



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

---

---

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA  
E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS**

**EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE COPAL Y SU APLICACIÓN EN  
PRODUCTOS COSMÉTICOS**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO INDUSTRIAL**

**P R E S E N T A**

**RICARDO IGNACIO GUTIÉRREZ GALICIA**

**DIRECTORA DE TESIS:**

**M. EN C. NORA ARGELIA TAFOYA MEDINA**



**MÉXICO D.F.**

**NOVIEMBRE 2013.**

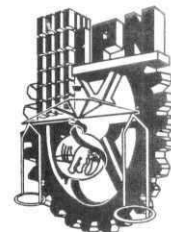


ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS

## DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO ACADÉMICO



T-108-13

México, D. F., 12 de septiembre del 2013.

Al C. Pasante:  
**RICARDO IGNACIO GUTIÉRREZ GALICIA**

Boleta:  
**2004320783**

Carrera:  
**IQI**

Generación:  
**2004-2009**

Mediante el presente se hace de su conocimiento que este Departamento acepta que la **C. M. en C. Nora Argelia Tafoya Medina**, sea orientadora en el tema que propone usted desarrollar como prueba escrita en la opción **Tesis Individual**, con el título y contenido siguiente:

***“Extracción del aceite de copal y su aplicación en productos cosméticos”.***

- Resumen.
- Introducción.
- I.- Generalidades.
- II.- Aceite esencial de copal.
- III.- Desarrollo experimental.
- IV.- Análisis de resultados.
- V.- Formulación de productos.
- Conclusión.
- Bibliografía.
- Anexos

Se concede un plazo máximo de un año, a partir de esta fecha, para presentarlo a revisión por el Jurado asignado.

M. en C. Nora Argelia Tafoya Medina  
Presidente de la Academia de  
Operaciones Unitarias

M. en C. Nora Argelia Tafoya Medina  
Director de Tesis  
Ced. Prof. 3403812

Lic. Guillermo Alberto de la Torre Arteaga  
Jefe del Departamento de Evaluación y  
Seguimiento Académico

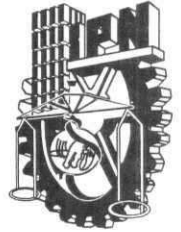
Dr. Ricardo Gerardo Sánchez Alvarado  
Subdirector Académico Interino

c. c. p.- Control Escolar.  
GATA/ams



SECRETARÍA  
DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS  
**DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO ACADÉMICO**



T-108-13

México, D. F., 30 de octubre del 2013.

Al C. Pasante:  
**RICARDO IGNACIO GUTIÉRREZ GALICIA**  
**PRESENTE**

Boleta:  
**2004320783**

Carrera:  
**IQI**

Generación:  
**2004-2009**

Los suscritos tenemos el agrado de informar a usted, que habiendo procedido a revisar el borrador de la modalidad de titulación correspondiente, denominado:

**“Extracción del aceite de copal y su aplicación en productos cosméticos”.**

encontramos que el citado Trabajo de **Tesis Individual**, reúne los requisitos para autorizar el Examen Profesional y **PROCEDER A SU IMPRESIÓN** según el caso, debiendo tomar en consideración las indicaciones y correcciones que al respecto se le hicieron.

Atentamente

**JURADO**

Ing. Vidal Francisco Camaño Domínguez  
**Presidente**

M. en C. Graciela Muñoz Alpizar  
**Vocal**

M. en C. Nora Argelia Tafoya Medina  
**Secretario**

c.c.p.- Expediente  
GATA/rcr

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A mis padres.**

Parte importante durante mi trayectoria escolar y profesional debido a que de ellos recibí amor, comprensión, regaños y palabras de aliento para seguir adelante a pesar de todas las circunstancias y por ello hoy en día tengo una vida de éxito.

### **A mi esposa:**

La persona con la cual he pasado una gran parte de mi vida, la cual me motiva a seguir avanzando y la persona que tengo a mi lado en cada una de las decisiones que he tomado durante el tiempo que llevamos juntos.

### **A mis hijos Fernanda y Ricardo**

Los cuales son fundamentales para que siga avanzando en mi vida laboral y profesional.

Los quiero mucho.

### **A mis hermanos**

Los cuales me han apoyado en los momentos difíciles y sé que puedo tener de ellos palabras de aliento para enfrentar cualquier situación

### **Profesora Nora Tafoya**

Por su amabilidad, ayuda y apoyo para la realización de esta tesis.

A todos muchas gracias por ser parte de mi vida.

# ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>CAPITULO I. GENERALIDADES</b>	
<b>I.1 Descripción.</b>	1
<b>I.2 Reseña Histórica.</b>	2
<b>I.3 Utilidad de los aceites esenciales.</b>	3
<b>I.4 Principales aplicaciones de los aceites esenciales en el mercado</b>	4
<b>I.5 Precauciones de empleo y toxicidad.</b>	5
<b>I.6 Clasificación de los aceites esenciales.</b>	5
<b>I.6.1 Consistencia.</b>	5
<b>I.6.2 Origen.</b>	6
<b>I.6.3 Naturaleza química.</b>	6
<b>I.7 Obtención de Aceites Esenciales.</b>	7
<b>I.7.1 Tratamientos directos.</b>	7
<b>I.7.2 Destilación.</b>	7
<b>I.7.3 Extracción por solventes</b>	9
<b>I.8 Fundamentos de la Destilación por arrastre de vapor.</b>	10
<b>I.9 Descripción del Proceso.</b>	12
<b>I.10 Control de Calidad de los Aceites Esenciales.</b>	14
<b>I.11 Escalas de trabajo utilizadas.</b>	15
<b>I.11.1 Escala Laboratorio.</b>	15
<b>I.11.2 Escala intermedia o banco.</b>	16
<b>I.11.3 Escala Piloto.</b>	17
<b>I.11.4 Escala Industrial.</b>	19
<b>CAPITULO II. COPAL</b>	
<b>II.1 Antecedentes.</b>	20
<b>II.2 Usos del copal.</b>	22
<b>II.2.1 Como alimento para los dioses.</b>	22

<b>II.2.2 Medicinal.</b>	22
<b>II.2.2.1 Quemado.</b>	22
<b>II.2.2.2 Untado.</b>	22
<b>II.2.2.3 Como Té.</b>	23
<b>II.2.3 Fijador de pigmentos.</b>	23
<b>II.2.4 Base de Pegamento.</b>	23
<b>II.2.5 Ofrendas, limpias y ceremonias.</b>	23
<b>II.3 Tipos de Copal.</b>	23
<b>II.4 Bases para el buen manejo de extracción de la resina.</b>	30
<b>II.5 Recomendaciones para el buen manejo dependiendo del objetivo del aprovechamiento y de la cantidad de recursos disponibles.</b>	30
<b>II.6 Composición química del copal.</b>	31
<b>II.6.1 Tabla de compuestos encontrados en los tres diferentes tipos de copales.</b>	32

### **CAPITULO III. DESARROLLO EXPERIMENTAL**

<b>III.1 Experimentación a escala laboratorio.</b>	34
<b>III.1.1 Materia prima utilizada.</b>	34
<b>III.1.2 Equipo y material utilizado para el montaje del equipo de destilación.</b>	35
<b>III.1.3 Montaje del equipo de destilación escala laboratorio.</b>	36
<b>III.1.4 Desarrollo experimental a nivel laboratorio.</b>	37
<b>III.2 Desarrollo experimental a escala piloto.</b>	41
<b>III.2.1 Materia prima utilizada.</b>	41
<b>III.2.2 Equipo utilizado.</b>	41
<b>III.3 Diagrama del destilador por arrate de vapor.</b>	42
<b>III.4 Operación del destilador por arrastre de vapor</b>	43

### **CAPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

<b>IV.1 Tabla de datos experimentales a escala laboratorio.</b>	47
<b>IV.2 Técnica de análisis instrumental.</b>	47

<b>IV.3 Análisis químico cualitativo y cuantitativo.</b>	47
<b>IV.4 Composición del aceite esencial de Copal.</b>	48
<b>IV.5 Estructuras de los componentes del aceite esencial de Copal.</b>	48
<b>IV.6 Cromatograma del aceite esencial de copal.</b>	49
<b>CAPITULO V. FORMULACIÓN DEL PRODUCTO</b>	
<b>V.1 Formulación.</b>	50
<b>V.2 Procedimiento de formulación.</b>	51
<b>V.3 Posibles usos.</b>	53
<b>CONCLUSIONES</b>	54
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	55
<b>Anexos</b>	57
<b>Certificado de Análisis Aceite esencial de copal</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>GENERALIDADES</b>	
Figura 1.1 Diagrama general del proceso de hidrodestilación.	13
Figura 1.2 Equipo de destilación por arrastre de vapor (Escala laboratorio).	15
Figura 1.3 Destilador de aceites esenciales escala bench.	17
Figura 1.4 Equipo de destilación a escala piloto.	18
Figura 1.5 Destilador estático escala industrial.	19
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>COPAL</b>	
Figura 2.1 Ubicación del género Burseracea.	21
Figura 2.2 Copal blanco de primera calidad.	24
Figura 2.3 Copal negro.	24
Figura 2.4 Copal Lágrima.	25
Figura 2.5 Cortes hechos al árbol para la extracción de resina de copal blanco.	26
Figura 2.6 Cortes hechos al árbol de copal con machete y mazo de madera.	27
Figura 2.7 Quixala y mazo herramientas principales para realizar cortes al árbol.	27
Figura 2.8 Colocación de penca de maguey.	28
Figura 2.9 Penca de recolección colocada.	28
Figura 2.10 Copal almacenado para su transportación.	29
Figura 2.11 Mujeres de la región de Maninatepec, Oaxaca procesando el copal recolectado	29
Figura 2.12 Estructuras químicas que conforman al copal.	31
Figura 2.13 Estructura química de labdano.	31



## CAPÍTULO III

### DESARROLLO EXPERIMENTAL

<b>Figura 3.1 Copal blanco en piedra</b>	<b>34</b>
<b>Figura 3.2 Copal blanco en barra.</b>	<b>34</b>
<b>Figura 3.3 Equipo de destilación escala laboratorio.</b>	<b>37</b>
<b>Figura 3.4 Copal blanco triturado.</b>	<b>38</b>
<b>Figura 3.5 Destilador cargado.</b>	<b>38</b>
<b>Figura 3.6 Destilación en proceso.</b>	<b>39</b>
<b>Figura 3.7 Sistema en ebullición.</b>	<b>39</b>
<b>Figura 3.8 Mezcla agua/aceite esencial.</b>	<b>40</b>
<b>Figura 3.9 Separación del aceite esencial.</b>	<b>40</b>
<b>Figura 3.10 Aceite esencial.</b>	<b>40</b>
<b>Figura 3.11 Hidrolato.</b>	<b>40</b>
<b>Figura 3.12 Aceite esencia almacenado.</b>	<b>40</b>
<b>Figura 3.13 Destilador por arrastre de vapor de Operaciones Unitarias.</b>	<b>41</b>
<b>Figura 3.14 Diagrama destilador por arrastre de vapor</b>	<b>42</b>
<b>Figura 3.15 Cabezal del destilador.</b>	<b>43</b>
<b>Figura 3.16 Canastilla y cuerpo de destilador.</b>	<b>43</b>
<b>Figura 3.17 Material vegetal para destilar.</b>	<b>44</b>
<b>Figura 3.18 Material vegetal dentro de canastilla.</b>	<b>44</b>
<b>Figura 3.19 Válvulas de alimentación al equipo.</b>	<b>44</b>
<b>Figura 3.20 Rotámetro del equipo.</b>	<b>44</b>
<b>Figura 3.21 Válvula de purga y suministro de vapor al destilador.</b>	<b>45</b>
<b>Figura 3.22 Embudos de separación con Aceite esencial e Hidrolato</b>	<b>45</b>
<b>Figura 3.23 Aceite Esencial con Hidrolato (primer embudo)</b>	<b>46</b>

**CAPÍTULO IV**  
**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

<b>Figura 4.1 Estructura de los compuestos identificados en el aceite esencial de copal.</b>	<b>48</b>
<b>Figura 4.2 Cromatograma del Aceite Esencial de Copal</b>	<b>49</b>

**CAPÍTULO V**  
**FORMULACIÓN DE PRODUCTOS**

<b>Figura 5.1 Ácido poliacrílico hidratándose.</b>	<b>51</b>
<b>Figura 5.2 Ácido poliacrílico hidratado.</b>	<b>51</b>
<b>Figura 5.3 Mezcla de ingredientes oleosos.</b>	<b>52</b>
<b>Figura 5.4 Mezclado fase oleosa fase acuosa.</b>	<b>52</b>
<b>Figura 5.5 Envasado del producto final.</b>	<b>53</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

**Pág.**

**CAPÍTULO I**  
**GENERALIDADES**

<b>Tabla 1.1 Principales aplicaciones de los aceites esenciales en el mercado.</b>	<b>4</b>
<b>Tabla 1.2 Parámetros utilizados para el control de calidad de los Aceites Esenciales.</b>	<b>14</b>

**CAPITULO II**  
**COPAL**

<b>Tabla 2.1 Compuestos presentes en el Copal Blanco, Oro y Negro.</b>	<b>33</b>
--	-----------

**CAPÍTULO III  
DESARROLLO EXPERIMENTAL**

<b>Tabla 3.1 Materiales utilizados para montaje destilador escala laboratorio.</b>	<b>35</b>
--	-----------

**CAPITULO IV  
ANÁLISIS DE RESULTADOS**

<b>Tabla 4.1 Rendimientos obtenidos a escala laboratorio</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 4.2 Composición del aceite esencial de Copal</b>	<b>48</b>

**CAPITULO V  
FORMULACIÓN DE PRODUCTOS**

<b>Tabla 5.1 Ingredientes y sus porcentajes para la formulación</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 5.2. Materiales a utilizar</b>	<b>51</b>

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se llevo a cabo la extracción de aceite esencial de copal a escala laboratorio y se propone su empleo para la elaboración de un producto cosmético. En el primer capítulo se hace una revisión sobre las generalidades de los aceites esenciales, descripción, aplicaciones y medidas de seguridad para su manejo, así como los métodos de obtención, tipos de procesos y análisis químicos para su caracterización.

De acuerdo a esta revisión se plantea la posibilidad de llevar a cabo la extracción del aceite esencial por medio de la técnica de destilación por arrastre de vapor, que ha mostrado tener mayores ventajas sobre otros procesos de extracción, al obtenerse aceites esenciales de mayor pureza, sin introducir etapas posteriores de separación complejas y costosas, y sin generar grandes daños al ambiente.

