 minutos y 2 400 msnm

File : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\130411-003.D
 Operator : AdaM
 Acquired : 11 Apr 2013 10:11 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES SCAN 2.M
 Instrument : GC-MSD
 Sample Name : Aceite cipres 120-24
 Misc Info :
 Vial Number : 1



28. Cromatograma de 30 minutos y 2 500 msnm

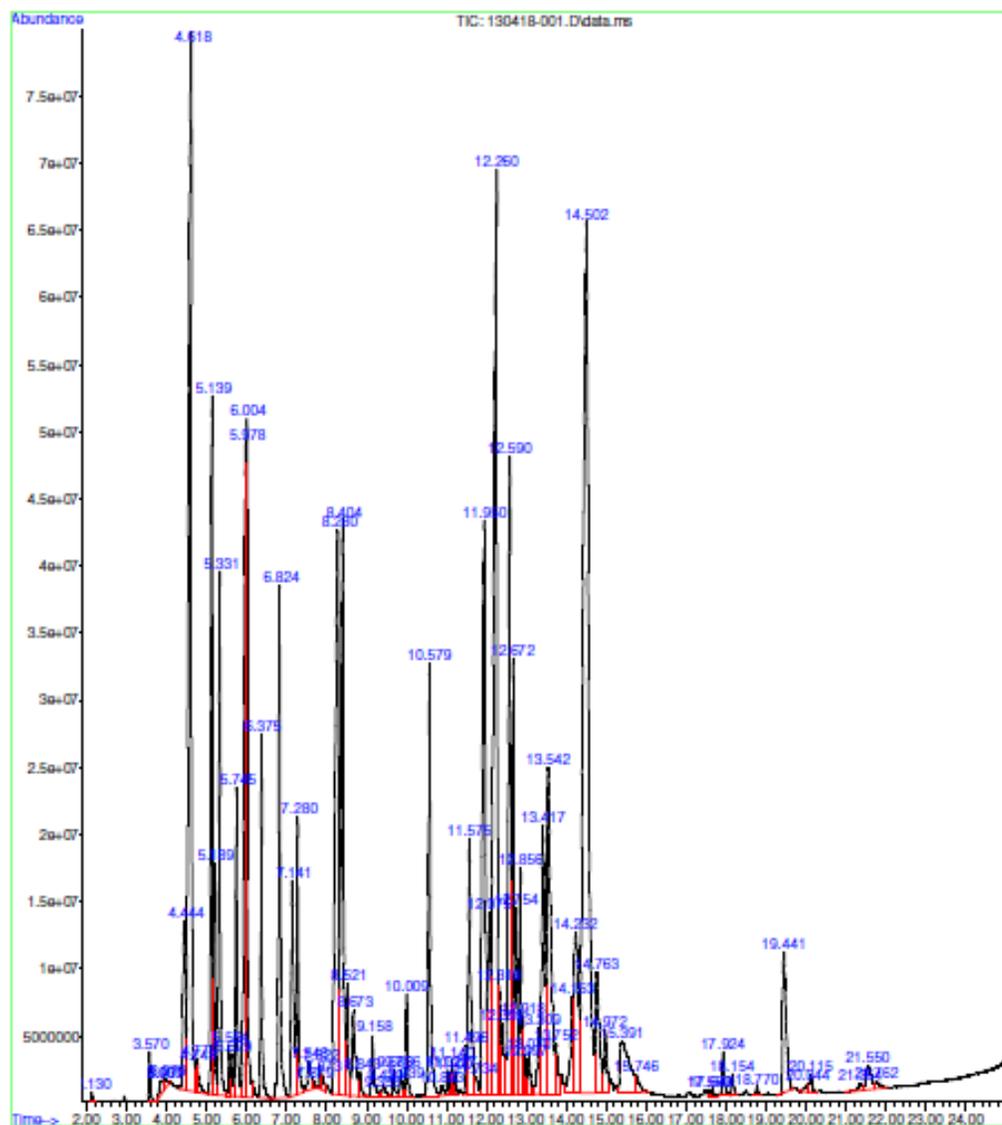
File : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\130418-000.D
Operator : Adem
Acquired : 18 Apr 2013 8:41 using AcqMethod ACRITES ESENCIALES SCAN 2.M
Instrument : GC-MSD
Sample Name : Cipres 30-25
Misc Info :
Vial Number: 1



Fuente: cromatografo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

29. Cromatograma de 60 minutos y 2 500 msnm

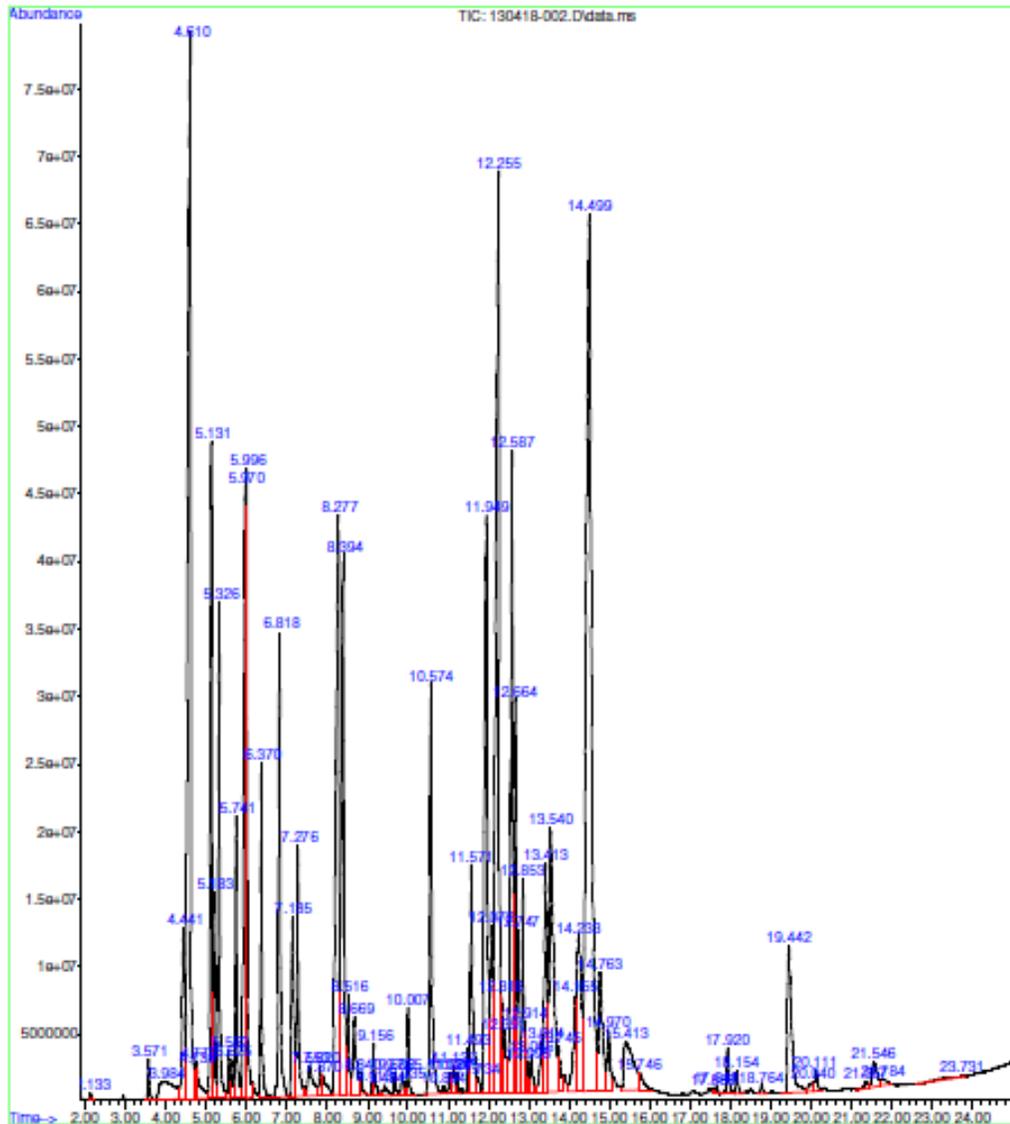
File : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\130418-001.D
 Operator : Adem
 Acquired : 18 Apr 2013 9:19 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES SCAN 2.M
 Instrument : GC-MSD
 Sample Name: Cipres 60-25
 Misc Info :
 Vial Number: 1



Fuente: cromatografo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

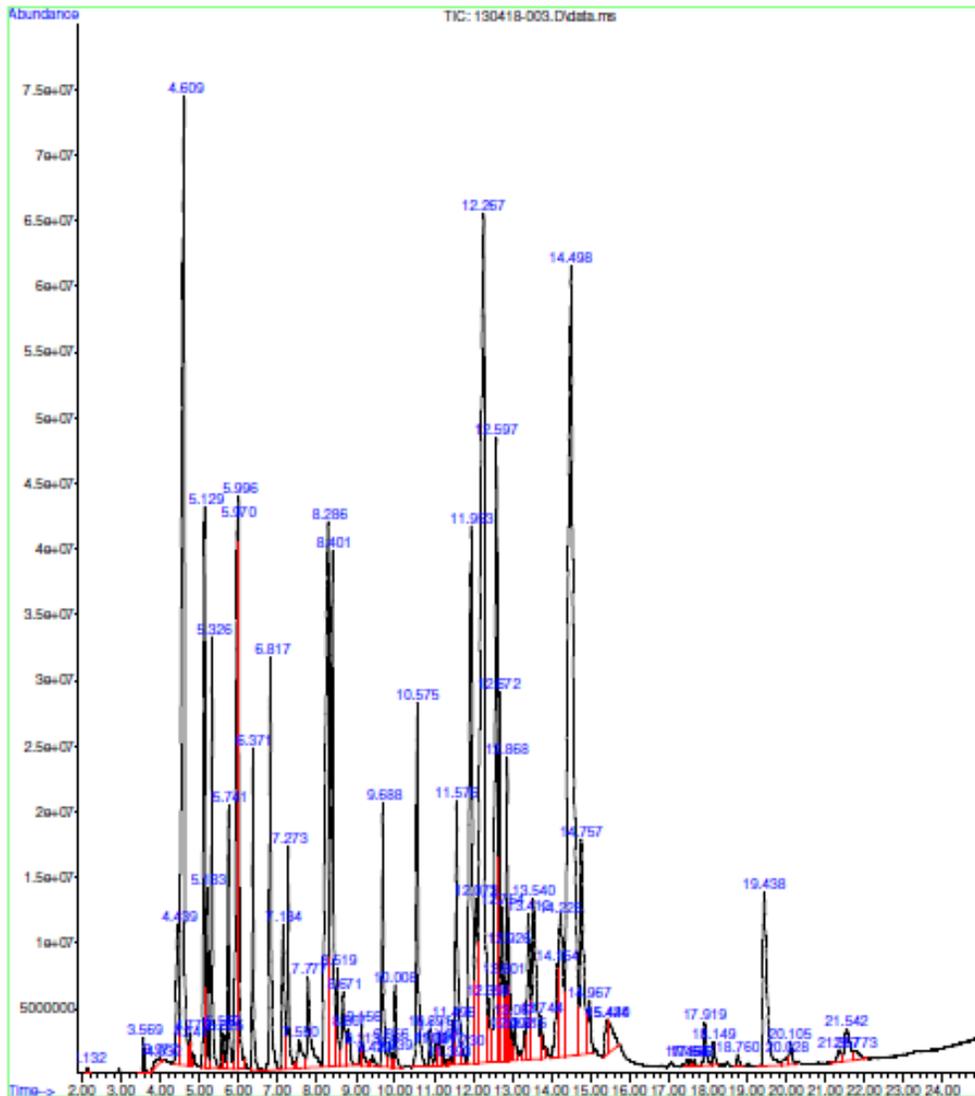
30. Cromatograma de 90 minutos y 2 500 msnm