En el capítulo II, se describen las características, los tipos y usos más frecuentes del copal, así como los métodos de extracción de esta oleorresina. En el capítulo III, se describe el procedimiento experimental para llevar a cabo la extracción del aceite esencial a escala laboratorio y escala piloto.

En el capítulo IV, se presentan los datos obtenidos experimentalmente, los análisis químicos cualitativos del producto, y la discusión de los resultados. Con base en lo anterior, en el capítulo V se propone una aplicación del aceite de copal como insumo para la elaboración de un producto cosmético (pomada) y se presenta el procedimiento para obtenerlo.

## **INTRODUCCIÓN**

Los aceites esenciales son productos químicos que forman las esencias odoríferas de un gran número de vegetales. Este concepto se aplica también a las sustancias sintéticas obtenidas a partir del alquitrán de hulla, y a las sustancias semisintéticas preparadas a partir de los aceites esenciales naturales. Los aceites esenciales se extraen de los tejidos mediante diversos procedimientos físicos y químicos según la cantidad y estabilidad del compuesto que se pretenda obtener.

La aromaterapia o utilización terapéutica de los aceites esenciales, para cubrir los aspectos físicos y los psicológicos o mentales de la persona, puede complementar muchas formas de tratamiento y tiene sus raíces en las más antiguas prácticas curativas de la humanidad. Las plantas de las que derivan los aceites esenciales y las esencias se han utilizado durante miles de años antes de conocerse las técnicas para su destilación.

En la presente tesis se trabajará la destilación por arrastre de vapor que será el proceso por el cual se llevará a cabo la extracción de aceites esencial a partir de una oleoresina. La destilación por arrastre con vapor es una técnica para la separación de sustancias insolubles en agua y ligeramente volátiles de otros productos no volátiles. Este método de separación es interesante en el mercado de los aceites esenciales ya que son de gran importancia para la economía de muchos países e incluso en zonas marginadas, donde 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 del país. Además tiene la ventaja de que el impacto ambiental es mínimo pues la toxicidad de los aceites es pequeña y el proceso de la destilación no genera grandes daños.

La producción mundial de aceites esenciales es de miles de toneladas anuales. Los niveles de producción no son comparables para todos los aceites esenciales y hay desde los que se obtienen pocas toneladas anuales hasta los que superan los 100 toneladas. Consultando datos estadísticos de la INEGI, sobre importaciones y exportaciones de aceites esenciales a nivel mundial, se aprecia

que las primeras son mayores a las segundas, ya que contemplando los años de 1998 al 2002 se tuvieron 499 468 818 de adquisiciones en dólares, y de envíos se tuvieron 96 806 363 en dólares. Referente a México, la estadística dice que las importaciones desde el 2006 a septiembre del 2008 son de 124935 dólares y las exportaciones son de 99744 dólares.

Dada la importancia de este tema, el objetivo del presente trabajo, es llevar a cabo la extracción de aceite esencial de copal y emplearlo en la formulación de un producto cosmético. Para lograr tales propósitos, primeramente se llevará a cabo la experimentación a escala laboratorio con la resina de copal. Posteriormente se utilizará un extractor de aceites esenciales a escala piloto, instalado en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la ESIQIE.



## CAPITULO I

### GENERALIDADES

#### 1.1 Descripción

En la actualidad se definen como aceites esenciales a las fracciones líquidas volátiles de compuestos naturales responsables de emitir el aroma característico de las plantas, generalmente destilables con agua o en corriente de vapor y “los cuales se encuentran situados en cualquier órgano de la planta como: raíz, rizoma (jengibre), leño (alcanfor, copal), hoja (orégano, eucaliptus), fruto (anís), sumidades floridas (lavanda, tomillo, espliego”<sup>1</sup>; provocando que sean de gran importancia para la industria cosmética (perfumes y aromatizantes), alimentaria (condimentos y saborizantes) y farmacéutica (principios activos y saborizantes) entre otros. “Los aceites esenciales generalmente son mezclas complejas de más de 100 componentes que pueden tener la siguiente naturaleza química: compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), terpenoides (monoterpenos, sesquiterpenos y diterpenos) y fenilpropanoides.”<sup>2</sup>

“Los podemos encontrar ampliamente distribuidos en: coníferas (pino, abeto), mirtáceas (eucaliptus), rutáceas (citrus), umbelíferas (anís, hinojo), labiadas (lavanda, menta) y compuestas (manzanilla) y en los diferentes órganos tales)”<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Bruneton, J. (2001). **Farmacognosia. Fitoquímica. Plantas Medicinales**. 2ª Ed. Zaragoza: Acribia S. A., Recuperado de <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/uso-industrial-de-plantas-aromaticas-y-medicinales/contenidos/material-de-clase/tema7.pdf>, 20-08-12

<sup>2</sup> Jesús Palá Paúl, **Contribución al conocimiento de los aceites Esenciales del género “eryngium” I, en la Península ibérica**, Recuperado de <http://eprints.ucm.es/tesis/bio/ucm-t26240.pdf>, 03-07-12



“Algunas de sus propiedades físicas son:

- Líquidos a temperatura ambiente.
- Volatilidad. alta
- Recién destilados son incoloros o ligeramente amarillentos.
- Densidad inferior a la del agua.
- Alto índice de refracción.
- Muy poco solubles en agua, pero le comunican el aroma.
- Solubles en alcohol de alto porcentaje.
- Soluble en aceites fijos o grasas”<sup>3</sup>.

## 1.2 Reseña histórica

“La aparición de las primeras civilizaciones y su preocupación por la imagen o apariencia ante los demás, puede considerarse como el detonante indirecto para la búsqueda, estudio y conocimiento de los aceites esenciales.”<sup>2</sup>

“A los romanos se les atribuye este descubrimiento pero con el transcurso del tiempo, los aceites esenciales se perfeccionaron en su proceso de extracción, particularmente durante la Edad Media.”<sup>4</sup> Cuya obtención y elaboración de aceites esenciales dista mucho del método utilizado en la actualidad.

En la antigüedad se procedía a embotellar aceites grasos con flores, raíces u otras partes vegetales aromáticas y en ocasiones la previa fragmentación y maceración de la parte vegetal aumentaba la fragancia del aceite. Después de tener un tiempo de maceración, y gracias a la acción del sol, se conseguían los primeros aceites aromáticos.

---

<sup>3</sup> López Sánchez Elisa De Jesús (2012), **Extracción de Aceites Esenciales Empleando un Equipo en Desuso del Laboratorio de Operaciones Unitarias**, Tesis profesional Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, México, D.F.

<sup>4</sup> Tol Hernández Vilma Lisseth, **Comparación de la calidad del aceite esencial crudo de citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*) en función de la concentración de geraniol obtenido por medio de extracción por arrastre con vapor y maceración**, Recuperado de [http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0971\\_Q.pdf](http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0971_Q.pdf), 26-06-12





“Arnald de Villanova (1235-1311) fue el primero en describir detalladamente la destilación del aceite de trementina, además, este autor puede considerarse como el precursor de las farmacias medievales y post-medievales con sus “aguas destiladas de propiedades curativas”. Posteriormente Bombastus Paracelsus von Hohenheim (1493-1541) ratificó el uso de sustancias vegetales y demostró la parte efectiva de algunas drogas que extraía de ellas. Desde el inicio del siglo XVI y hasta el siglo XVIII, se sucedieron los avances en la elaboración de los aceites esenciales, pero en el siglo XVIII comenzó la revolución química con el planteamiento de hipótesis sobre la naturaleza de las sustancias que componen estas mezclas y la forma de separarlas para conseguir su identificación. J. J. Houton (1818) fue el primero en detectar la relación carbono/hidrógeno, aunque no fue hasta 1887 cuando O. Wallach, considerado “el Mesías de los terpenos”, sentó las bases sobre los mismos y su clasificación. A partir de entonces las investigaciones de los aceites esenciales se han centrado en la separación e identificación de sus compuestos.”<sup>2</sup>

### **1.3 Utilidad de los aceites esenciales**

“Estos se utilizan para realizar masajes corporales, mejorar la concentración, aumentar la energía corporal y, principalmente, su uso radica en la aromaterapia, la cual utiliza los diferentes aromas para aumentar determinadas actividades emocionales, espirituales y físicas en el ser humano.”<sup>4</sup>



### 1.4 Principales aplicaciones de los aceites esenciales en el mercado.

MERCADO	APLICACIONES
ADHESIVOS	Pegamentos para porcelanas y caucho.
INDUSTRIA ALIMENTARIA ANIMAL	Comidas preparadas y piensos.
INDUSTRIA AUTOMOVILÍSTICA	Limpiaparabrisas y ambientadores.
REPOSTERÍA	Condimentos, saborizantes y aromatizantes.
CHICLES	Saborizantes.
CONDIMENTOS	Saborizantes, colorantes.
DENTÍFRICOS	Saborizantes, colorantes.
INSECTICIDAS	Repelentes, aromatizantes.
INDUSTRIA ALIMENTARIA	Aromatizantes, saborizantes, bebidas, sopas, adobos.
PRODUCTOS DE LIMPIEZA	Aromatizantes.
PINTURA	Disolventes, barnices.
PERFUMERIA Y COSMÉTICA	Aromatizantes, colorantes.
INDUSTRIA FARMACÉUTICA	Principios activos, aromatizantes, saborizantes, colorantes.
INDUSTRIA TABAQUERA.	Aromatizantes.

Tabla 1.1. Principales aplicaciones de los aceites esenciales en el mercado.



### 1.5 Precauciones de empleo y toxicidad.

Los aceites esenciales son compuestos prácticamente puros y considerados como fuerzas vivificantes, calmantes y vigorizantes de la naturaleza. Poseen cualidades terapéuticas muy poderosas y por lo tanto deben emplearse con moderación y precaución, ya que a dosis elevadas resultan tóxicos para el organismo provocando alguno de los siguientes problemas:

- “Irritación
- Aparición de manchas en la piel (aceites fotosensibles)
- Abortos.
- Convulsiones
- Intoxicación
- Efectos narcóticos y estupefacientes
- Distorsión de la vista
- Despersonalización
- Depresión
- Espasmos y asfixia
- Lesiones cancerosas”<sup>4</sup>

### 1.6 Clasificación de los aceites esenciales

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

#### 1.6.1 Consistencia.

- Esencias: líquidos volátiles a temperatura ambiente.
- Bálsamos: Son de consistencia más viscosa, poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización. Se caracterizan por tener un alto contenido de ácido benzoico y cinámico, así como sus correspondientes ésteres. algunos ejemplos son: el bálsamo de copaiba, el bálsamo del Perú, Benjuí, bálsamo de Tolú, Estoraque, etc.
- Resinas: Son productos amorfos sólidos o semisólidos de naturaleza química compleja (clasificación de aceites esenciales)



- Oleorresinas: son mezclas homogéneas de resinas y aceites esenciales. Éstos tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas
- Gomorresinas, son extractos naturales obtenidos de un árbol o planta. Están compuestos por mezclas de gomas y resinas.

### 1.6.2 Origen.

- Naturales: se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su rendimiento tan bajo son muy costosas.
- Artificiales: se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes
- Sintéticos: son los producidos por la combinación de sus componentes los cuales son la mayoría de las veces producidos por procesos de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes.”<sup>1</sup>

### 1.6.3 Naturaleza química

A pesar de su composición compleja con diferentes tipos de sustancias, los aceites esenciales se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de sustancias que son los componentes mayoritarios.

- Ricos en monoterpenos se denominan aceites esenciales monoterpenoides (p.ej. hierbabuena, albahaca, salvia, etc.).
- Los ricos en sesquiterpenos son los aceites esenciales sesquiterpenoides (p.ej. copaiba, pino, junípero, etc.).
- Los ricos en fenilpropanos son los aceites esenciales fenilpropanoides (p.ej. clavo, canela, anís, etc.).”<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> M. Martínez Alejandro, **Aceites Esenciales**, Recuperado de <http://farmacia.udea.edu.co/~ff/esencias2001b.pdf>, 20-08-12



## 1.7 Obtención de los aceites esenciales.

Los aceites esenciales se pueden extraer de las muestras vegetales mediante varios métodos siempre y cuando estos estén adaptados a la naturaleza y propiedades de las mismas esencias o de los cuerpos aromáticos de donde proceden como son: Tratamientos directos (expresión y exudación), destilación (ebullición del agua, vapor de agua y vapor saturado), extracción (solventes volátiles y enfleurage) y con fluidos supercríticos.

### 1.7.1 Tratamientos directos

- En la expresión: el material vegetal es exprimido entre dos esponjas sujetas sobre dos discos un fijo y otro móvil, el aceite esencial es liberado, recolectado y filtrado.

Este método es utilizado para el caso de las esencia de cítricos.

- La exudación. Es usado para aislar de los árboles y arbustos sus gomorresinas. Este método no cuenta con alguna técnica general, solo depende de las condiciones de explotación de cada una de los lugares donde se recolectan. Prácticamente consiste en realizar en el tronco incisiones de ciertos tamaños por medio de herramientas con filo para que la gomorresina escurra y pueda ser recolectada en algún recipiente, mientras que en otras ocasiones es necesario someter al tronco a tratamientos de calor o golpes.

### 1.7.2 Destilación

- Por ebullición de agua. La muestra vegetal se coloca generalmente fresca y cortada en trozos pequeños, se sumerge en agua a su temperatura de ebullición la cual es calentada por medio de fuego directo o mediante vapor que llega a una camisa o serpentín cerrado, la esencia que es arrastrada por la evaporación del agua posteriormente es condensada, recolectada y separada de la fracción acuosa.



Esta técnica es muy utilizada especialmente para esencias fluidas, las cuales son comúnmente utilizadas para la industria perfumera.

Se utiliza a nivel industrial debido a que genera un alto rendimiento, la pureza del aceite obtenido es alta y no requiere tecnología sofisticada para llevar a cabo el proceso.

En este método se genera una máxima acción química del agua sobre el material vegetal, llevándose a cabo reacciones de hidrólisis y oxidaciones (principalmente).

- Con vapor de agua. Consiste en hacer pasar vapor a través del material vegetal el cual es apilado en columnas o canastas de acero inoxidable. “Solo se vaporizan aquellas cantidades de aceite esencial con las cuales el vapor se pone en contacto íntimo, ya que este debe ser primeramente extraído de las glándulas y posteriormente pasar a la superficie por ósmosis.