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\130418-002.D
Operator : AdeM
Acquired : 18 Apr 2013 9:57 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES SCAN 2.M
Instrument : GC-MSD
Sample Name: Cipres 90-25
Misc Info :
Vial Number: 1



31. Cromatograma de 120 minutos y 2 500 msnm

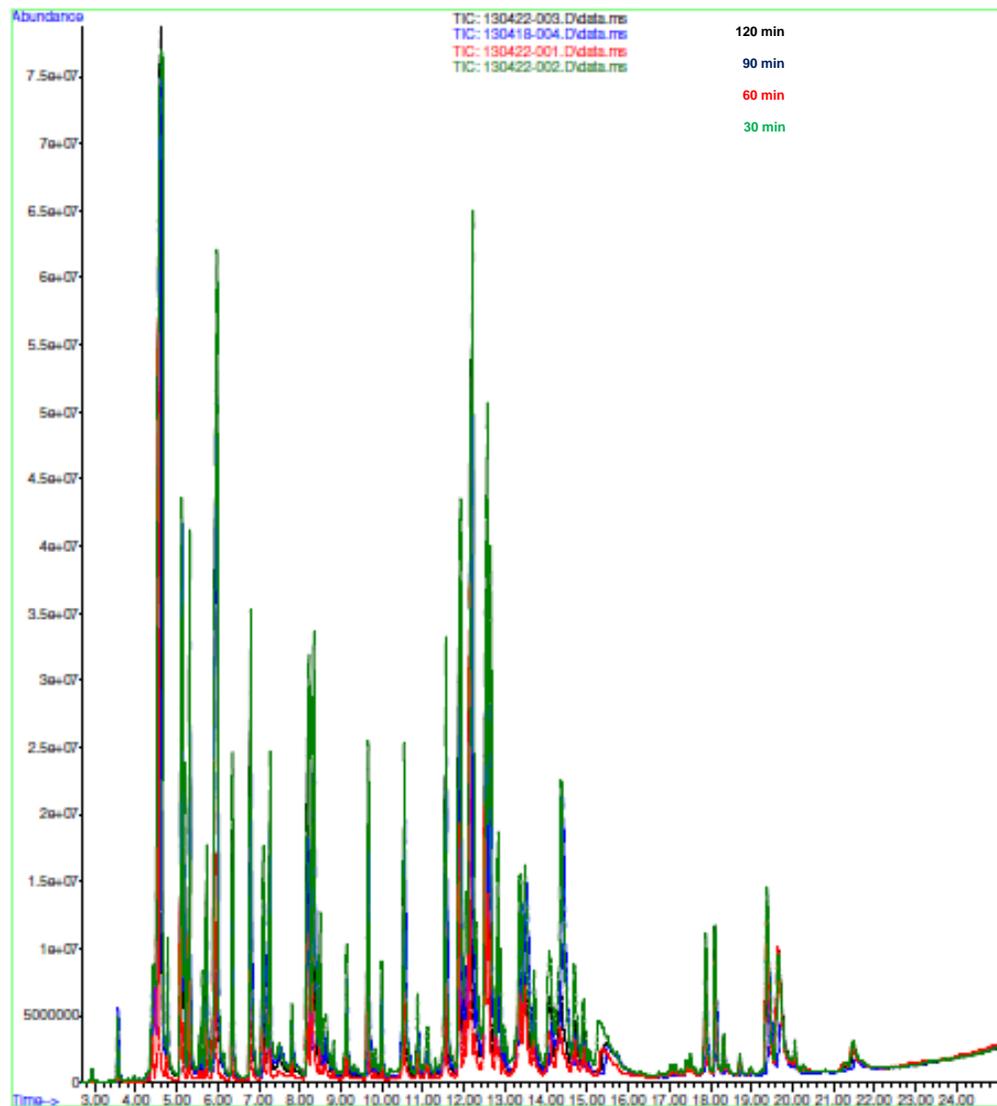
File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\130418-003.D
Operator : AdaM
Acquired : 18 Apr 2013 10:33 using AcqMethod ACRITES ESENCIALES SCAN 2.M
Instrument : GC-MSD
Sample Name : Cipres 120-25
Misc Info :
Vial Number : 1



Fuente: cromatografo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

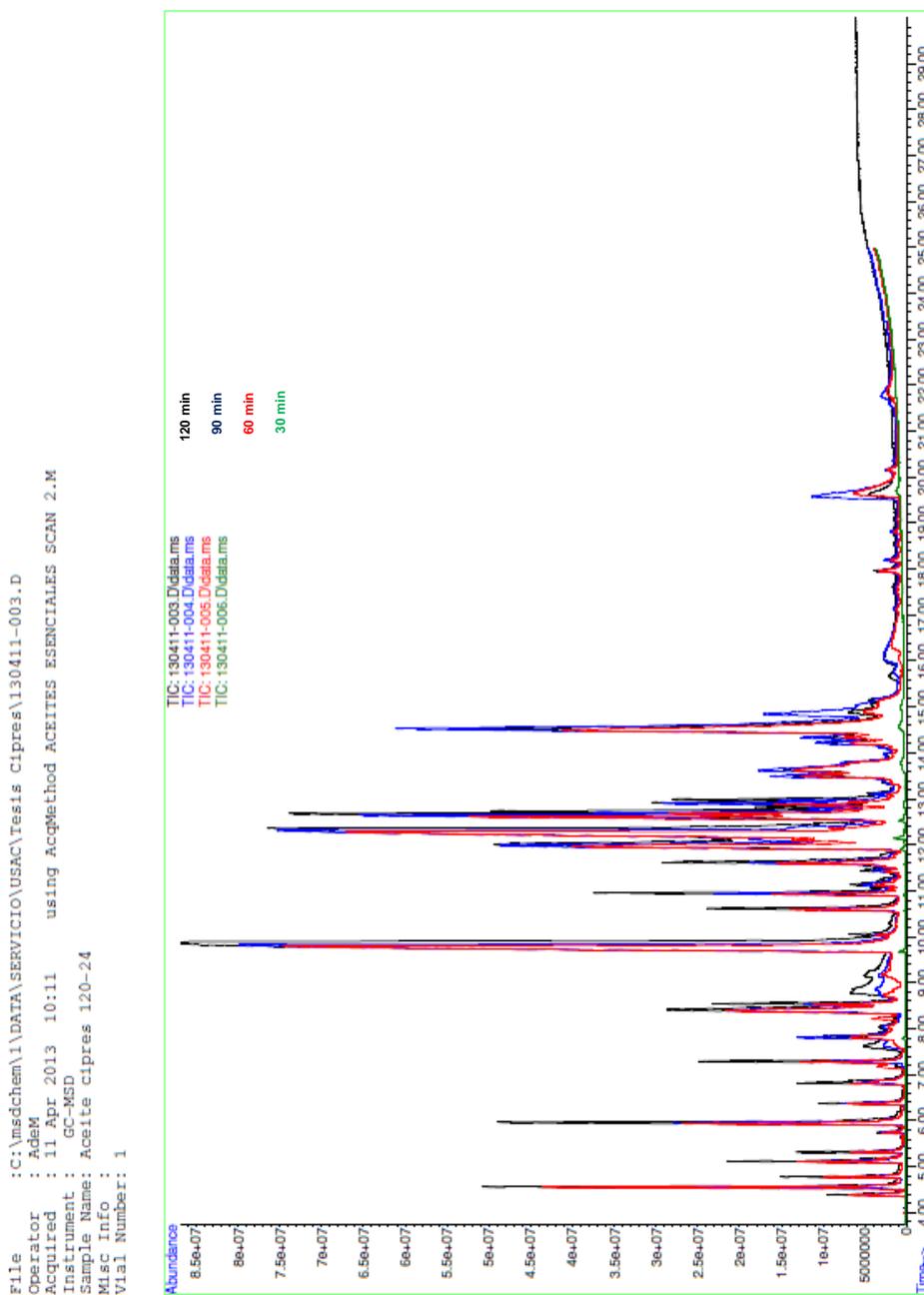
32. Comparación de los cromatogramas de los cuatro tiempos de extracción a 2 300 msnm

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis Cipres\130422-003.D
Operator : Adem
Acquired : 22 Apr 2013 10:50 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES SCAN 2.M
Instrument : GC-MSD
Sample Name : cipres 120-23
Misc Info :
Vial Number: 1