Este método se aplica a la obtención de aceites esenciales porque en primer lugar el aceite, mediante la acción térmica, fisicoquímica e incluso química del vapor de agua abandona fácilmente la materia vegetal, y en segundo lugar, porque aquel, una vez aislado, destila a temperatura muy inferior a su punto de ebullición.

- Destilación con vapor saturado. Este método es muy similar al descrito anteriormente, la diferencia estriba en el tipo de vapor usado que en este caso es saturado.

La mayoría de las plantas aromáticas hoy en día se destilan con vapor vivo y directo a presión atmosférica porque mejora el costo, la velocidad de destilación y la capacidad de producción, sin embargo cuando el aceite es susceptible de alterarse por la acción de temperaturas elevadas, resulta recomendable aplicar vacío.”<sup>3</sup>



### 1.7.3 Extracción por solventes

a) Con solventes volátiles. La muestra vegetal se coloca seca y molida, posteriormente se pone en contacto con los solventes tales como alcohol, cloroformo, éter de petróleo entre otros. Estos solventes no solo solubilizan la esencia sino también solubilizan y extraen otras sustancias como grasas y ceras, obteniéndose al final una esencia con un alto grado de impurezas, posteriormente esta mezcla se decanta en los extractores para separar el agua de las impurezas insolubles y posteriormente se elimina el disolvente por evaporación a vacío recuperándose así el solvente para un nuevo tratamiento.

Su utilización es a escala laboratorio, pues a nivel industrial resulta costoso por el valor comercial de los solventes, además se obtienen esencias con impurezas las cuales requieren de otro proceso de separación y dichos solventes generan un alto riesgo de inflamabilidad y explosión

De este proceso de extracción “se puede obtener dos tipos de productos inmediatos, que son, la esencia concreta obtenida a partir de la flor (esencia impurificada por ceras) y los oleorresinoides obtenidos en frío a partir de materiales secos, bálsamos, resinas, gomas, (esencia contaminada por resinas de color obscuro).”<sup>3</sup>

- “En el método de enflorado o enfleurage. El material vegetal (generalmente flores) es puesto en contacto con un aceite vegetal. La esencia es solubilizada en el aceite vegetal que actúa como vehículo extractor. Se obtiene inicialmente una mezcla de aceite esencial y aceite vegetal la cual es separada posteriormente por otros medios físico-químicos.

Esta técnica es empleada para la obtención de esencias florales (rosa, jazmín, azahar, etc.), pero su bajo rendimiento y la difícil separación del aceite extractor la hacen costosa.



b) El método de extracción con fluidos supercríticos. Es uno de los procesos de desarrollo más reciente y consiste en colocar el material vegetal cortado en trozos pequeños, licuado o molido, se empaca en una cámara de acero inoxidable y se hace circular a través de la muestra un líquido supercrítico (por ejemplo bióxido de carbono líquido), las esencias son solubilizadas y arrastradas por el líquido supercrítico que actúa como solvente extractor y posteriormente se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente, finalmente se obtiene una esencia pura.

Aunque presenta varias ventajas como rendimiento alto, es ecológicamente compatible, el solvente se elimina fácilmente e inclusive se puede reciclar y las bajas temperaturas utilizadas para la extracción no cambian químicamente los componentes de la esencia, el equipo requerido es relativamente costoso debido a que se requieren bombas y sistemas de extracción resistentes a presión altas”<sup>5</sup>

### **1.8 Fundamentos de la destilación por arrastre de vapor.**

“En la destilación por arrastre con vapor de agua intervienen dos líquidos: el agua y la sustancia que se destila. Estos líquidos no suelen ser miscibles en todas las proporciones, es decir, los dos líquidos son totalmente insolubles el uno en el otro, por lo tanto la tensión de vapor de cada uno de ellos no estaría afectada por la presencia del otro.

A la temperatura de ebullición de una mezcla de esta clase la suma de las presiones de vapor de los dos compuestos debe ser igual a la altura barométrica (o sea a la presión atmosférica), puesto que suponemos que la mezcla está hirviendo. El punto de ebullición de esta mezcla será, inferior al del compuesto de punto de ebullición más bajo, y bajo la misma presión, puesto que la presión parcial es forzosamente inferior a la presión total, que es igual a la altura barométrica.





El que una sustancia determinada se destile o se arrastre más o menos rápido en una corriente de vapor de agua, depende de la relación entre la presión parcial y de la densidad de su vapor y las mismas constantes físicas del agua.

$$\frac{P_1 D_1}{P_2 D_2}$$

Si denominamos  $P_1$  y  $P_2$  las presiones de vapor de la sustancia y del agua a la temperatura que hierve su mezcla, y  $D_1$  y  $D_2$  sus densidades de vapor, los pesos de sustancia y de agua que destilan estarán en la relación:

Si el valor de esta fracción es grande, la sustancia destila con poca agua y lo contrario ocurre cuando dicha relación es pequeña.”<sup>6</sup>

Resumiendo:

“Por efecto de la temperatura del vapor (100 °C) en un cierto tiempo, el tejido vegetal se rompe liberando el aceite esencial, el cual presenta a estas condiciones una presión de vapor:

$$P_T = P_V + P_A$$

La fracción de aceite esencial en la mezcla de vapor será:

$$Y_A = P_A / P_T$$

Adicionalmente el aceite esencial debe de ser insoluble en agua, ya que después del condensador, en el separador (florentino) deben formarse dos fases: una de aceite esencial y otra de agua. Si el aceite esencial presenta componentes solubles en agua estos quedarán en la fase acuosa que puede comercializarse como por ejemplo: agua de rosas, agua de jazmín, agua de ylang-ylang.”<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Juan José, **Destilación Por Arrastre Con Vapor: Los Fundamentos**, recuperado de:

<http://labquimica.wordpress.com/2007/10/03/destilacion-por-arrastre-con-vapor-los-fundamentos/>, 27-08-2012

<sup>7</sup> Sánchez Castellanos Francisco J. (2006), **Extracción De Aceites Esenciales Experiencia Colombiana**, Recuperado de [http://sisav.valledelcauca.gov.co/CADENAS\\_PDF/AROMATICAS/c05.pdf](http://sisav.valledelcauca.gov.co/CADENAS_PDF/AROMATICAS/c05.pdf), 27-08-2012



## 1.9 Descripción del proceso

“Es llamado comúnmente: destilación por arrastre de vapor o hidrodestilación, por lo tanto, podemos diferenciarlo de la siguiente manera: cuando se usa vapor saturado o sobrecalentado, fuera del equipo principal, es llamado “destilación por arrastre de vapor” y cuando se usa vapor saturado, pero la materia prima está en contacto íntimo con el agua se le llama “hidrodestilación.”<sup>8</sup>

En la presente tesis, se usará el término hidrodestilación, para definir el proceso de obtención del aceite esencial, mediante el uso del vapor saturado a presión atmosférica.

El proceso de hidrodestilación se lleva a cabo de la siguiente manera: La materia prima vegetal es cargada en el destilador, de manera que forme un lecho fijo compactado. Su apariencia física es pulverizada. El vapor de agua es inyectado mediante un distribuidor interno, el cual se encuentra en la base y con la presión suficiente para vencer la resistencia hidráulica del lecho. La generación del vapor es remota dicho de otra manera el vapor es generado a través de una caldera. Conforme el vapor entra en contacto con el lecho, la materia prima se calienta y se evapora el aceite esencial contenido en esta. Al ser soluble en el vapor circundante, es arrastrado, hacia el cabezal del destilador. La mezcla, vapor saturado y aceite esencial, fluye hacia un condensador, mediante un cuello de cisne situado en el cabezal y el cual sirve como salida del destilador. En el condensador, la mezcla vapor de agua-aceite esencial es condensada y enfriada hasta la temperatura ambiental. A la salida del condensador, se obtiene una emulsión líquida inestable. La cual, es separada en un decantador dinámico o florentino. “Este equipo está lleno de agua fría al inicio de la operación y el aceite esencial se va acumulando, debido a su inmiscibilidad en el agua y a la diferencia de densidad y viscosidad con el agua. Posee un ramal lateral, por el cual, el agua es desplazada para favorecer la acumulación del aceite. El vapor condensado

---

<sup>8</sup> Cerpa Chávez Manuel Guillermo, **Hidrodestilación de Aceites Esenciales: Modelado Y Caracterización**, Recuperado de [http://www.diputaciondevalladolid.es/extras/ma\\_agricultura\\_programas/actividades\\_agricolas/tesis\\_doctoral\\_hidrodestilacion\\_de\\_aceites\\_esenciales.pdf](http://www.diputaciondevalladolid.es/extras/ma_agricultura_programas/actividades_agricolas/tesis_doctoral_hidrodestilacion_de_aceites_esenciales.pdf), 03-07-12

acompañante del aceite esencial y que también se obtiene en el florentino, es llamado “hidrolato”. Posee una pequeña concentración de los compuestos químicos solubles del aceite esencial, lo cual le otorga un ligero aroma, semejante al aceite obtenido. De este modo, es almacenada como un sub-producto. El proceso termina, cuando el volumen del aceite esencial acumulado en el florentino no varíe con el tiempo. A continuación, el aceite es retirado del florentino y almacenado en un recipiente y en lugar apropiado. Posteriormente se realiza la limpieza del destilador para ser reutilizado nuevamente.

Dependiendo de la forma del recipiente, se utiliza una rejilla para separar la carga de material del distribuidor, o se usa una cesta donde se deposita la carga y es retirada más rápidamente, al terminar el proceso.”<sup>8</sup>

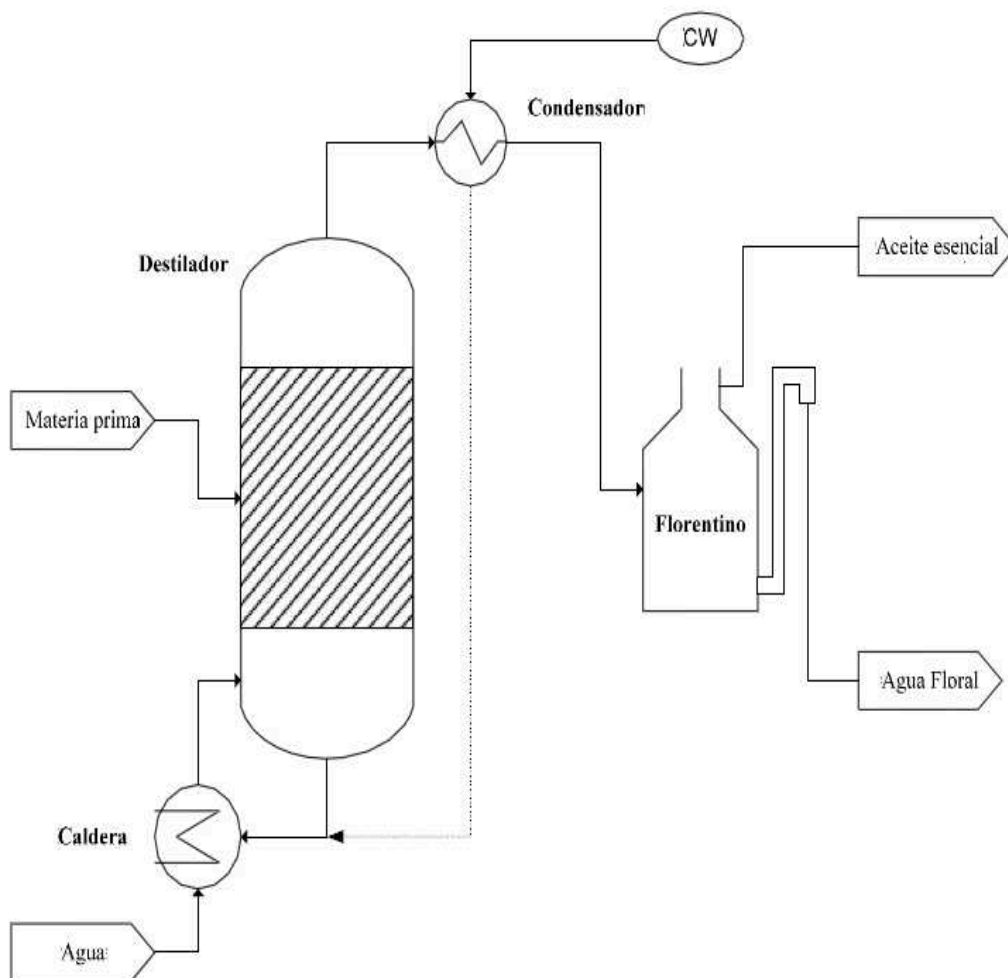


Figura No. 1.1 Diagrama general del proceso de hidrodestilación.



### 1.10 Control de Calidad de los Aceites Esenciales.

El primer control que se realiza a un aceite esencial es el de los parámetros organolépticos. Esta prueba se realiza para saber si el Aceite Esencial presenta adulteración, dilución, análisis químico para saber la proporción del componente principal o tener certificaciones en Buenas Prácticas de Manufactura.

En la tabla No. 2 se observan los parámetros que más se utilizan en el control de calidad de un aceite esencial.

ESTUDIO	PARÁMETRO
Características organolépticas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Olor</li><li>• Color</li></ul>
Determinaciones Físicas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Densidad</li><li>• Miscibilidad en etanol</li><li>• Índice de refracción</li><li>• Poder rotatorio</li></ul>
Determinaciones Químicas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Índices de acidez</li><li>• Índices de fenoles</li><li>• Índices de éster</li><li>• Determinación de aldehídos y cetonas</li></ul>
Características cromatografías	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cuantificación de los componentes principales</li><li>• Análisis por cromatografía de gases (GC-MS, CG)</li></ul>
Características espectroscópicas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ultravioleta</li><li>• Infrarrojo</li><li>• RMN</li></ul>

Tabla 1.2. Parámetros utilizados para el control de calidad de los Aceites Esenciales.

## 1.11 Escalas de trabajo utilizadas

### 1.11.1 Escala Laboratorio.

“Es el más adecuado para la determinación del contenido total del aceite esencial de una planta aromática. Está compuesto (Fig. No. 2) de un balón, donde se deposita la materia prima molida y una cantidad conocida de agua pura. Se le calienta constantemente, el aceite esencial con el agua presente se evaporan continuamente, pasa por un condensador y el condensado (mezcla agua-aceites) es depositado y posteriormente separado para obtener el aceite esencial e hidrolato (agua floral)

#### Ventajas:

- Simplicidad y flexibilidad para trabajar con aceites de diferente densidad y naturaleza.