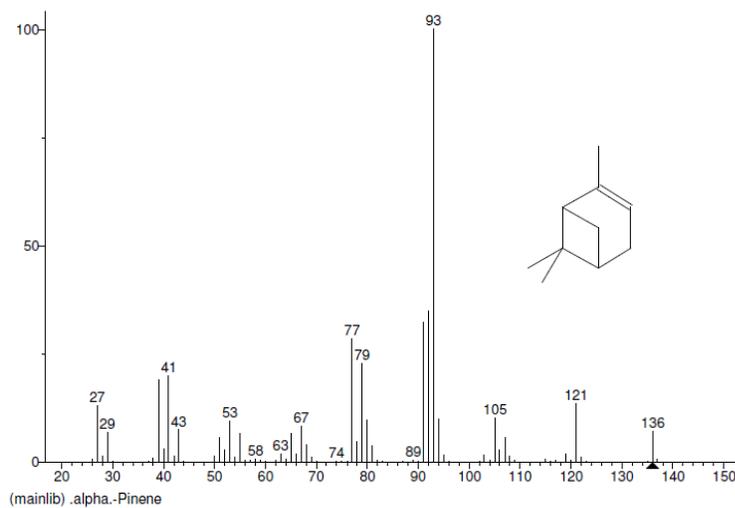
Fuente: cromatografo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

33. Comparación de los cromatogramas de los cuatro tiempos de extracción a 2 400 msnm



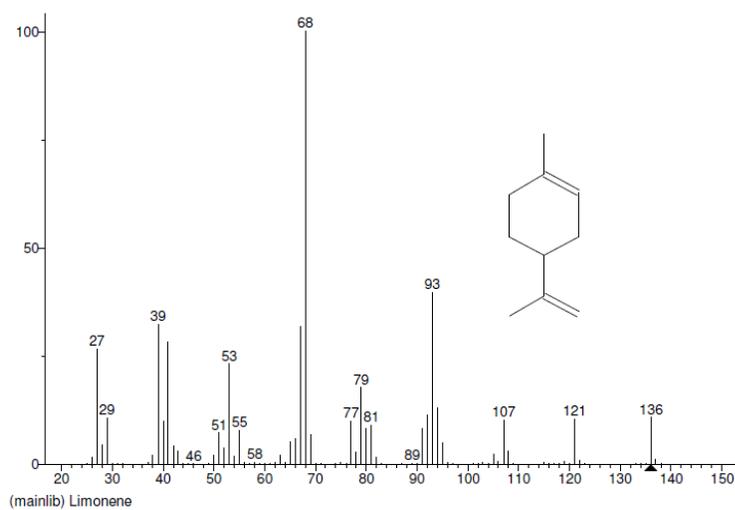
Fuente: cromatografo de gases, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

35. Espectro de masas del alfa-Pineno



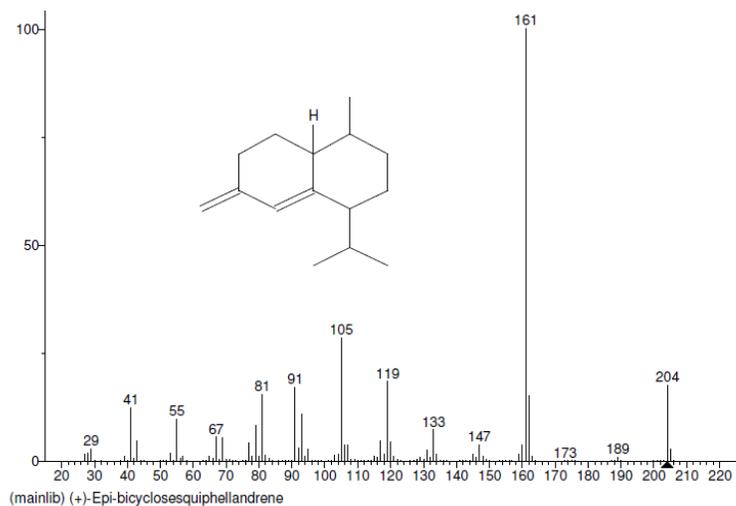
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

36. Espectro de masas del Limoneno



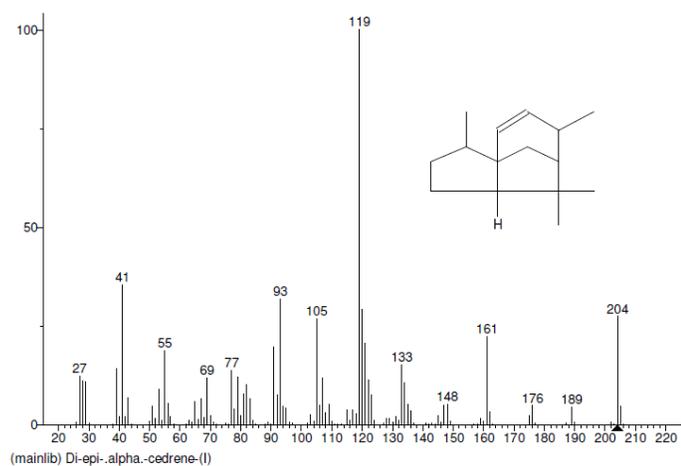
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

37. Espectro de masas del (+)-Epi-biciclosesquifelandreno



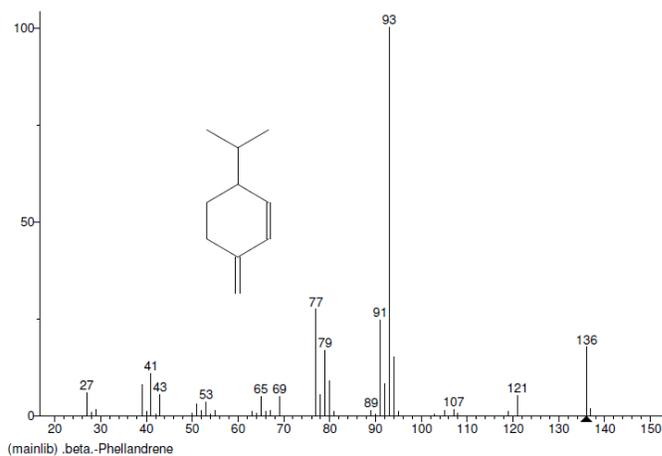
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

38. Espectro de masas del Di-epi-alfa-cedreno-(I)



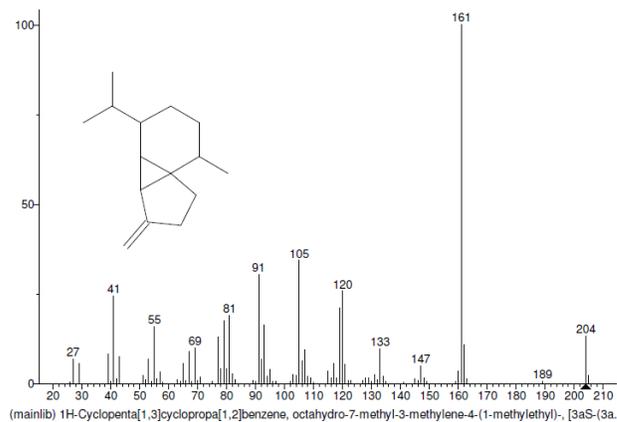
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

39. Espectro de masas del beta-Felandreno



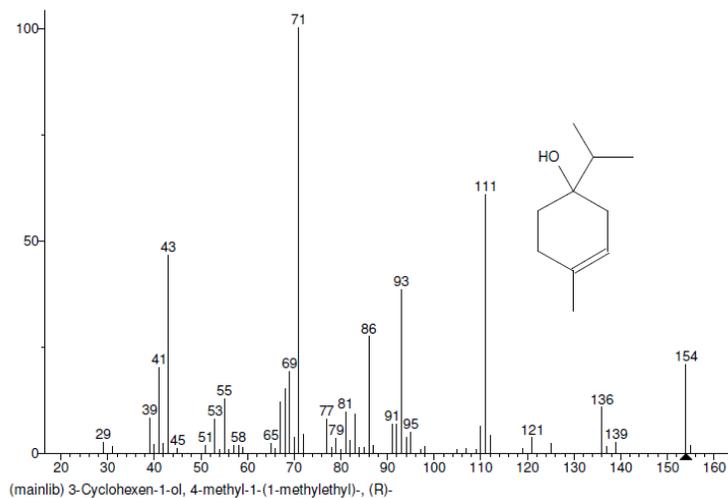
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

40. Espectro de masas del Octahidro-7-metil-3-metileno-4-(1-metiletil)-, [3aS-(3a.alfa.,3b.beta., 4.beta.,7.alfa.,7aS*)]-1H-Ciclopenta[1,3]ciclo propa[1,2]benzeno



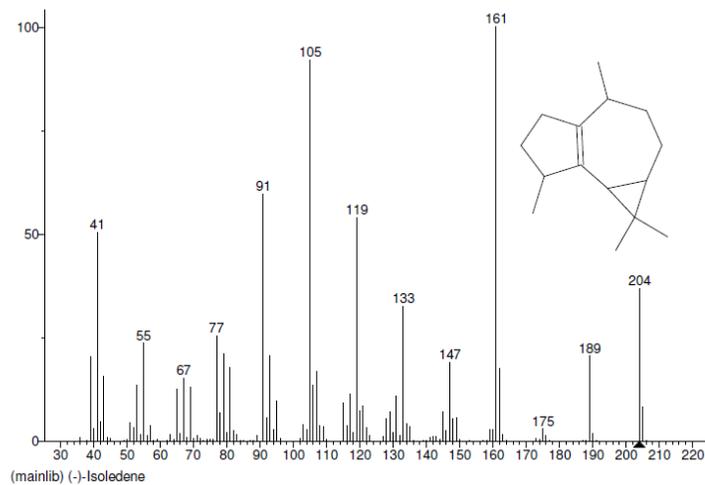
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

41. **Espectro de masas del 4-metil-1-(1-metiletil)-,(R) -3-ciclohexen-1-ol**



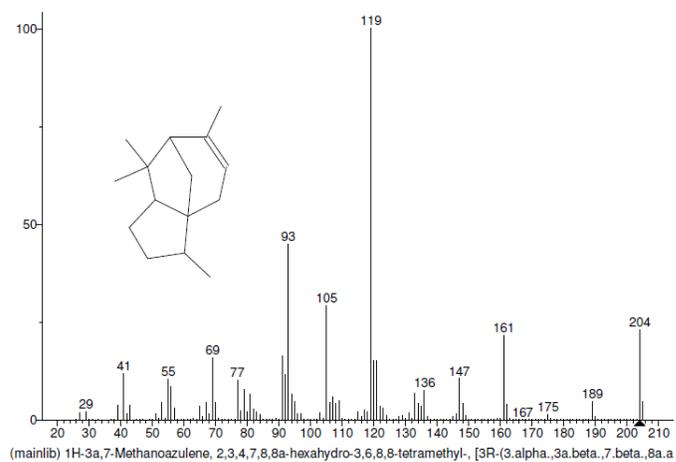
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

42. **Espectro de masas del (-)-Isoledeno**



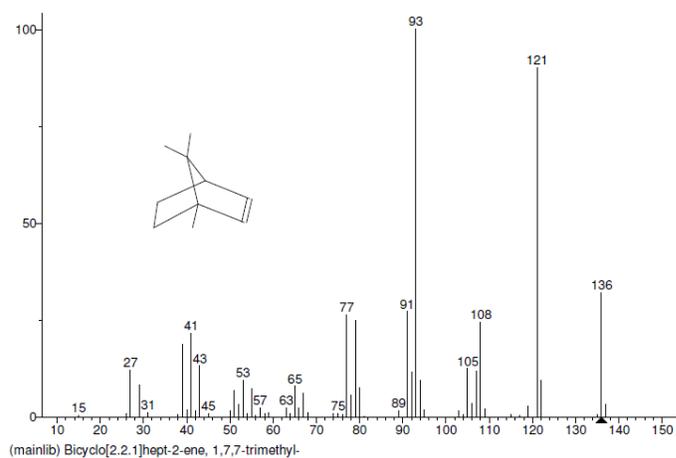
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

43. **Espectro de masas del 2,3,4,7,8,8a-hexahidro-3,6,8,8-tetrametil-, [3R-(3.alfa.,3a.beta.,7.beta.,8a. alfa.)]-1H-3a,7-metanoazuleno**



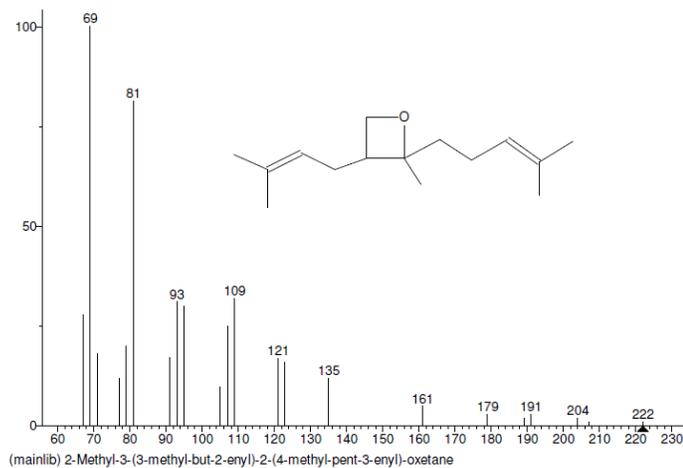
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

44. **Espectro de masas del 1,7,7-trimetil-biciclo[2.2.1]-2-hepteno**



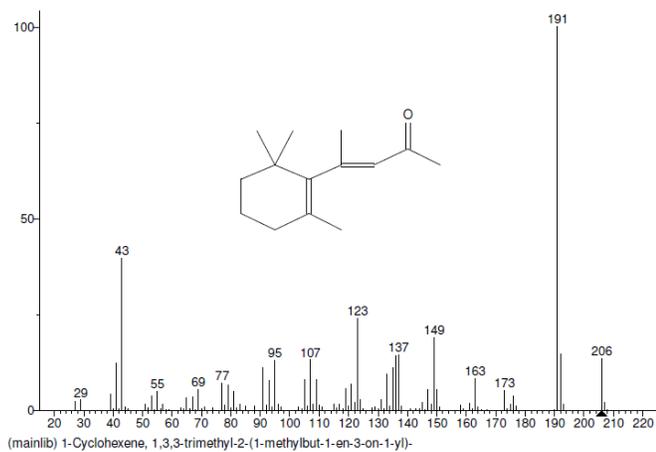
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

45. **Espectro de masas del 2-metil-3-(3-metil-but-2-enil)-2-(4-metil-pent-3-enil)-oxetano**



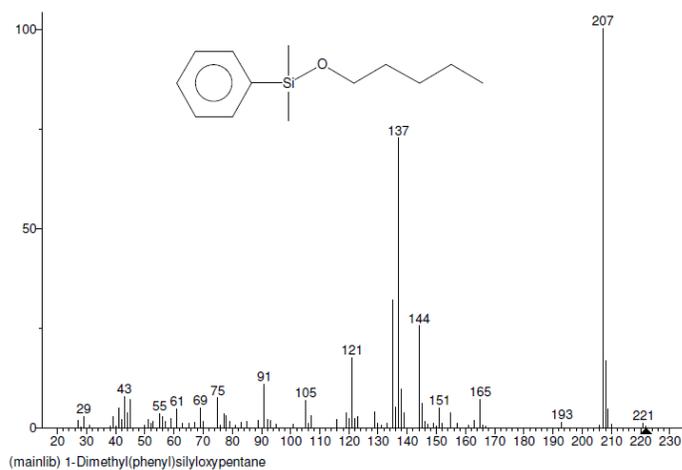
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

46. **Espectro de masas del 1,3,3-trimetil-2-(1-metilbut-1-en-3-on-1-il)-1-ciclohexeno**



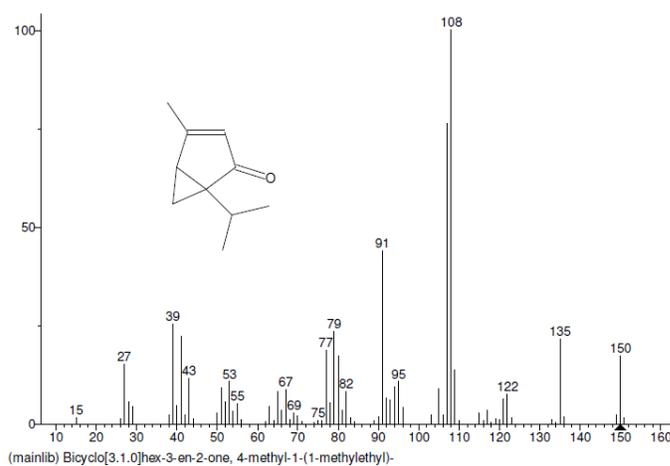
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

47. **Espectro de masas del 1-dimetil(fenil) sililoxipentano**



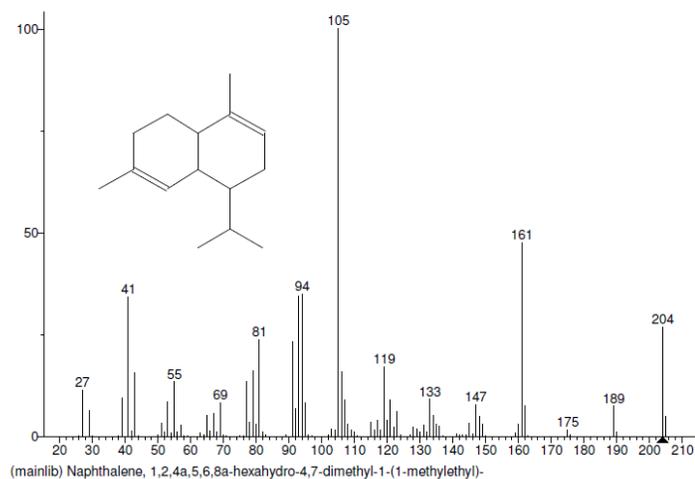
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

48. **Espectro de masas del 4-metil-1-(1-metiletil)-biciclo[3.1.0]hex-3-en-2-ona**



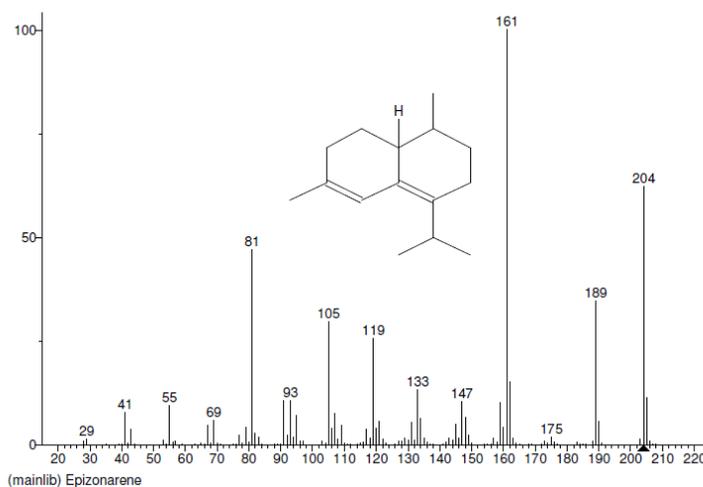
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

49. **Espectro de masas del 1,2,4a,5,6,8a-hexahidro-4,7-dimetil-1-(1-metiletil)-naftaleno**



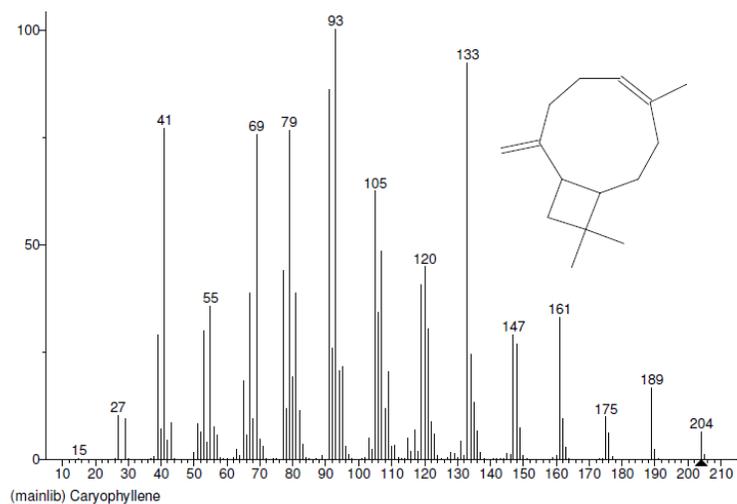
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