#### Desventajas

- Incapacidad de usar los resultados obtenidos para un escalado
- El material vegetal no forma un lecho fijo ya que está en contacto permanente con el agua
- No responde al tipo de hidrodestilación industrial empleado comúnmente.
- El material al estar molido, genera que el aceite se encuentre disponible para su vaporización y “arrastre”, lo cual no ocurre a mayores escalas.
- El tiempo de extracción es muy largo comparado con el usado industrialmente, ya que busca agotar todo el aceite contenido en la planta
- No sirve para establecer el tiempo óptimo de operación.



Figura 1.2 Equipo de destilación por arrastre de vapor. (Escala laboratorio)



### 1.11.2 Escala intermedia o banco (bench).

Las capacidades están entre 5 a 50 litros, son construidos en vidrio, acero inoxidable o cobre. Están conformados de un hidrodestilador-generador, es decir el vapor de agua se genera en el mismo recipiente donde se almacena la materia vegetal, separados por medio de una rejilla o cesta. El vapor generado calienta la planta aromática y arrastra el aceite vaporizado. La tapa suele ser del tipo “cuello de cisne”.

Los condensadores son de doble tubo o de serpentín sumergido en un tanque o con alimentación constante, a contracorriente, de agua fría. El aceite esencial es obtenido en un florentino, a la salida del condensador. El agua floral puede ser reciclada, si el florentino es adaptable para que su brazo lateral se conecte con la sección de generación del vapor del hidrodestilador.

#### Ventajas

- Movilidad y maniobrabilidad
- Posibilidad de ser aislados fácilmente
- Capacidad de ser instrumentado, para seguir el proceso internamente  
Implementación de un control automático
- Confiabilidad y reproducibilidad de los datos experimentales generados, para ajustarlos a modelados fenomenológicos.

#### Desventajas

- El material vegetal debe estar seleccionado, debido a que el rendimiento y la velocidad de obtención son sensibles de las características físicas de material (molido, entero, trozado, etc.)
- La limpieza debe de ser periódica y exhaustiva, para evitar la contaminación de los productos y de la imposibilidad de trabajar con vapor saturado con mayor presión.



Figura 1.3 Destilador de aceites esenciales escala bench.

### 1.11.3 Escala piloto.

Su capacidad está va de 50 a 500 litros. Son construidos en acero comercial, inoxidable o cobre. Pueden ser de dos tipos: con generador externo o acoplado al hidrodestilador. Están conformados de un hidrodestilador cilíndrico simétrico o de una altura ligeramente mayor al diámetro. El vapor de agua es inyectado por los fondos del equipo o generado en esa sección.

La materia prima suele estar compactada y almacenada en una cesta para su mejor carga y descarga. Los condensadores son coraza y de varios tubos internos o de un doble serpentín sumergido en un tanque de agua.

Los florentinos son diferentes a los de la escala intermedia y del laboratorio. Son decantadores en acero inoxidable, con un cuerpo cónico o cilíndrico y un fondo cónico.

El aceite esencial es recogido del florentino y almacenado en otro decantador. Se realiza esta segunda separación dinámica porque el flujo de vapor es alto y el tiempo necesario para que la emulsión aceite-agua se rompa suele ser mayor a la medida en la escala intermedia.

### Ventajas

- Mayor confianza en los datos experimentales generados, con respecto a los obtenidos a menores escalas, y que se esperan conseguir en una planta industrial.

- La evaluación económica aplicada a estos equipos, permite conocer con una mayor confianza, el costo final del producto
- Permiten trabajar con materia prima molida, triturada parcialmente, entera o la combinación de ellas, en cualquier proporción
- Permiten operar con vapor saturado de mayor presión, con lo cual, se puede acelerar el proceso u obtener aceites de calidades diferentes.

### Desventajas

- Necesitan de un generador externo de vapor
- No son móviles
- La reproducibilidad de los datos experimentales es menor que los equipo banco y de laboratorio
- No son flexibles
- No están aislados térmicamente
- Requieren de una inversión económica mayor a los banco.

Los equipos piloto no suelen usarse con propósitos de investigación científica, sino de producción semi-industrial o de confirmación de los resultados a nivel banco (investigación tecnológica) y como centro de ensayos de una planta industrial. Por ello, son equipos comerciales y existen diversos proveedores internacionales.

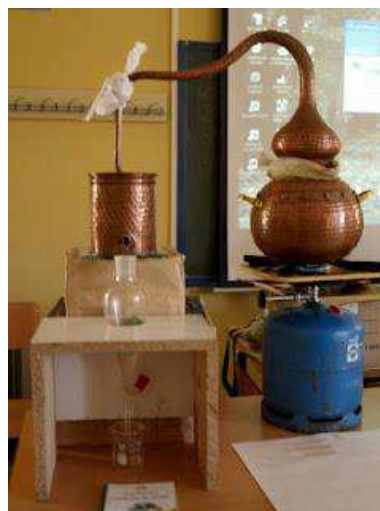


Figura 1.4 Equipo de destilación a escala piloto.



#### 1.11.4 Escalaindustrial.

La capacidad es mayor a 500 litros y son construidos en acero comercial; aunque si se usan diferentes materias primas, son construidos en acero inoxidable. Pueden ser de dos tipos: móviles o estáticos.

- Móviles: Remolques-alambiques, son los más usados en EE.UU. y Europa El uso de remolques responde a la mecanización de la agricultura en estos países y a la gran producción de algunos aceites, así como la búsqueda de minimizar costos operativos y aumentar la eficiencia de la obtención, al disponer de una mayor flexibilidad en el retiro y acoplamiento de los remolques.

- Estáticos: Hidrodestiladores verticales estos suelen encontrarse en Asia, África y Latinoamérica.

El uso de equipos verticales responde a otras necesidades: cosecha atomizada en varias regiones cercanas, mayor mano de obra disponible, menores niveles de producción, interés en agotar completamente el aceite contenido en la planta.”<sup>3</sup>



Figura 1.5 Destilador estático escala Industrial



## CAPITULO II

### COPAL

#### 2.1 Antecedentes

El copal es una oleoresina vegetal aromática que se usa como incienso. En la época prehispánica se le conocía como ***copalquáhuitl*** al árbol de copal, y a la resina como ***copalli*** palabra proveniente del vocablo náhuatl y que quiere decir incienso.

“Los inciensos son mezclas o a veces ingredientes puros que al quemarse desprenden un olor fragante, los cuales se utiliza con fines ceremoniales y religiosos en festividades y rituales populares en nuestro país, además de tener propiedades medicinales.

La resina de copal se obtiene de árboles o arbustos, también llamados copales, clasificados por los botánicos dentro del género *Bursera*, que pertenece a la familia *Burseraceae*, una familia de plantas que producen aceites y resinas aromáticas apreciadas por la humanidad desde la antigüedad.

Los copales son árboles típicos de las selvas bajas caducifolias, que es la vegetación que se desarrolla en los lugares donde hay una sequía muy fuerte durante más de cuatro meses al año, lo que hace que los árboles tiren todas sus hojas y luego con las lluvias reverdezcan.

En México existen más de 20 especies de copal de diferentes géneros de los cuales se extraen resinas con estos usos. Los estados que tienen una mayor

cantidad de tipos distintos de burseras son: Guerrero, Michoacán y Oaxaca.”<sup>3</sup>  
Como se muestra en la figura 1.



Figura 2.1. Ubicación del genero Burseraceae.

“Los arboles de esta familia pueden alcanzar hasta 15m. de altura y entre 20 y 30 cm. de diámetro, su madera es rojiza y las hojas tienen un olor característico cuando son machacadas; son verdes en la cara superior y de un tono más suave en la inferior. Crecen en selvas secas y en regiones semiáridas de México y se propaga por medio de semillas.”<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Espinosa Organista David, Montañón Arias Genaro, Becerril Cruz Florencia, **Manual de Copales**, Recuperado de [http://www.era-mx.org/biblio/Manual\\_copales.pdf](http://www.era-mx.org/biblio/Manual_copales.pdf), 21-05-12

<sup>4</sup> Méndez Hernández Ángela, Hernández Hernández Adalberto Alejandrina, López Santiago María del Carmen, Morales López Jael, **Herbolaria oaxaqueña para la salud**, Recuperado de [http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos\\_download/101102.pdf](http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/101102.pdf), 21-05-12



## 2.2 Usos del copal

“En la época prehispánica el uso de estas resinas tenía gran relevancia social, económica, religiosa-ceremonial y en la vida cotidiana.

### 2.2.1 Como alimento para los dioses

En Mesoamérica, los indígenas consideraban una relación cercana entre el maíz y el copal, creían que, el maíz era el alimento para los vivos y el copal (sangre de los árboles) era el alimento para los muertos, ya que el indígena creía que cuando se quemaba el incienso se transformaba en tortillas que los dioses consumían.”<sup>5</sup>

### 2.2.2 Medicinal

Desde la antigüedad, el copal se ha utilizado por sus cualidades curativas, ya fuera quemado, untado sobre la piel o como té.

#### 2.2.2.1 Quemado

- Quitar el dolor de cabeza
- Estimula al sistema límbico del cerebro (lugar donde se procesan los diferentes tipos de emociones, inmunológico, nervioso y endocrino)

#### 2.2.2.2 Untado

- Alivia los padecimientos causados por el frío o la fractura de los huesos
- Cura la estrangulación del útero

---

<sup>5</sup> Orta Amaro Minerva Noemi (2007), **Copal: Microestructura, Composición y Algunas Propiedades Relevantes**, Tesis profesional Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, México, D.F.



### 2.2.2.3 Como Té

- Las hojas preparadas en té ayudan a eliminar dolores de cabeza y padecimientos bronquiopulmonares

### 2.2.3 Fijador de pigmentos

“Proporciona un sello al pigmento que era aplicado sobre las superficies secas en la fabricación de murales de Mesoamérica”<sup>3</sup>

### 2.2.4 Base de pegamento

Fue el principal producto adhesivo en la cultura náhuatl, ya que existen noticias proporcionadas por los primeros cronistas de técnicas usadas para las incrustaciones de ojos, conchas y dientes de diferentes materiales en máscaras, figuras humanas y animales de piedra y barro, también en las uniones de mosaicos de piedra.

### 2.2.5 Ofrendas, limpias y ceremonias

Se usaba para ofrendar a los dioses, limpiar los templos, purifica y equilibra el alma de las personas, durante los funerales y en las ceremonias para pedir por los seres queridos y cosechas.

## 2.3 Tipos de copal

“Las resinas se consideran compuestos *secundarios* porque no son esenciales para la planta, es decir no cumplen funciones alimenticias, ni son necesarias para la respiración o el crecimiento. Se piensa que su función es repeler los ataques de insectos, así como ayudar a cerrar las heridas de los árboles y evitar que en ellos crezcan hongos y bacterias.”<sup>1</sup>

“En México existen varias clases de copal con distintos aromas, colores y diferentes formas de extracción, como son las siguientes:

- Copal blanco o de primera: se extrae mediante la realización de cortes diagonales en la superficie del tronco, por la cual brota la resina, hasta llegar a un recipiente el cual la contendrá y posteriormente se solidificará. Este recipiente por lo regular es una penca de maguey. En este caso contiene poca basura, ya que el copalero experto cada vez que realiza un corte y visita el árbol tiene la precaución de limpiar la resina, extrayendo la basura y los insectos atrapados en ella.



Figura 2.2. Copal blanco de primera calidad

- El copal de segunda: provienen de las pencas que están rotas; las barras de la resina son pequeñas y delgadas además de contener una gran cantidad de basura e insectos.
- La goma o copal negro: es la resina exudada, producida por raspaduras o picaduras de ciertos insectos y recolectada directamente de los árboles; la cual se acumula formando pequeñas bolas en el tronco de los árboles.



Figura 2.3. Copal negro

- Copal lágrima: es la gota de resina que se solidifica antes de llegar a la penca y que poco a poco va aumentando su tamaño. Este tipo de copal es un apreciado y generalmente va adosado a la hoja de encino.



Figura 2.4. Copal Lagrima

- Copal amarillo: se forma en estalactitas, las cuales son recolectadas con la ayuda de un machete, al momento de la recolección no se siente el olor característico”<sup>3</sup>

A continuación se explicará cómo llevan a cabo la colecta de resina de copal en San Miguel Maninaltepec, Oaxaca.

El trabajo se inaugura con el *marcado* el cual consiste con un recorrido previo durante el cual el recolector o copalero identifica los árboles que considera mejores o aptos para la extracción.

Una vez que el colector elige de dónde va a extraer resina, lo primero que hace es limpiar el sitio, desyerbando alrededor de cada árbol para tener mejor acceso a éstos.

Los árboles a los cuales se les realizara la extracción de la resina deben de contar con las siguientes características las cuales se deciden a partir del grosor del tronco.

El grosor del tronco debe ser mayor a 10 cm de diámetro, es decir, unos 30 cm de circunferencia, este parámetro es medido a una altura aproximadamente de 1.3 m por encima del suelo o medido a la altura del pecho, pues no se puede extraer resina de un árbol muy joven.

El método de extracción de la resina de copal consiste en hacer una serie de cortes o incisiones en la corteza del tronco y en las ramas gruesas. Los cortes se hacen en forma de “V” abierta y debajo se amarra un recipiente para que reciba la resina que saldrá por los cortes. (Ver figura 5)

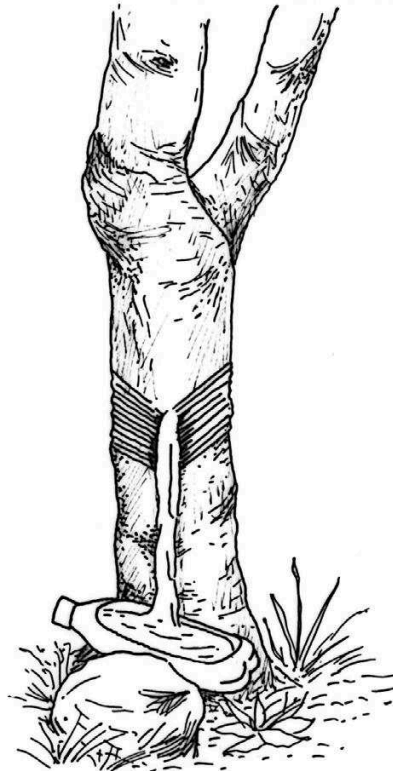


Figura 2.5. Cortes hechos al árbol para la extracción de resina de copal blanco



La forma de hacer los cortes debe ser muy precisa ya que de ello depende qué tan rápido cicatricen las heridas. La buena cicatrización es importante porque si la herida no cierra, existe el peligro de ataques de hongos o algún parásito que debilite la planta o incluso la mate. Se ha observado que muchos árboles mueren porque la gente los pica y les hace cortes sin ningún orden.

Los cortes se hacen con un machete filoso que mide aproximadamente 50 cm de largo y que se coloca sobre la corteza. Después se le da un ligero golpe con un mazo de madera parecido a un bate de béisbol, elaborado por los mismos extractores. La primera serie de cortes se inicia en el tronco a unos 30 cm del suelo para que la resina no se llene de tierra cuando llueve. Cada corte mide de 9 a 11 cm de largo (dependiendo del grosor del tronco) y se pueden hacer cortes también en las ramas, siempre y cuando éstas sean suficientemente gruesas. La distancia entre los cortes es de entre 3 y 7 mm aproximadamente. Para hacer estos cortes se necesita práctica, pues no deben ser muy profundos, sino apenas de unos milímetros. (Ver figura 6 y 7)



Figura 2.6. Cortes hechos al árbol de copal con machete y mazo de madera.



Figura 2.7. Quixala y mazo herramientas principales para realizar cortes al árbol.

La extracción de resina se lleva a cabo solamente durante la temporada de lluvias. Los cortes se realizan cada tercer día y al principio el árbol produce poca resina, pero según se van incrementando los cortes, va aumentando el flujo de resina. Cuando el árbol tiene unos 15 cortes se encuentra en su fase más productiva. El número de cortes totales se decide dependiendo de cuánta resina produzca el árbol, ya que en cuanto los colectores notan que la producción disminuye considerablemente, dejan de hacer cortes. El número total de cortes en una temporada es variable, generalmente la extracción se lleva a cabo durante 25 a 30 días, dependiendo del número y el tamaño de los árboles y de la cantidad de resina que tienen.

Los recipientes colocados se van llenando con la resina que brota de los cortes. Estos recipientes pueden ser latas, botellas de plástico recortadas a lo largo o pencas de maguey. Para sostenerlas se usa una cuerda amarrada alrededor del tronco o rama. Cuando el contenedor se llena, se retira y se saca la resina del recipiente, la cual es almacenada en costales o cajas, para su posterior transporte al centro de acopio.



Figura 2.8. Colocación de penca de maguey.



Figura 2.9. Penca de recolección colocada.



Figura 2.10. Copal almacenado para su transportación

Una vez que el árbol deja de producir lo que puede durar de tres a cuatro meses, los extractores esperan un tiempo para comenzar a desprender la corteza que queda impregnada de resina.

En algunas regiones de Oaxaca y Morelos se usan pencas de maguey para coleccionar la resina, por lo que el copal se llega a conocer como *copal de penca*.

Las formas de coleccionar resina y los instrumentos que se utilizan varían de lugar a lugar, así como también el cuidado y la eficiencia de la técnica para hacer los cortes. Aquí acabamos de presentar el método que utilizan en Maninaltepec porque ha probado ser eficiente y, si se lleva a cabo cuidadosamente, no daña los árboles y permite extraer resina por muchos años.



Figura 2.11. Mujeres de la región de Maninaltepec Oaxaca procesando el copal recolectado



## 2.4 Bases para el buen manejo de la extracción de resina

“Cuando a una planta se le extrae alguna sustancia o se le corta alguna parte constantemente, sin dar tiempo a que se reponga, la planta se agota, se vuelve débil al ataque de enfermedades y puede morir. También puede presentar síntomas como falta de crecimiento o crecimiento lento, escasez o incluso falta de flores y disminución en la producción de frutos, entre los que habrá algunos que no maduren y se caigan antes de tiempo sin llegar a producir semilla.

Si se extrae mucha resina y se pica o corta el árbol con demasiada frecuencia, éste producirá más resina usando la energía y los nutrientes que debería usar en otras actividades como el crecimiento o la producción de hojas, flores y frutos, o en sanar las heridas sufridas para producir más resina. Cuando esto ocurre se dice que el recurso se está sobreexplotando.

En cambio, cuando se extraen recursos en cantidad moderada y se deja a la planta reponerse, se garantiza que se puede seguir aprovechando en el futuro. A esto se le llama  *cosecha sustentable* , es decir, que se puede cosechar por mucho tiempo en el futuro porque la cosecha no afecta la producción. La cuestión importante es saber definir cuánto se puede extraer de algo sin agotar el recurso. Es decir, cuánta resina se puede extraer de un árbol sin que se afecte su crecimiento y desarrollo.”<sup>1</sup>

## 2.5 Recomendaciones para el buen manejo dependiendo del objetivo del aprovechamiento y de la cantidad de recursos disponibles.

1. Planear y hacer una evaluación del tipo de manejo que resultará más adecuado para las condiciones de mercado que existan para el producto.
2. Conocer la escala y la intensidad con que se lleve a cabo.
3. Conocimiento que se tiene sobre la especie que se va a manejar. Mientras más sepamos de la planta, mejor podremos hacer el manejo.

## 2.6 Composición química del copal

El copal consiste en una mezcla compleja de componentes orgánicos insolubles en agua, que son sobre todos terpenos: predominando esqueletos de labdano con fracciones menores de mono y sesquiterpenos.

“Sesenta y ocho compuestos fueron identificados en tres copales comerciales del incienso. El aceite esencial del copal blanco (probablemente de *B. bipinnata*) es dominado por el  $\alpha$ -copaene ( $14.52 \pm 1.28\%$ ) y el germacrene D ( $13.75 \pm 1.06\%$ ). El aceite esencial del copal oro (probablemente de *H. courbaril*) es dominado por el  $\alpha$ -pineno ( $21.35 \pm 5.96\%$ ) y el limoneno ( $26.51 \pm 1.22\%$ ). El aceite esencial del copal negro (probablemente de *P. copal*), es dominado por el  $\alpha$ -pineno ( $17.95 \pm 1.35\%$ ), el sabineno ( $12.51 \pm 0.08\%$ ) y el limoneno ( $16.88 \pm 2.02\%$ ).”<sup>6</sup> Las estructuras de los elementos que conforman el copal son:

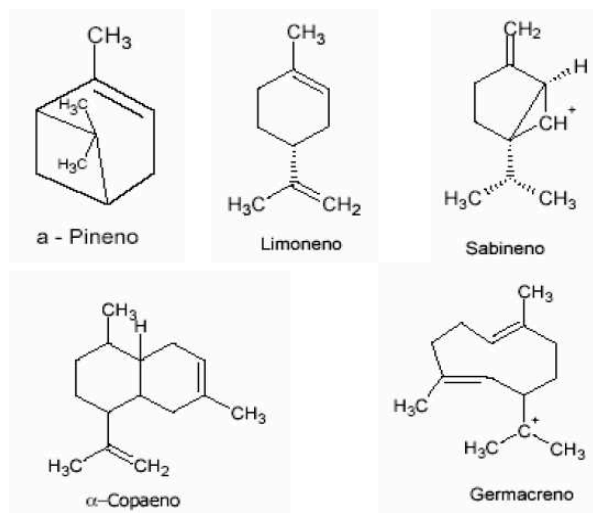


Figura 2.12. Estructuras químicas que conforman al copal

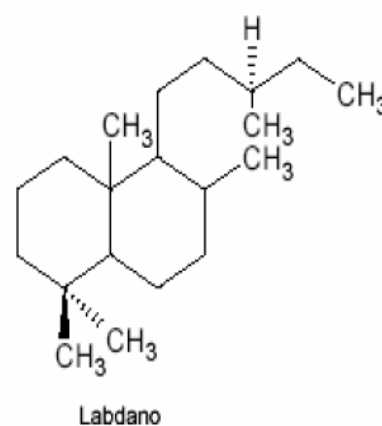


Figura 2.13. Estructura química de labdano

<sup>6</sup> Ryan J. Case, Arthur O. Tucker, Michael J. Maciarello, Kraig A. Wheeler, **Química y Etnobotánica de los Copales Inciensos Comerciales, Copla Blanco, Copal Oro y Copla Negro de América del Norte**, Recuperado de <http://de.scientificcommons.org/20213478>, 24-04-12

## 2.6.1 Tabla de compuestos encontrados en los tres diferentes tipos de copales.

Oil/Yield/Compound	Copal blanco (N = 3)	Copal oro (N = 3)	Copal negro (N = 3)
Oil yield	0.01 ± 0.01	0.04 ± 0.02	1.96 ± 0.68
$\alpha$ -pinene	n.d.	21.35 ± 5.96	17.95 ± 1.35
camphene	n.d.	1.90 ± 0.94	1.60 ± 0.10
$\beta$ -pinene	n.d.	8.69 ± 0.60	0.23 ± 0.10
sabinene	n.d.	n.d.	12.51 ± 0.08
$\delta$ -3-carene	n.d.	0.18 ± 0.07	1.94 ± 0.22
limonene	0.03 ± 0.05	26.51 ± 1.22	16.88 ± 2.02
1,8-cineole	0.16 ± 0.13	0.51 ± 0.12	n.d.
$\beta$ -phellandrene	n.d.	n.d.	1.91 ± 0.81
$\gamma$ -terpinene	n.d.	0.88 ± 0.11	2.35 ± 0.76
<i>p</i> -cymene	n.d.	2.31 ± 0.19	3.09 ± 1.34
terpinolene	n.d.	0.43 ± 0.01	0.72 ± 0.19
6-methyl-5-hepten-2-one	0.37 ± 0.14	0.81 ± 0.12	n.d.
1-octen-3-yl acetate	n.d.	1.21 ± 0.07	n.d.
2-nonanone	n.d.	0.47 ± 0.62	n.d.
1,3,8- <i>p</i> -menthatriene	n.d.	0.17 ± 0.03	n.d.
$\alpha$ -campholenal	n.d.	0.20 ± 0.10	0.08 ± 0.01
$\alpha$ - <i>p</i> -dimethyl styrene	n.d.	0.61 ± 0.11	0.92 ± 0.87
<i>trans</i> -sabinene hydrate	n.d.	n.d.	0.60 ± 0.20
$\alpha$ -cubebene	1.39 ± 0.61	0.09 ± 0.02	n.d.
<i>trans</i> -limonene oxide	n.d.	n.d.	0.30 ± 0.02
cyclosativene	n.d.	0.25 ± 0.06	n.d.
$\alpha$ -copaene	14.52 ± 1.28	2.79 ± 0.16	0.05 ± 0.08
$\beta$ -bourbonene	6.07 ± 0.75	n.d.	1.19 ± 0.32
camphor	n.d.	n.d.	0.15 ± 0.25
linalool	n.d.	0.99 ± 0.49	n.d.
<i>cis</i> -sabinene hydrate	n.d.	n.d.	0.60 ± 0.20
$\beta$ -cubebene	1.56 ± 0.63	n.d.	n.d.
linalyl acetate	n.d.	0.35 ± 0.02	n.d.
pinocarvone	n.d.	n.d.	0.85 ± 0.19
bornyl acetate	n.d.	1.35 ± 0.03	0.27 ± 0.08
2-undecanone	n.d.	0.39 ± 0.07	n.d.
$\beta$ -ylangene	2.29 ± 0.11	n.d.	n.d.
$\beta$ -elemene	8.50 ± 0.35	n.d.	n.d.
terpinen-4-ol	n.d.	0.82 ± 0.14	6.20 ± 1.66
$\beta$ -carophyllene	8.54 ± 0.54	n.d.	2.89 ± 0.65
aromadendrene	<0.01 ± <0.01	n.d.	n.d.
<i>trans</i> -dihydrocarvone	n.d.	0.38 ± 0.09	0.01 ± 0.02
myrtenal	n.d.	1.35 ± 0.09	0.82 ± 0.11
<i>trans</i> -pinocarveol	n.d.	1.22 ± 0.97	n.d.
$\alpha$ -humulene	2.18 ± 0.38	n.d.	n.d.
$\alpha$ -amorphene	1.67 ± 0.16	n.d.	n.d.
$\alpha$ -terpineol	n.d.	n.d.	5.88 ± 2.52
$\alpha$ -terpinyl acetate	n.d.	3.97 ± 0.30	n.d.
borneol	n.d.	n.d.	0.14 ± 0.02
germacrene D	13.75 ± 1.06	n.d.	0.29 ± 0.08
$\alpha$ -muurolene	0.95 ± 1.17	n.d.	n.d.
$\beta$ -selinene	0.24 ± 0.42	n.d.	n.d.
$\alpha$ -selinene	0.12 ± 0.20	n.d.	n.d.
bicyclogermacrene	3.77 ± 0.37	n.d.	n.d.
piperitone	n.d.	0.20 ± 0.14	0.18 ± 0.01
carvone	n.d.	1.74 ± 0.21	0.99 ± 0.14

Tabla 2.1. Compuestos presentes en el Copal Blanco, Oro y Negro.

Oil/Yield/Compound	Copal blanco (N = 3)	Copal oro (N = 3)	Copal negro (N = 3)
$\delta$ -cadinene	2.66 $\pm$ 0.26	0.14 $\pm$ 0.12	n.d.
$\gamma$ -cadinene	n.d.	0.14 $\pm$ 0.12	n.d.
$\alpha$ -curcumene	n.d.	0.01 $\pm$ 0.02	n.d.
cadina-1,4-diene	0.12 $\pm$ 0.11	n.d.	n.d.
myrtenol	n.d.	0.38 $\pm$ 0.02	0.96 $\pm$ 0.18
perillaldehyde	n.d.	0.33 $\pm$ 0.22	n.d.
<i>cis</i> -calamenene	0.07 $\pm$ 0.07	n.d.	n.d.
<i>trans</i> -carveol	n.d.	0.71 $\pm$ 0.13	0.88 $\pm$ 0.22
<i>p</i> -cymen-8-ol	n.d.	0.20 $\pm$ 0.08	0.25 $\pm$ 0.18
<i>cis</i> -carveol	n.d.	0.25 $\pm$ 0.05	0.20 $\pm$ 0.05
$\alpha$ -calacorene	0.02 $\pm$ 0.04	n.d.	n.d.
caryophyllene oxide	2.18 $\pm$ 0.16	n.d.	1.39 $\pm$ 0.74
cuminy alcohol	n.d.	n.d.	0.02 $\pm$ 0.02
spathulenol	5.14 $\pm$ 1.07	n.d.	n.d.
$\alpha$ -cadinol	0.10 $\pm$ 0.10	n.d.	n.d.
carvacrol	n.d.	n.d.	0.04 $\pm$ 0.03
opposita-4(15),7(11)-dien-1 $\beta$ -ol	0.30 $\pm$ 0.14	n.d.	n.d.