50. **Espectro de masas del Epizonareno**



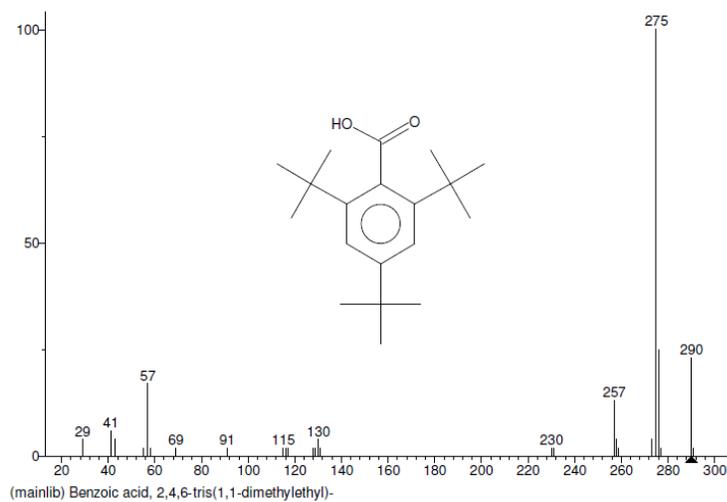
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

51. Espectro de masas del Cariofileno



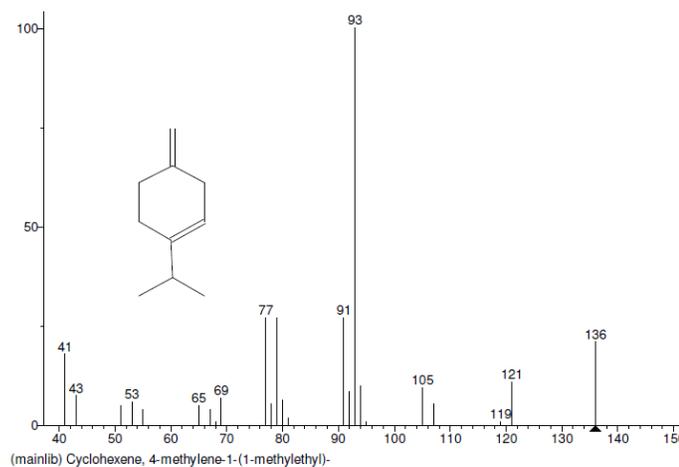
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

52. Espectro de masas del 2,4,6-tris(1,1-dimetiletil)-ácido benzoico



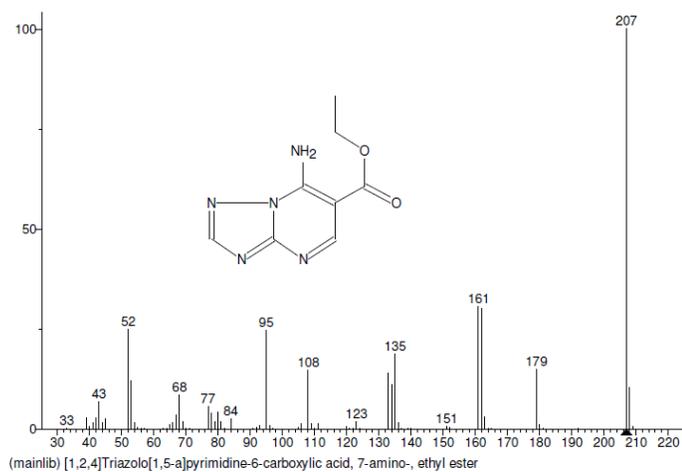
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

53. **Espectro de masas del 4-metileno-1-(1-metiletil)-ciclohexeno**



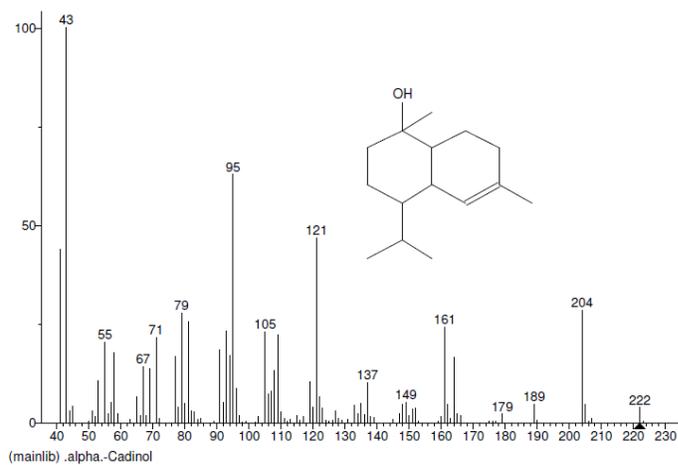
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

54. **Espectro de masas del [1,2,4]triazolo[1,5-a]pirimidina-6-ácido carboxílico, 7-amino-, etilester**



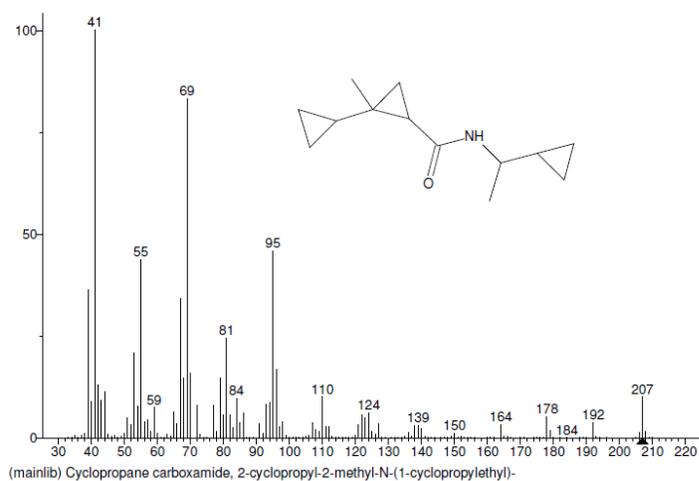
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

55. Espectro de masas del alfa-Cadinol



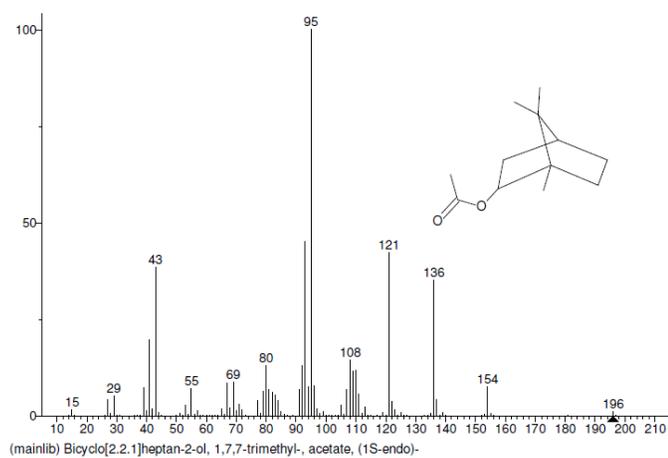
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

56. Espectro de masas del 2-ciclopropil-2-metil-N-(1-ciclopropiletil)-ciclopropano carboxamida



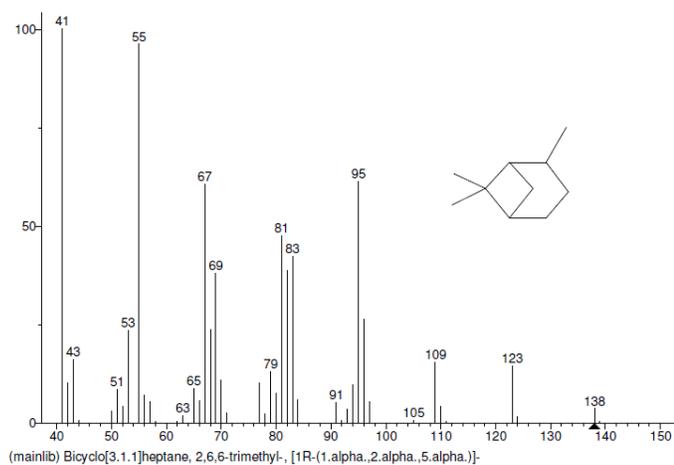
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

57. **Espectro de masas del 1,7,7-trimetil-,acetato,(1S-endo)-biciclo[2.2.1]-2-heptanol**



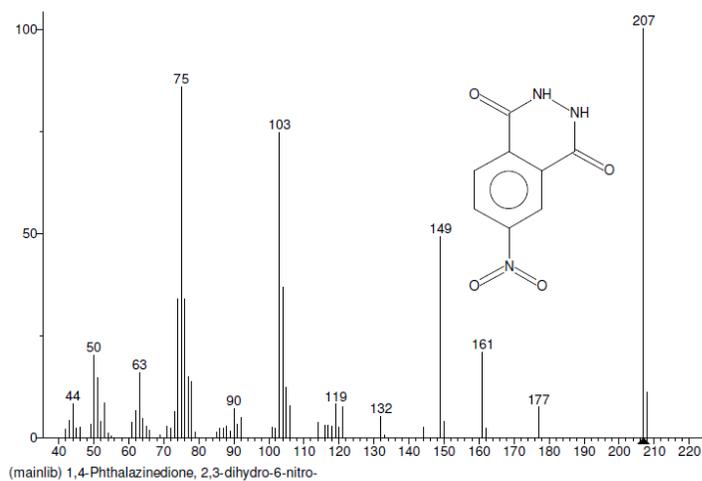
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

58. **Espectro de masas del 2,6,6-trimetil-[1R-(1.alfa.,2.alfa.,5.alfa.)]-biciclo[3.1.1]heptano**



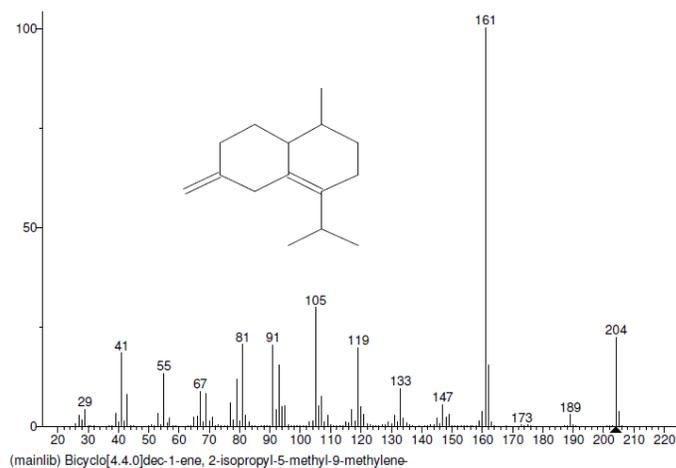
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