Tabla 2.1. Continuación de la tabla Compuestos presentes en el Copal Blanco, Oro y Negro.

## CAPITULO III

### DESARROLLO EXPERIMENTAL

#### 3.1 Experimentación a escala laboratorio.

##### 3.1.1 Materia prima utilizada.

La materia prima utilizada para la experimentación es resina de copal blanco extraída de la región de San Miguel Maninaltepec Oaxaca. Este tipo de resina primeramente se consigue en forma de piedra o barra.



Figura 3.1. Copal blanco en piedra



Figura 3.2. Copal blanco en barra.





### 3.1.2 Equipo y material utilizado para el montaje del equipo de destilación

MATERIAL	No. DE PIEZAS
• Mechero bunsen	1
• Tripie	1
• Malla de asbesto	1
• Matraz balón 250ml. de 3 vías	1
• Matraz balón de 250ml	1
• Tapones de hule monohoradados	2
• Tapón de hule	1
• Termómetro escala -10/110 °C	1
• Conexión de vidrio	1
• Condensador	1
• Pinzas de tres brazos	2
• Pinzas de nuez	2
• Varilla de vidrio	1
• Embudo de separación de vidrio 100ml	1
• Mangueras de látex	3
• Soporte universal	3
• Balanza analítica de 465g.	1
• Agua destilada	130ml.
• Resina de copal	60g.
• Frasco de vidrio (contenedor del aceite esencial)	1

Tabla 3.1. Materiales utilizados para montaje destilador escala laboratorio.



### 3.1.3 Montaje del equipo de destilación escala laboratorio

En la figura No. 3 se observa el montaje del equipo utilizado para la destilación del aceite esencial de copal a escala laboratorio.

- i. Se fijan una de las pinzas de nuez en el primer soporte universal, las cuales servirán para sostener al matraz balón de tres vías, en el segundo soporte se fijan una pinza de tres brazos para darle soporte a la mitad del refrigerante y en el último soporte se fijan las pinzas sobrantes de tres brazos y las pinzas de nuez. Las primeras servirán para sostener al matraz balón que este a su vez servirá para recolectar la mezcla de agua con aceite de la destilación, y las segundas servirán para sostener el embudo de separación las cuales servirá para separar la mezcla heterogénea hidrolato/aceite.
- ii. En el primer soporte universal se coloca el tripie, encima se le coloca la malla de asbesto y sobre esta el matraz balón de tres vías.
- iii. Debajo de la malla de asbesto se coloca el mechero Bunsen el cual está conectado a la toma de gas por medio de manguera de látex.
- iv. En la vía del extremo del matraz balón se coloca un tapón de hule monohoradado al cual se le incrustara el termómetro.
- v. En la vía central del matraz balón se coloca el otro tapón de hule monohoradado y se le incrusta una varilla de vidrio, esta tiene la función de servir como válvula de seguridad del equipo
- vi. En la última vía del matraz balón se coloca la conexión de vidrio a la cual se le colocara el condensador y un tapón de hule este servirá como sello.
- vii. Al condensador se le coloca una manguera de látex la cual servirá como alimentación de agua (agua fría) y la segunda como salida del agua (agua caliente), está a su vez se coloca en la línea de reciclaje. La alimentación del agua es en contraflujo.



Figura No. 3.3 Equipo de destilación escala laboratorio

### 3.1.4 Desarrollo experimental a nivel laboratorio

Para la realización de la experimentación se tomaran y registraran los siguientes datos.

- Peso del material a destilar
- Volumen de agua destilada vertida al matraz balón de tres vías
- Temperatura de ebullición del agua
- Tiempo de destilación
- Volumen de hidrolado
- Peso de aceite esencial. (calculo de rendimiento)
- Flujo de agua de enfriamiento

- a) La resina de copal que está en forma de piedra es triturada con un martillo para obtener un tamaño de partícula más pequeño.



Figura 3.4. Copal blanco triturado

- b) Una vez teniendo la partícula pequeña esta se pesa en una balanza analítica y posteriormente se vierte al matraz balón de tres vías.
- c) Agregar agua destilada previamente medida, se colocan dos tapones monohoradados en cada una de las salidas del matraz a las cuales se les insertara un termómetro con escala de  $-10$  a  $110^{\circ}\text{C}$ , en la salida central se coloca una varilla de vidrio de aproximadamente 80 cm. la cual servirá como válvula de seguridad y en la tercera se coloca una conexión la cual servirá para conectar el Condensador.



Figura 3.5. Destilador cargado

- d) Una vez armado el equipo para la destilación se enciende el mechero Bunsen y se calienta el agua hasta ebullición, verificando que no haya fugas de vapor.
- e) Verificar que la entrada al condensador este fría, en dado caso que se empiece a calentar abrir el flujo de agua de enfriamiento



Figura 3.6. Destilación en proceso



Figura 3.7. Sistema en ebullición.

- f) El agua evaporada posteriormente se condensa y se recolecta en el matraz balón. Esta mezcla posteriormente se verterá en el embudo de separación para poder recolectar en un recipiente el aceite esencial y en otro el hidrolato obtenido de la destilación.



Figura 3.8. Mezcla de agua/aceite esencial

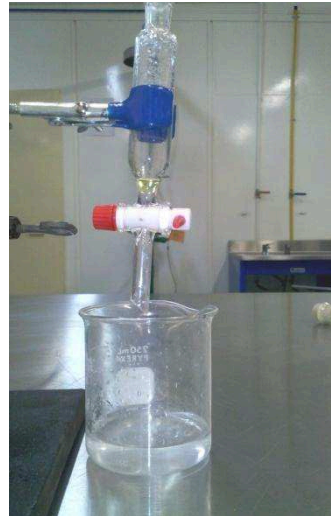


Figura 3.9. Separación del aceite esencial



Figura 3.10. Aceite esencial



Figura 3.11. Hidrolato



Figura 3.12. Aceite esencial almacenado

## 3.2 Desarrollo experimental a escala piloto

### 3.2.1 Materia prima utilizada

La materia prima utilizada para la experimentación es resina de copal blanco extraída de la región de San Miguel Maninaltepec Oaxaca. Este tipo de resina primeramente se consigue en forma de piedra o barra.

### 3.2.2 Equipo utilizado

Para llevar a cabo la experimentación a escala piloto se hizo uso de un destilador por arrastre de vapor, el cual se encuentra en el laboratorio de Operaciones Unitarias de ESIQIE.



Figura 3.13 Destilador por arrastre de vapor de Operaciones Unitarias

### 3.3 Diagrama del destilador por arrastre de vapor

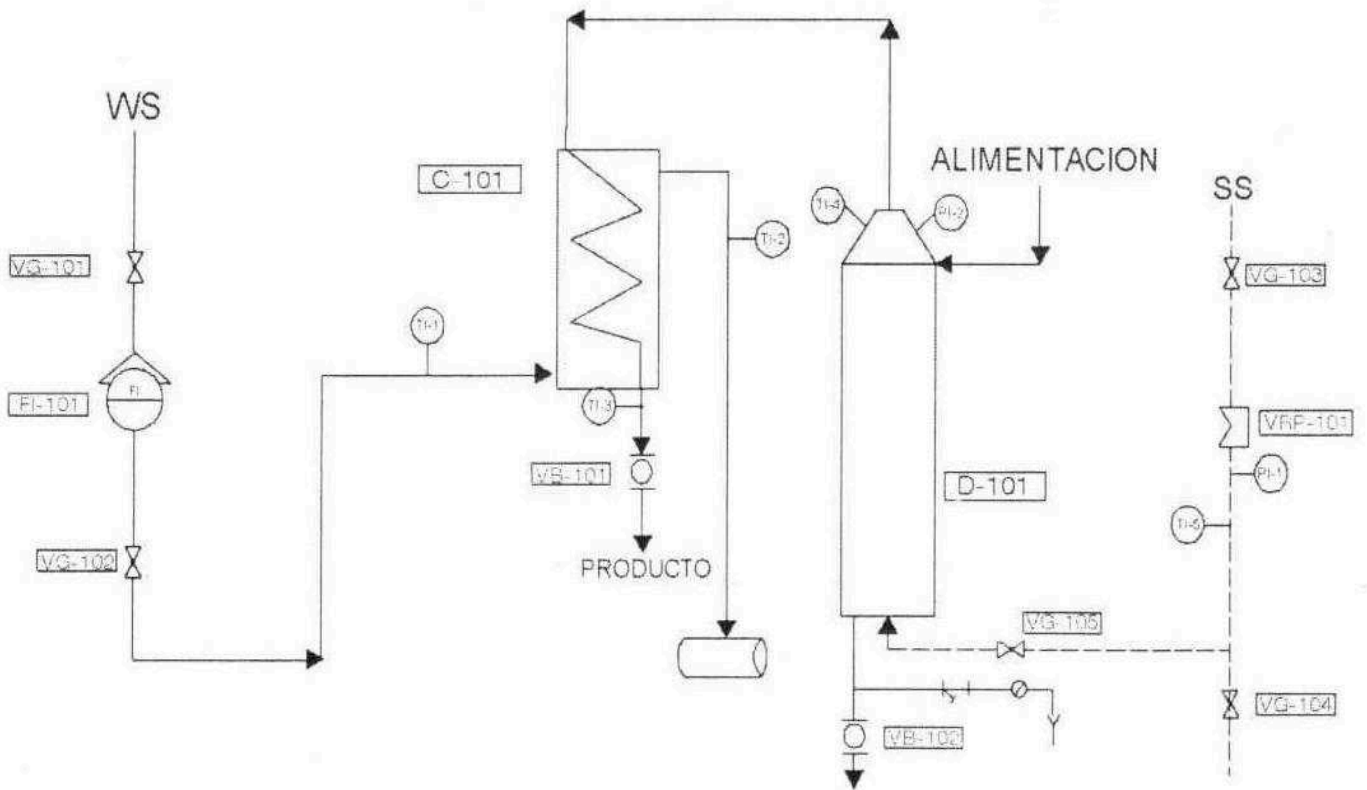


Figura 3.14 Diagrama destilador por arrastre de vapor

Clave	Descripción
VG-1	Válvula de globo
VG-2	Válvula de globo
VG-3	Válvula de globo
VG-4	Válvula de globo
VG-5	Válvula de globo
D-101	Destilador de aceite
C-101	Condensador vertical
VB-101	Válvula de bola
VB-102	Válvula de bola
VRP-101	Válvula reductora de presión
FI-101	Rotámetro
T1-T5	Termómetros
P1-P2	Manómetros



### 3.4 Operación del destilador por arrastre de vapor

1. Desmontar el cabezal del cuerpo del destilador.



Figura 3.15. Cabezal del destilador

2. Sacar de adentro del cuerpo del destilador la canastilla de acero inoxidable, la cual sirve para colocar el material vegetal al cual se desea extraer el aceite esencial.



Figura 3.16. Canastilla y cuerpo de destilador

3. Colocar el material vegetal e introducir nuevamente la canastilla adentro del cuerpo del destilador. Colocar la parte cónica del destilador y sellarla con los tornillos de forma que este no presente fugas de vapor en dichas uniones.



Figura 3.17. Material Vegetal para destilar



Figura 3.18. Material vegetal dentro de canastilla

4. Se abre la válvula de la línea general de agua y posteriormente de la válvula del rotámetro que sirve para alimentar el condensador.



Figura 3.19. Válvulas de alimentación al equipo.



Figura 3.20. Rotámetro del equipo.

5. Abrir la línea general del vapor y la válvula de condensados de esta línea (purga), una vez realizada esta operación cerramos la válvula de condensados y verificamos que la válvula de purga del equipo este cerrada para evitar que el vapor salga por dicha válvula, posteriormente abrimos la válvula que suministra el vapor al fondo del destilador.



Figura 3.21. Válvula de purga y suministro de vapor al destilador

6. Una vez que el vapor entra por la parte inferior del destilador se abre la válvula de salida del condensador al que previamente se le coloco un recipiente donde se recibirá el aceite esencial e hidrolato., este tipo de recipiente se recomienda que sea de tipo florentino ya que ayudara a la acumulación del aceite esencial y el desalojo del hidrolato.



Figura 3.22. Embudos de separación con Aceite Esencial e Hidrolato.

El tiempo que se dejó operando el equipo fueron aproximadamente 10 minutos en el cual se pudo observar que los primeros 5 minutos se obtuvo una pequeña cantidad de aceite y después solo era hidrolato.

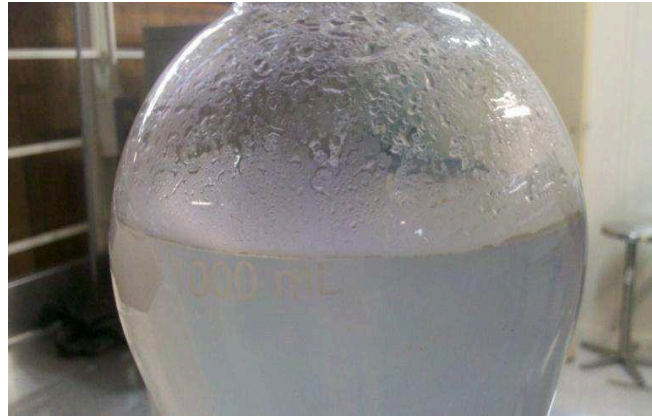


Figura 3.23. Aceite Esencial con Hidrolato (primer embudo)

Durante el proceso se deben revisar ciertos parámetros como son la temperatura de entrada y salida del condensador y de trabajo del equipo, las presiones de entrada de vapor al equipo y de trabajo (dentro del equipo) y flujo de agua de enfriamiento (condensador).

7. Ya terminada la operación se cierran las válvulas de alimentación de vapor al equipo con la finalidad de que este se pueda enfriar para posteriormente sacar los condensados y el material vegetal ya destilado.

8. Se comienza la limpieza del equipo para que este pueda ser utilizado nuevamente. Mientras que el equipo se enfría se dejan reposando los embudos de separación para que se pueda llevar a cabo la separación del aceite esencial e hidrolato.



## CAPITULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 Tabla de datos experimentales a escala laboratorio.

A continuación se muestra la tabla de datos obtenidos en la experimentación a nivel laboratorio.

# EXPERIMENTO	MATERIA PRIMA	PESO (gr.)	VOLUMEN HIDROLATO (ml.)	PESO DEL ACEITE ESENCIAL (gr.)	RENDIMIENTO EXPERIMENTAL (%)
1	Copal pulverizado	60	50	0.9	1.5
2	Copal pulverizado	60	50	0.9	1.5

Tabla 4.1 Rendimientos obtenidos a escala laboratorio

Una vez conseguido el aceite esencial de copal se le realizó un análisis instrumental llamado cromatografía de gases-espectrometría de masas.

#### 4.2 Técnica de análisis instrumental.

El análisis se llevó a cabo en un instrumento Jeol GC-Mate II, utilizando una columna capilar HP-5. Modo de Ionización: Impacto electrónico (EI+).

#### 4.3 Análisis químico cualitativo y cuantitativo.

La identificación de las sustancias que conforman el aceite esencial se llevó a cabo inicialmente por comparación con la base de datos del instrumento, posteriormente la identidad de las sustancias se verificó por comparación del patrón de fragmentación correspondiente con datos de la literatura (Integrated Spectral Database System of Organic Compounds, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan).

#### 4.4 Composición del aceite esencial de Copal.

TIMPO DE RETENCION (min.)	%	Nombre del compuesto
9.15	43.52	$\alpha$ -pineno
12.71	21.27	(R)-( + )-limoneno
12.57	20.57	m-cimeno
11.76	5.28	$\alpha$ -felandreno
17.01	3.69	(S)-(-)-cis-verbenol
10.61	2.86	$\beta$ -tujeno
16.27	1.88	(R)-( + )-canfolenal
19.21	0.92	Crisantenona

Tabla 4.2 Composición del aceite esencial de Copal

#### 4.5 Estructuras de los componentes del aceite esencial de copal.

En la siguiente figura podemos observar la estructura que corresponde a los compuestos que contienen el aceite esencial de copal de acuerdo al análisis químico efectuado.

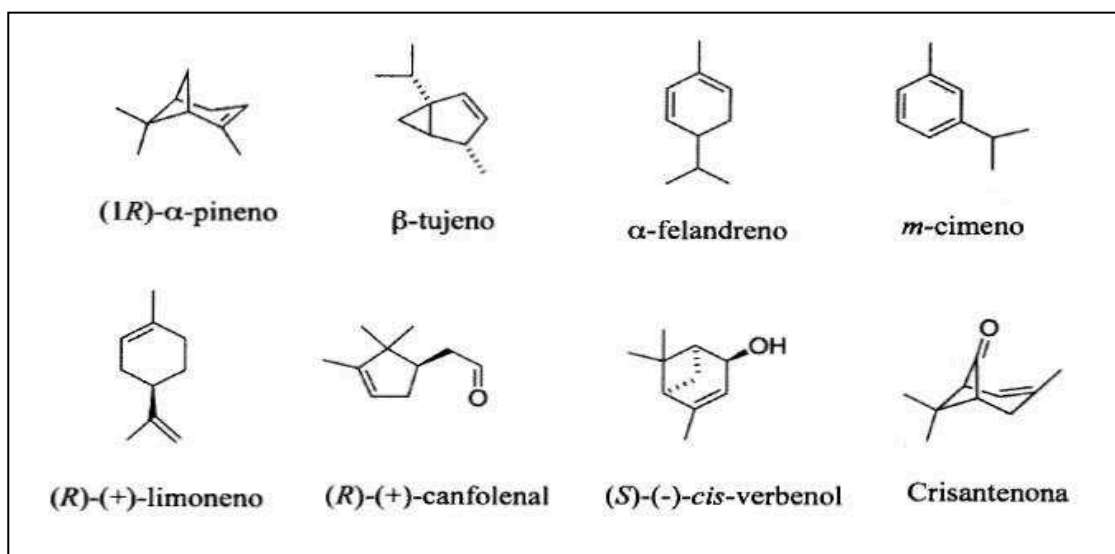


Figura 4.1 Estructura de los compuestos identificados en el aceite esencial de copal

## 4.6 Cromatograma del aceite esencial de copal.

File: STE-3488-Aceite esencial copal Date Run: 07-09-2012 (Time Run: 07:39:10)  
Sample: Dr Tafoya IPN Columna HP-5  
Instrument: JEOL GCmate  
Inlet: GC Ionization mode: EI+

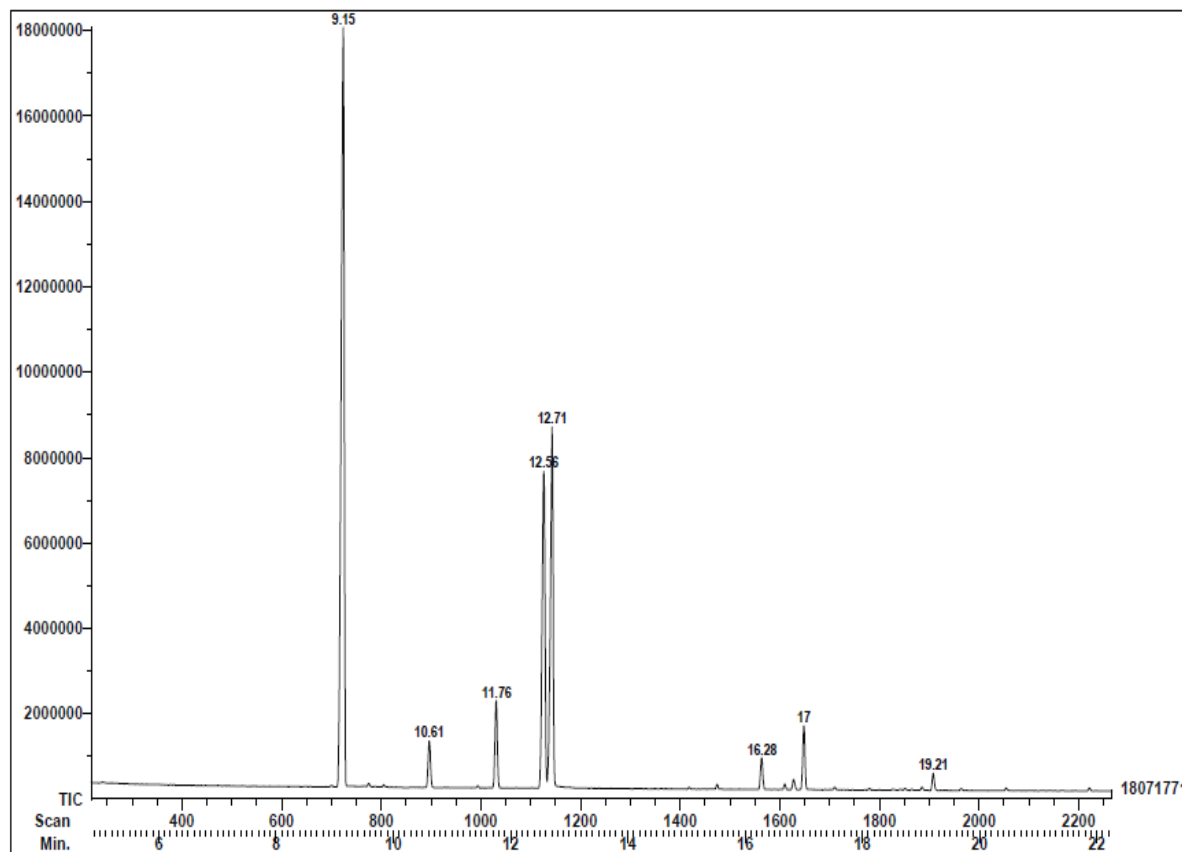


Figura 4.2 Cromatograma del Aceite Esencial de Copal

Contrastando lo que se reporta en la literatura en cuanto a la composición del aceite esencial de copal blanco, con el análisis del aceite esencial arrojado por la cromatografía, se observa una concordancia muy alta de los componentes hallados en este estudio. Con base en ello, puede determinarse que el aceite obtenido corresponde al aceite de copal reportado en la literatura.



## CAPÍTULO V

### FORMULACIÓN DEL PRODUCTO

En este capítulo se presenta la formulación de un ungüento que incluye el aceite esencial de copal obtenido y los pasos ilustrados para obtener el producto final:

#### 5.1 Formulación.

INGREDIENTES	%
• Glicerina	3-10
• Propilenglicol	1-7
• Extracto de sábila	1-7
• Conservador	0.1-1
• Miristato de isopropilo	2-7
• Aceite de Almendras	1-20
• Silicón	1-5
• Aceite mineral	5-15
• Aceite esencial de Copal	0.1-2
• Acido Esteárico	1-5
• Alcohol cetílico	1-5
• Acido poli acrílico	0.1-1
• Neutralizante	0.1-1
• Agua desmineralizada	
• Emulsificante	1-5

Tabla 5.1 Ingredientes y sus porcentajes para la formulación



MATERIAL A UTILIZAR
• Pala de plástico
• Ollas de acero inoxidable
• Tarro de plástico
• Termómetro escala -10/110 °C
• Parrilla de calentamiento
• Balanza electrónica

Tabla 5.2. Materiales a utilizar

## 5.2 Procedimiento de formulación.

a) En un recipiente agregar el ácido poliacrílico y el 25% del agua total de la formulación para llevar a cabo su hidratación



Fig. 5.1 Ácido poliacrílico hidratándose.



Fig. 5.2 Ácido poliacrílico hidratado.

b) En otro recipiente colocar las siguientes sustancias: Miristado de isopropilo, aceite de almendras, aceite mineral, emulsificante, ácido esteárico y alcohol cetílico (fase oleosa).



Figura 5.3 Mezcla de ingredientes oleosos.

- c) En otro recipiente agregar el resto del agua y colocarlo en la parrilla de calentamiento hasta obtener una temperatura de 75- 85°C.
- d) Calentar la fase oleosa hasta obtener una temperatura de 75-85°C
- e) Llegando a esta temperatura agregar el agua desmineralizada al ácido poliacrílico (fase acuosa) y homogenizar; posteriormente agregar la fase oleosa a la fase acuosa manteniendo agitando el medio.



Figura 5.4 Mezclado fase oleosa fase acuosa.

- e) Agitar la mezcla y posteriormente agregar: glicerina, propilenglicol, silicón y neutralizante, seguir agitando hasta que la mezcla llegue a una temperatura de 50- 55°C.

- f) Agregar el extracto de sábila y seguir agitando hasta llegar a una temperatura de 35-40°C.
- g) Agregar el conservador y aceite esencial de Copal mantener la agitación.
- h) Homogenizar hasta llegar a una temperatura de 25°C.
- i) Obtener producto final y por último envasar.



Figura 5.5 Envasado del producto final.

### 5.3 Posibles usos

De acuerdo con la composición química que presenta el aceite esencial de copal y en función a sus tres componentes mayoritarios que son:  $\alpha$ -pineno, R-limoneno y m-cimeno, tiene dos usos principales:

- Antiinflamatorio
- Antiséptico

## CONCLUSIONES

En este trabajo se llevo a cabo la extracción de aceite esencial de copal, a partir de la oleorresina proveniente de los árboles de copal. El método utilizado para llevar a cabo la extracción fue el de destilación por arrastre de vapor, cuya ventaja principal es que no introduce posteriormente etapas de separación complejas, al poder separar las fases simplemente por decantación. Otra ventaja es la pureza del aceite obtenido y la posibilidad de utilizarse como insumo en el ramo cosmético, farmacéutico, entre otros.

De acuerdo a la experimentación, el rendimiento del aceite esencial fue de 1.5%, partiendo de 60 gr de materia prima procesada. El análisis por Cromatografía de Gases acoplado a Espectrometría de masas mostró que los compuestos presentes en el aceite esencial obtenido se identifican plenamente con aquellos que caracterizan el aceite esencial de copal (*ver Tabla 2.1*), siendo principalmente  $\alpha$ -pineno, R-limoneno, m-cimeno, entre otros. Por lo anterior, el aceite obtenido en este trabajo, puede caracterizarse como un aceite esencial de copal.

Finalmente y como parte importante de este trabajo, se emplea el aceite esencial de copal como insumo en la formulación de un producto cosmético, mostrando así una aplicación importante de esta sustancia.

En base a los estudios realizados al aceite esencial de copal, se encontró que sus principales componentes tienen propiedades antiinflamatorias y antisépticas, de esta forma puede ser utilizado como ingrediente activo en pomadas y/o cremas.

La aplicación que se le dio al aceite esencial de copal en esta tesis fue como activo antiinflamatorio en una pomada. Este producto pudiera ser comercializado en un futuro después de realizar pruebas de efectividad para determinar la cantidad óptima de aceite esencial que proporcione dicho resultado, además de verificar la factibilidad económica para su elaboración.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bruneton, J. (2001). **Farmacognosia. Fitoquímica. Plantas Medicinales.** 2ª Ed. Zaragoza: Acribia S. A., Recuperado de <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/uso-industrial-de-plantas-aromaticas-y-medicinales/contenidos/material-de-clase/tema7.pdf>, 20-08-12.
2. Cerpa Chávez Manuel Guillermo, **Hidrodestilación de Aceites Esenciales: Modelado Y Caracterización**, Recuperado de [http://www.diputaciondevalladolid.es/extras/ma\\_agricultura\\_programas/actividades\\_agricolas/tesis\\_doctoral\\_hidrodestilacion\\_de\\_aceites\\_esenciales.pdf](http://www.diputaciondevalladolid.es/extras/ma_agricultura_programas/actividades_agricolas/tesis_doctoral_hidrodestilacion_de_aceites_esenciales.pdf), 03-07-12.
3. Espinosa Organista David, Montañó Arias Genaro, Becerril Cruz Florencia, **Manual de Copales**, Recuperado de [http://www.era-mx.org/biblio/Manual\\_copales.pdf](http://www.era-mx.org/biblio/Manual_copales.pdf), 21-05-12.
4. Jesús Palá Paúl, **Contribución al conocimiento de los aceites Esenciales del género “eryngium” I, en la Península ibérica**, Recuperado de <http://eprints.ucm.es/tesis/bio/ucm-t26240.pdf>, 03-07-12.
5. Juan José, **Destilación Por Arrastre Con Vapor: Los Fundamentos**, recuperado de: <http://labquimica.wordpress.com/2007/10/03/destilacion-por-arrastre-con-vapor-los-fundamentos/>, 27-08-2012.
6. López Sánchez Elisa De Jesús (2012), **Extracción de Aceites Esenciales Empleando un Equipo en Desuso del Laboratorio de Operaciones Unitarias**, Tesis profesional Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, México, D.F.
7. M. Martínez Alejandro, **Aceites Esenciales**, Recuperado de <http://farmacia.udea.edu.co/~ff/esencias2001b.pdf>, 20-08-12.