59. **Espectro de masas del 2,3-dihidro-6-nitro-1,4-ftalazinediona**



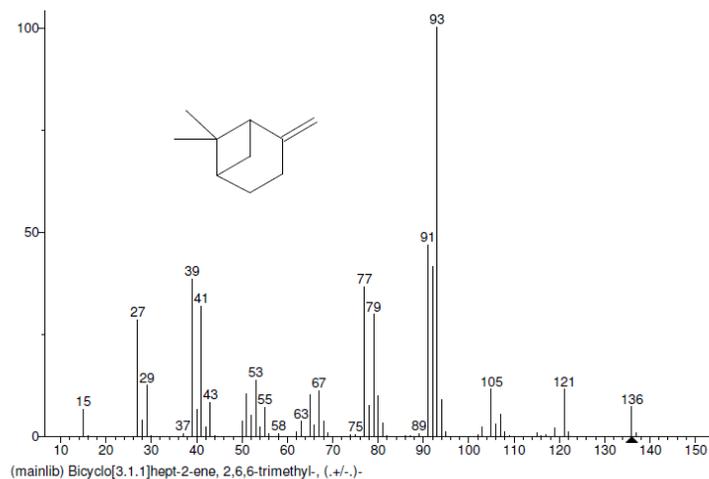
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

60. **Espectro de masas del 2-isopropil-5-metil-9-metileno-biciclo[4.4.0]dec-1-eno**



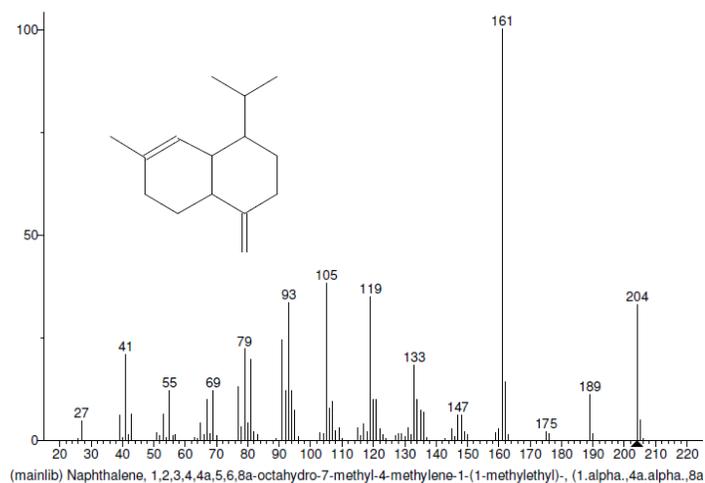
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

61. **Espectro de masas del 2,6,6-trimetil-biciclo[3.1.1]hepteno**



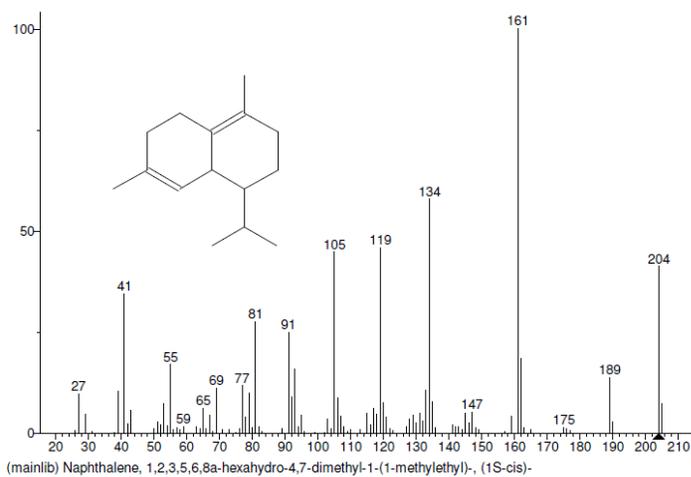
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

62. **Espectro de masas del 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahidro-7-metil-4-metileno-1-(1-metiletil)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)-naftaleno**



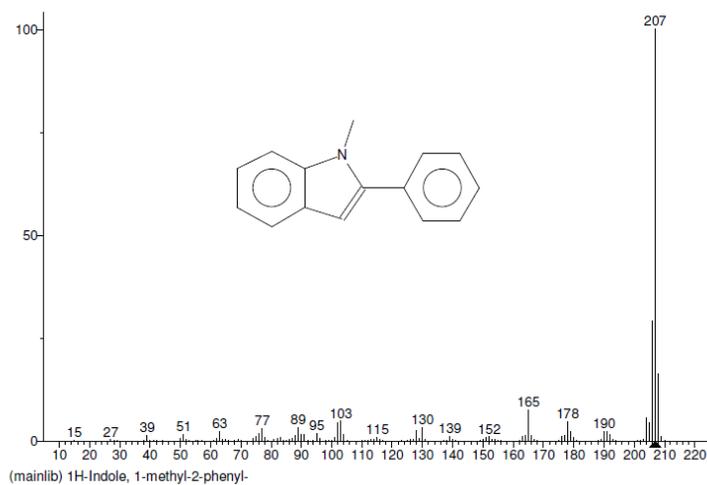
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

63. **Espectro de masas del 1,2,3,5,6,8a-hexahidro-4,7-dimetil-1-(1-metiletil)-,(1s-cis)-naftaleno**



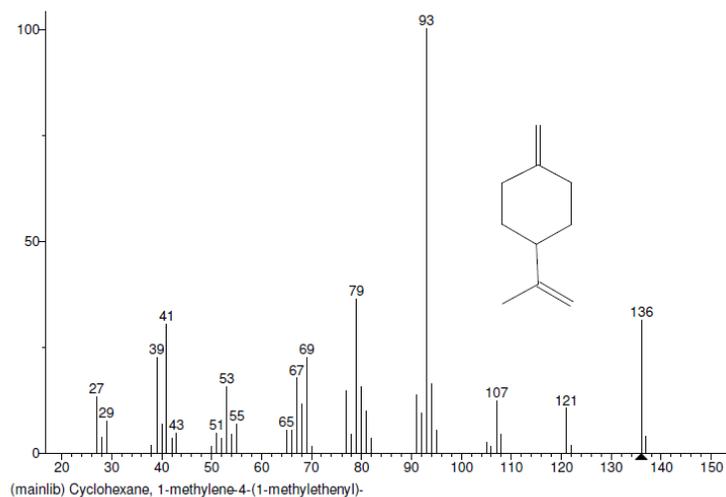
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

64. **Espectro de masas del 1-metil-2-fenil-1H-Indol**



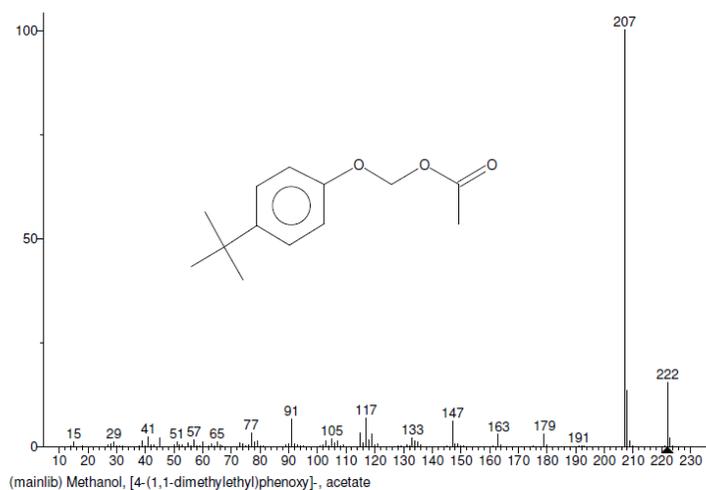
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

65. **Espectro de masas del 1-metileno-4-(1-metiletetil)-ciclohexano**



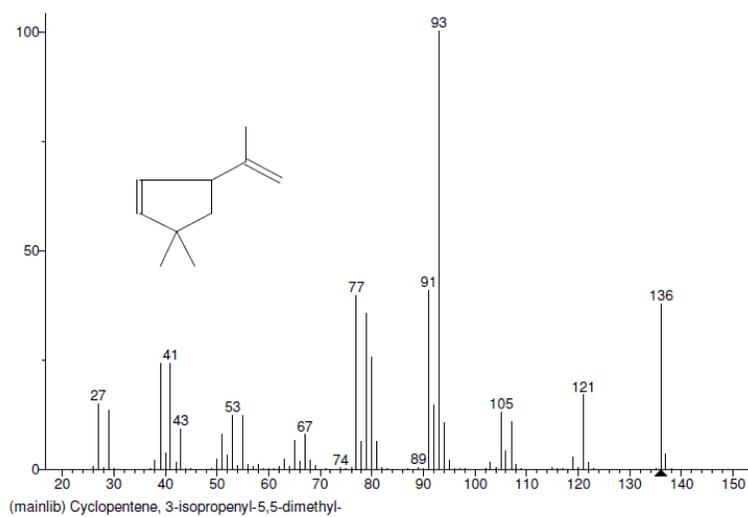
Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

66. **Espectro de masas del [4-(1,1-dimetiletíl)fenoxi]-, acetato-metanol**



Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

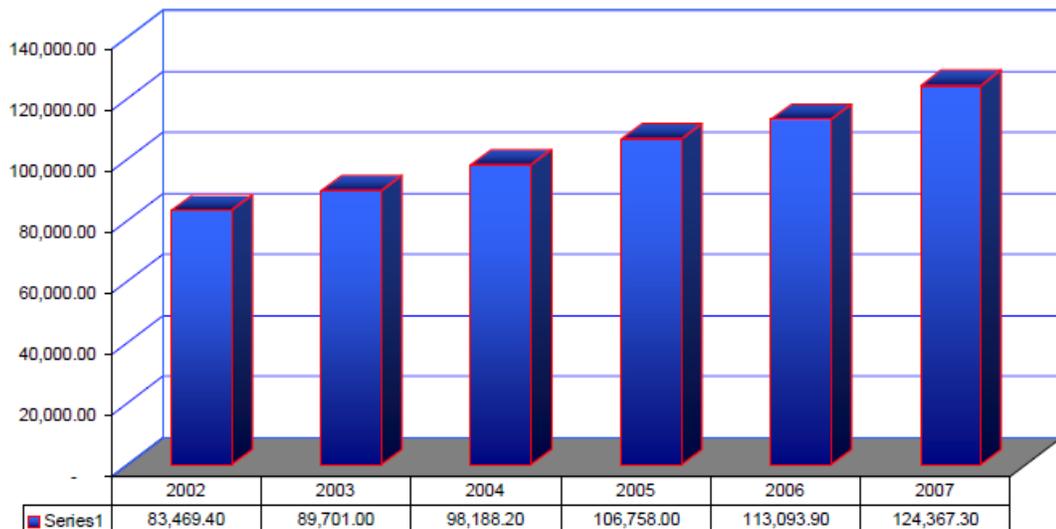
67. **Espectro de masas del 3-isopropenil-5,5-dimetil-ciclopenteno**



Fuente: biblioteca de compuestos, Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada.