8. Méndez Hernández Ángela, Hernández Hernández Adalberto Alejandrina, López Santiago María del Carmen, Morales López Jael, **Herbolaria oaxaqueña para la salud**, Recuperado de [http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos\\_download/101102.pdf](http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/101102.pdf), 21-05-12.
9. Orta Amaro Minerva Noemi (2007), **Copal: Microestructura, Composición y Algunas Propiedades Relevantes**, Tesis profesional Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, México, D.F.
10. Ryan J. Case, Arthur O. Tucker, Michael J. Maciarelo, Kraig A. Wheeler, **Química y Etnobotánica de los Copales Inciensos Comerciales, Copla Blanco, Copal Oro y Copla Negro de América del Norte**, Recuperado de <http://de.scientificcommons.org/20213478>, 24-04-12.
11. Sánchez Castellanos Francisco J. (2006), **Extracción De Aceites Esenciales Experiencia Colombiana**, Recuperado de [http://sisav.valledelcauca.gov.co/CADENAS\\_PDF/AROMATICAS/c05.pdf](http://sisav.valledelcauca.gov.co/CADENAS_PDF/AROMATICAS/c05.pdf), 27-08-2012.
12. Tol Hernández Vilma Liseth, **Comparación de la calidad del aceite esencial crudo de citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*) en función de la concentración de geraniol obtenido por medio de extracción por arrastre con vapor y maceración**, Recuperado de [http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0971\\_Q.pdf](http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0971_Q.pdf), 26-06-12.

**ANEXOS**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

INSTITUTO DE QUÍMICA

CIRCUITO EXTERIOR, CIUDAD UNIVERSITARIA, DELEGACIÓN COYOACÁN, 04510 MÉXICO, D.F.  
APARTADO POSTAL 70-213 TEL. 5616-2576 FAX 5616-2517



## CERTIFICADO DE ANALISIS

Cd. Universitaria D.F., 15 de Octubre del 2012.

**Determinación:** Análisis por cromatografía de gases-espectrometría de masas de aceite esencial de copal.

**No. de registro:** STE-3488

**Instrumento:** el análisis se llevó a cabo en un instrumento Jeol GC-Mate II, utilizando una columna capilar HP-5. Modo de ionización: Impacto electrónico (EI+).

**Identificación:** la identificación de los productos se llevó a cabo inicialmente por comparación con la base de datos del instrumento. La identidad de las sustancias se verificó por comparación del patrón de fragmentación correspondiente con datos de la literatura (Integrated Spectral Database System of Organic Compounds, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan)

En la siguiente tabla se muestra el resultado del análisis. Se identificaron los 8 componentes mayoritarios, cuya identidad fue establecida sin ambigüedad. Se anexa el cromatograma correspondiente así como la identificación realizada por comparación con la base de datos del instrumento.

### Composición del aceite esencial de copal.

Tiempo de retención (min)	%	Nombre del Compuesto en Inglés	Nombre del Compuesto en Español	CAS
9.15	43.52	(1 <i>R</i> )- $\alpha$ -pinene	(1 <i>R</i> )- $\alpha$ -pineno	7785-70-8
10.61	2.86	$\beta$ -thujene	$\beta$ -tujeno	28634-89-1
11.76	5.28	$\alpha$ -phellandrene	$\alpha$ -felandreno	99-83-2
12.57	20.57	<i>m</i> -cymene	<i>m</i> -cimeno	535-77-3
12.71	21.27	( <i>R</i> )-(+)-limonene	( <i>R</i> )-(+)-limoneno	5989-27-5
16.27	1.88	( <i>R</i> )-(+)-campholenal	( <i>R</i> )-(+)-canfolenal	4501-58-0
17.01	3.69	( <i>S</i> )-(-)- <i>cis</i> -verbenol	( <i>S</i> )-(-)- <i>cis</i> -verbenol	18881-04-4
19.21	0.92	Crysanthenone	Crisantenona	473-06-3





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

INSTITUTO DE QUÍMICA

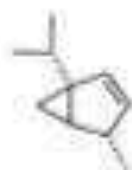
CIRCUITO EXTERIOR CIUDAD UNIVERSITARIA DELEGACION COYOACAN 04510 MÉXICO, D.F.  
CÓDIGO POSTAL 70-213 TEL. 5616-2576 FAX 5018-02-07



Las estructuras que corresponden a los compuestos identificados se muestran a continuación:



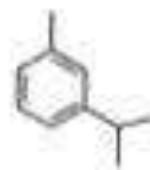
(1*R*)-α-pineno



β-tujeno



α-felandreno



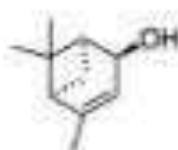
m-cimeno



(*R*)-(+)-limoneno




(*R*)-(+)-canfolenal



(*S*)-(-)-cis-verbenol



Crisantenona

  
M. en C. Baldomero Esquivel Rodríguez  
Secretario Técnico del  
Instituto de Química de la UNAM.



INSTITUTO DE QUÍMICA  
SECRETARÍA TÉCNICA  
CIRCUITO EXTERIOR, CIUDAD UNIVERSITARIA  
04510 MÉXICO, D.F.

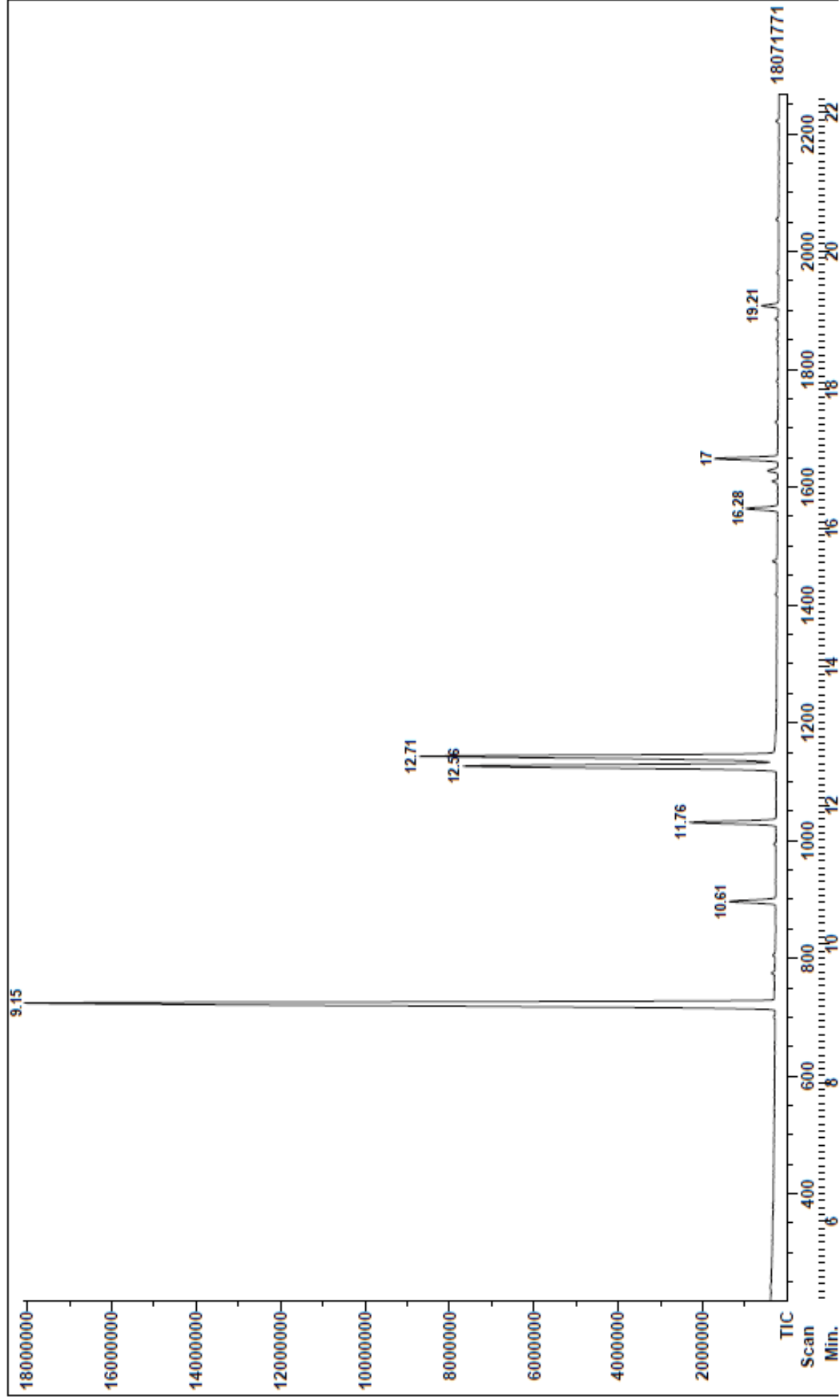
File: STE-3400-Acetic esencial copel

Peak Table

Peak	Compound Name	Peak	RT	Scan Range	Baseline at	Total Area	Background	Peak Area	Percentage	
9.15		9.15	TIC	1117-1128	1117, 1121	123300000	30917818	92388282	43.62129	
10.61		10.61	TIC	891-902	890, 900	9011312	2029608	6981704	2.8649942	Total Area
11.78		11.78	TIC	1020-1037	1024, 1038	14202944	3124032	11208912	5.38294088	212276298
12.57		12.57	TIC	1120-1132	1120, 1130	62318800	6644879	49673921	20.5739009	
12.71		12.71	TIC	1136-1148	1136, 1150	54789888	9639907	45150981	21.2999602	
16.27		16.27	TIC	1598-1599	1597, 1571	6204832	2208760	3996072	1.88090188	
17.01		17.01	TIC	1643-1654	1642, 1656	10317896	2480940	7836956	3.69186583	Total Percent
19.21		19.21	TIC	1903-1914	1901, 1915	4296224	2257477	1998747	0.91902384	100

Instituto de Quimica (UNAM)

File: STE-3488-Aceite esencial copal Date Run: 07-09-2012 (Time Run: 07:39:10)  
Sample: Dr Tafoya IPN Columna HP-5  
Instrument: JEOL GCmate Ionization mode: EI+  
Inlet: GC

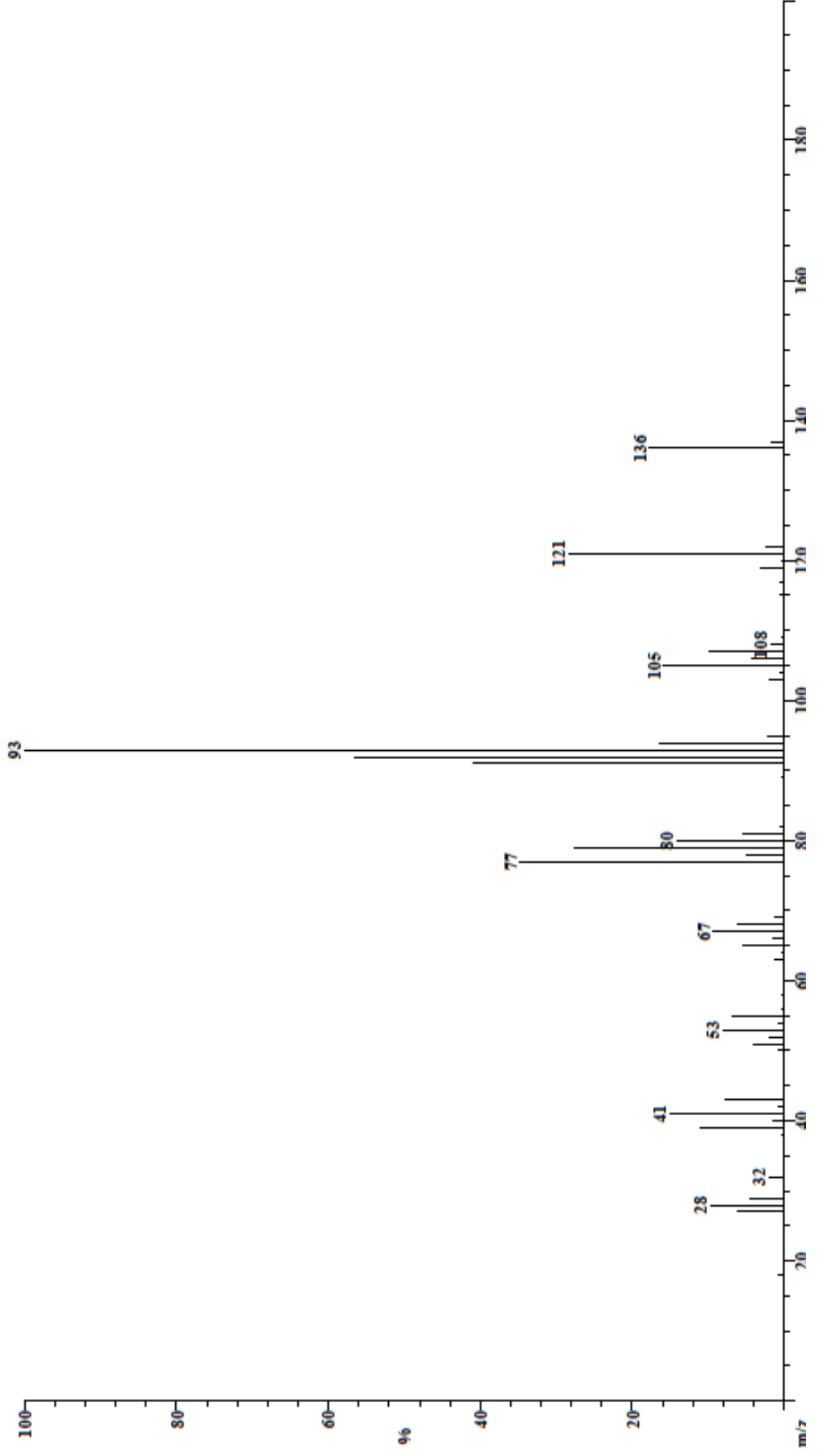