ANEXOS

1. **Exportaciones totales en Guatemala: aceite esenciales, resinoides; preparaciones de perfumería, tocador y cosmética en miles de US\$/ período 2002-2007**



Fuente: base de datos de BANGUAT.

2. **Precios de aceites esenciales en unidades de Euros por kilogramo diciembre 2007**

Producto	Precio por €/kg
Clavo	20-25
Canela	14-18
Pimienta	29-36
Jengibre	30-35 (China)
Jengibre	90-120 (India)
Cardamomo	90-100 (Guatemala)
Naranja (dulce)	2,00-3,00
Naranja (agria)	45-50
Bergamota	70-90
Limón	20-25
Lima-limón	20-25
Lavanda	35-45
Lavandín	17-22
Menta	30-25
Mentol	15
Eucalipto	4,00-5,00
Geranio	60-70
Citronela	6,00-8,00
Arbol de Té	20-23

Fuente: *Market News Service – MNS.*

3. Costos del proyecto de investigación

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	MONTO UNITARIO	SUB-TOTAL
Extracciones a escala laboratorio			
Extracciones por hidrodestilación	36	Q 200,00	Q 7 200,00
Obtención de materia prima			
Viáticos	1	Q 100,00	Q 100,00
Combustible	6	Q 33,40	Q 200,40
Procesamiento de materia prima			
Molienda	3	Q 300,00	Q 900,00
Tamizado	3	Q 100,00	Q 300,00
Mediciones de Humedad	36	Q 120,00	Q 4 320,00
Análisis fisicoquímicos			
Índice de refracción	12	Q 120,00	Q 1 440,00
Cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas (CG-EM)	12	Q 150,00	Q 1 800,00
Publicidad, impresión y encuadernación			
Levantado de texto	1	Q 1.000,00	Q 1 000,00
Impresión	6	Q 100,00	Q 600,00
Encuadernación	6	Q 30,00	Q 180,00
		TOTAL	Q18 040,40

Fuente: elaboración propia.

4. Recolección de materia prima



Fuente: finca Xejolón, municipio de Patzún, Chimaltenango.

5. Hojas de ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill)



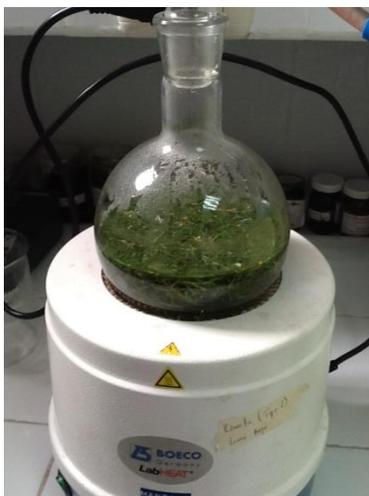
Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIECVE).

6. Granulometría y tamizaje de la materia prima



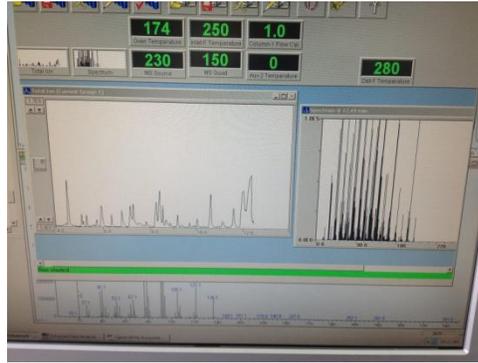
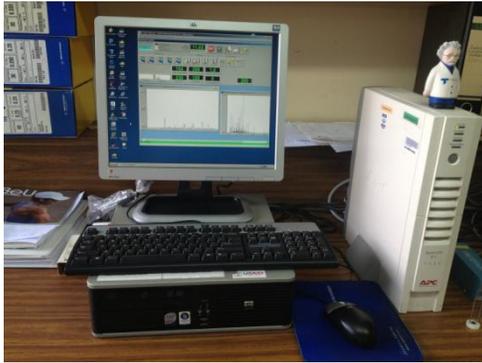
Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE).

7. Proceso de extracción por hidrodestilación



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

8. Cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas GC-MS



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

9. Informe de resultados obtenido en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)



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



O.T. No. 31458
No. Informe LIEXVE-QI 10 -2013

Interesado: Wagner Beethoven Monterroso Alonzo, Carné: 2009-15027
Estudiante de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química

Proyecto: Tesis "EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EXTRACTIVO, RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO Y CONTENIDO DE α -PINENO DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS HOJAS DE CIPRÉS (*Cupressus lusitánica Mill*) EN BASE A TRES NIVELES ALTITUDINALES OBTENIDO MEDIANTE EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN A ESCALA LABORATORIO".

Fecha: Guatemala, 29 de mayo de 2013

A continuación se presentan los resultados obtenidos del proceso de extracción de aceite esencial de ciprés (*Cupressus lusitánica Mill*) por hidrodestilación a escala laboratorio, realizando una comparación del rendimiento extractivo, rendimiento volumétrico, contenido de α -pineno e índice de refracción a tres niveles altitudinales y cuatro tiempos de extracción.

Resultados

Tabla No. 1
Porcentaje de rendimiento extractivo del aceite esencial de ciprés a 2,300 m.s.n.m a diferentes tiempos de extracción.

t (min.)	R.E (%)			\bar{X}	$\pm \sigma$
	R1	R2	R3		
120	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00
90	0.17	0.16	0.18	0.17	0.01
60	0.14	0.16	0.10	0.13	0.03
30	0.07	0.07	0.06	0.06	0.001

Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-

Página 1 de 9

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

Continuación del anexo 9.



Tabla No. 2
Porcentaje de rendimiento extractivo del aceite esencial de ciprés a 2,400 m.s.n.m a diferentes tiempos de extracción.

t (min.)	R.E (%)			\bar{X}	$\pm \sigma$
	R1	R2	R3		
120	0.16	0.18	0.19	0.17	0.02
90	0.11	0.21	0.11	0.14	0.06
60	0.09	0.11	0.09	0.10	0.01
30	0.05	0.03	0.03	0.04	0.01

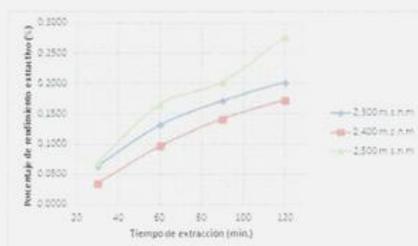
Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-

Tabla No. 3
Porcentaje de rendimiento extractivo del aceite esencial de ciprés a 2,500 m.s.n.m a diferentes tiempos de extracción.

t (min.)	R.E (%)			\bar{X}	$\pm \sigma$
	R1	R2	R3		
120	0.28	0.30	0.25	0.28	0.03
90	0.21	0.22	0.18	0.20	0.02
60	0.18	0.15	0.17	0.17	0.01
30	0.08	0.04	0.08	0.07	0.02

Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-

Gráfica No. 1
Porcentaje de rendimiento extractivo en función del tiempo de extracción para diferentes niveles altitudinales.



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-

Página 2 de 9

Continuación del anexo 9.



Tabla No. 4

Rendimiento volumétrico del aceite esencial de ciprés a 2,300 m.s.n.m a diferentes tiempos de extracción.

t (min.)	R.V (mL)			\bar{X}	$\pm \sigma$
	R1	R2	R3		
120	0.25	0.24	0.26	0.25	0.01
90	0.21	0.23	0.21	0.22	0.01
60	0.16	0.17	0.17	0.17	0.01
30	0.10	0.09	0.10	0.10	0.01

Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-

Tabla No. 5

Rendimiento volumétrico del aceite esencial de ciprés a 2,400 m.s.n.m a diferentes tiempos de extracción.

t (min.)	R.V (mL)			\bar{X}	$\pm \sigma$
	R1	R2	R3		
120	0.22	0.25	0.17	0.21	0.04
90	0.17	0.23	0.20	0.20	0.03
60	0.10	0.09	0.08	0.09	0.01
30	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00

Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-

Tabla No. 6

Rendimiento volumétrico del aceite esencial de ciprés a 2,500 m.s.n.m a diferentes tiempos de extracción.

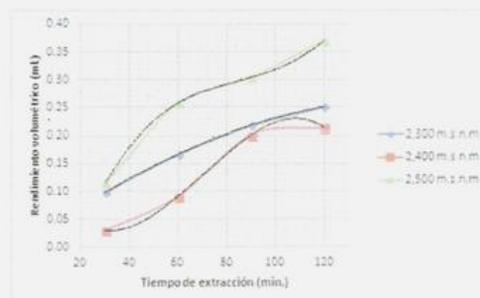
t (min.)	R.V (mL)			\bar{X}	$\pm \sigma$
	R1	R2	R3		
120	0.37	0.39	0.35	0.37	0.02
90	0.34	0.30	0.27	0.30	0.04
60	0.28	0.24	0.25	0.26	0.02
30	0.12	0.11	0.11	0.11	0.01

Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-

Continuación del anexo 9.



Gráfica No. 2
Rendimiento volumétrico en función del tiempo de extracción para diferentes niveles altitudinales.



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-

Tabla No. 7
Contenido de α -pineno del aceite esencial de ciprés a diferentes niveles altitudinales y tiempos de extracción.

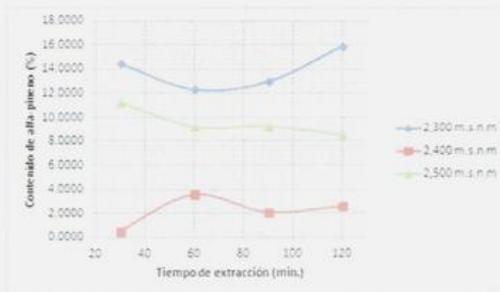
Variables		Area (%)
2300 m.s.n.m	30 (min.)	14.51
	60 (min.)	12.36
	90 (min.)	12.99
	120 (min.)	15.93
2400 m.s.n.m	30 (min.)	0.51
	60 (min.)	3.60
	90 (min.)	2.09
	120 (min.)	2.61
2500 m.s.n.m	30 (min.)	11.31
	60 (min.)	9.24
	90 (min.)	9.28
	120 (min.)	8.51

Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-

Continuación del anexo 9.



Gráfica No. 3
Contenido de α -pineno en función del tiempo de extracción para diferentes niveles altitudinales.



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-

Tabla No. 8
Índice de refracción del aceite esencial de ciprés a diferentes niveles altitudinales y tiempos de extracción.

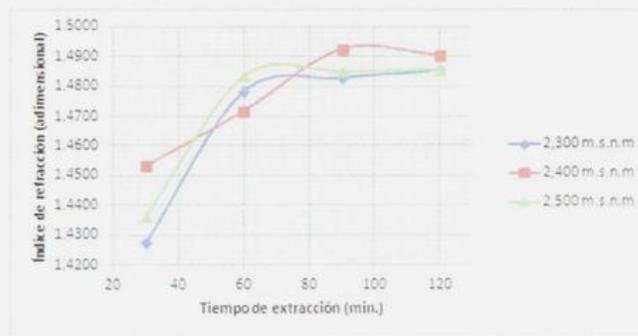
Variables		I.R	I.R Teórico
2300 m.s.n.m	30 (min.)	1.4275	1.470-1.473
	60 (min.)	1.4785	
	90 (min.)	1.4830	
	120 (min.)	1.4855	
2400 m.s.n.m	30 (min.)	1.4535	
	60 (min.)	1.4720	
	90 (min.)	1.4925	
	120 (min.)	1.4905	
2500 m.s.n.m	30 (min.)	1.4365	
	60 (min.)	1.4835	
	90 (min.)	1.4850	
	120 (min.)	1.4855	

Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-

Continuación del anexo 9.



Gráfica No. 4
Índice de refracción en función del tiempo de extracción para diferentes niveles altitudinales.



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE–

Continuación del anexo 9.



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



ANEXOS

Recolección de materia prima



Fuente: finca Xejolón, municipio de Patzún, Chimaltenango.

Página 7 de 9

Continuación del anexo 9.



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



Hojas de Ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill)



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales – LIEXVE-

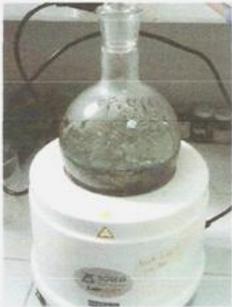
Página 8 de 9

Continuación del anexo 9.

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

Proceso de extracción por hidrodestilación

Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales – LIEXVE-


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


Vo. Bo. Inga. Digna Janet Mejicanos Jor
DIRECTORA g.i.
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC

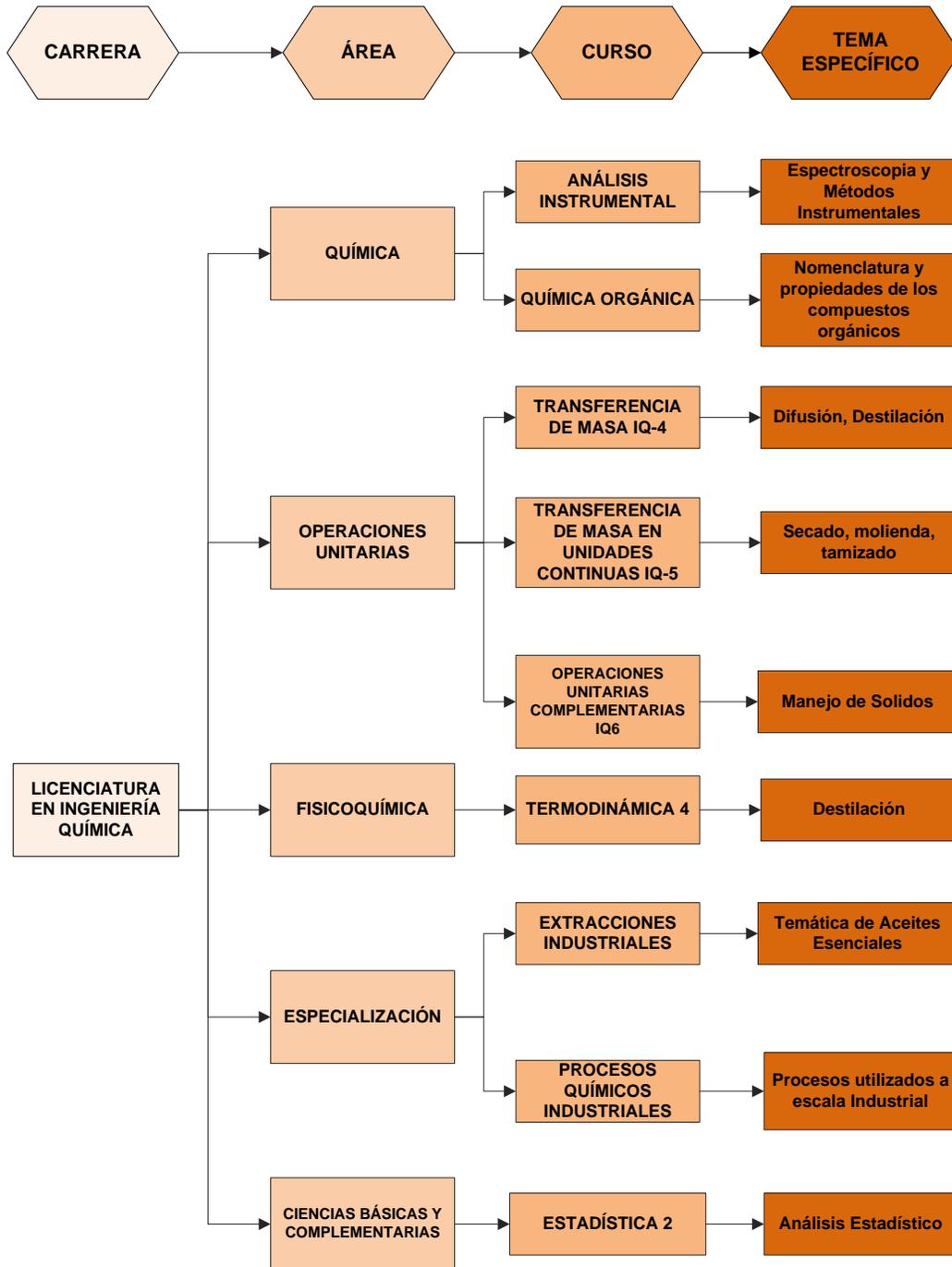


Página 9 de 9

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2415-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://ci. usac.edu.gt>

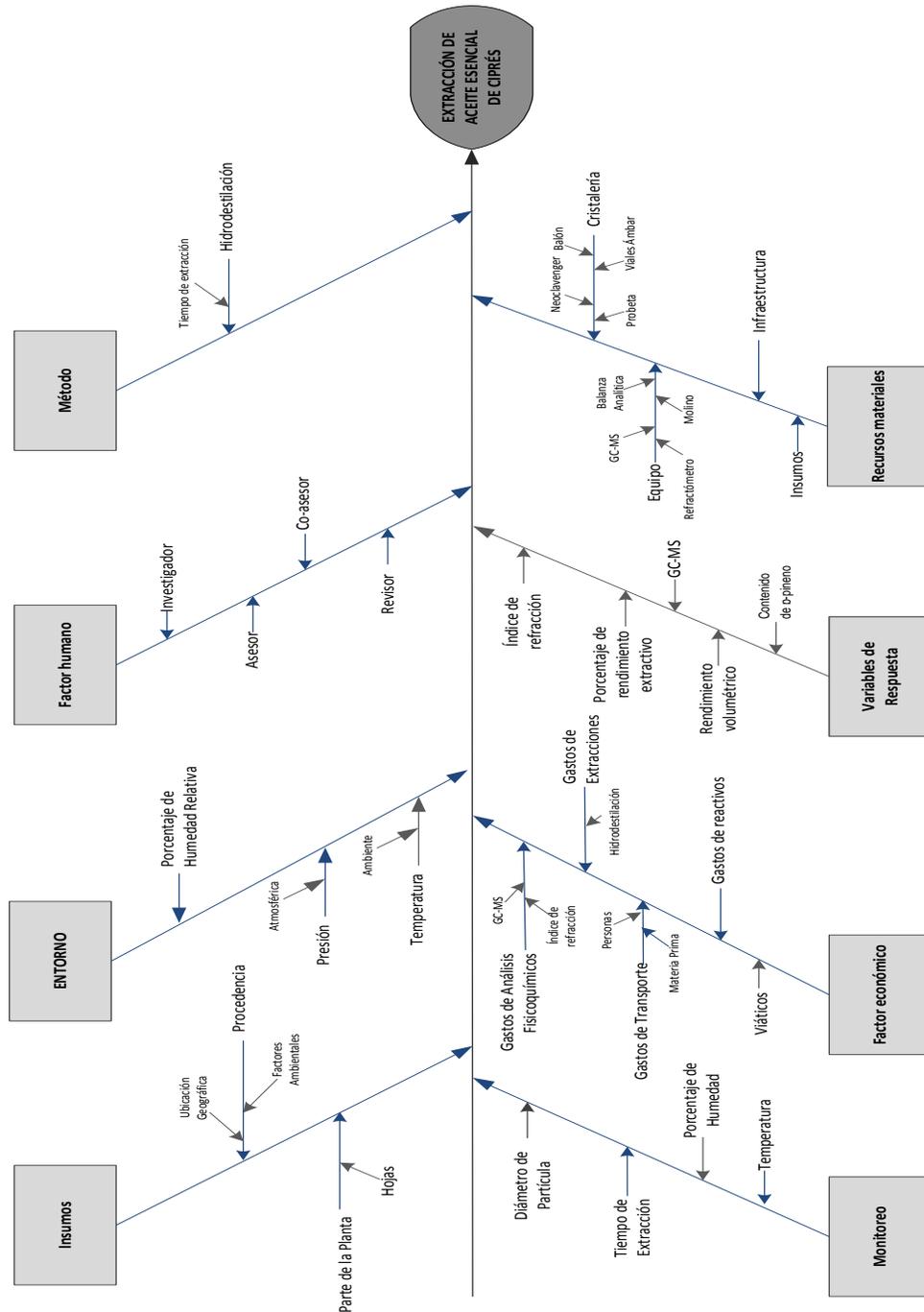
Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE).

10. Diagrama de requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.

11. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia

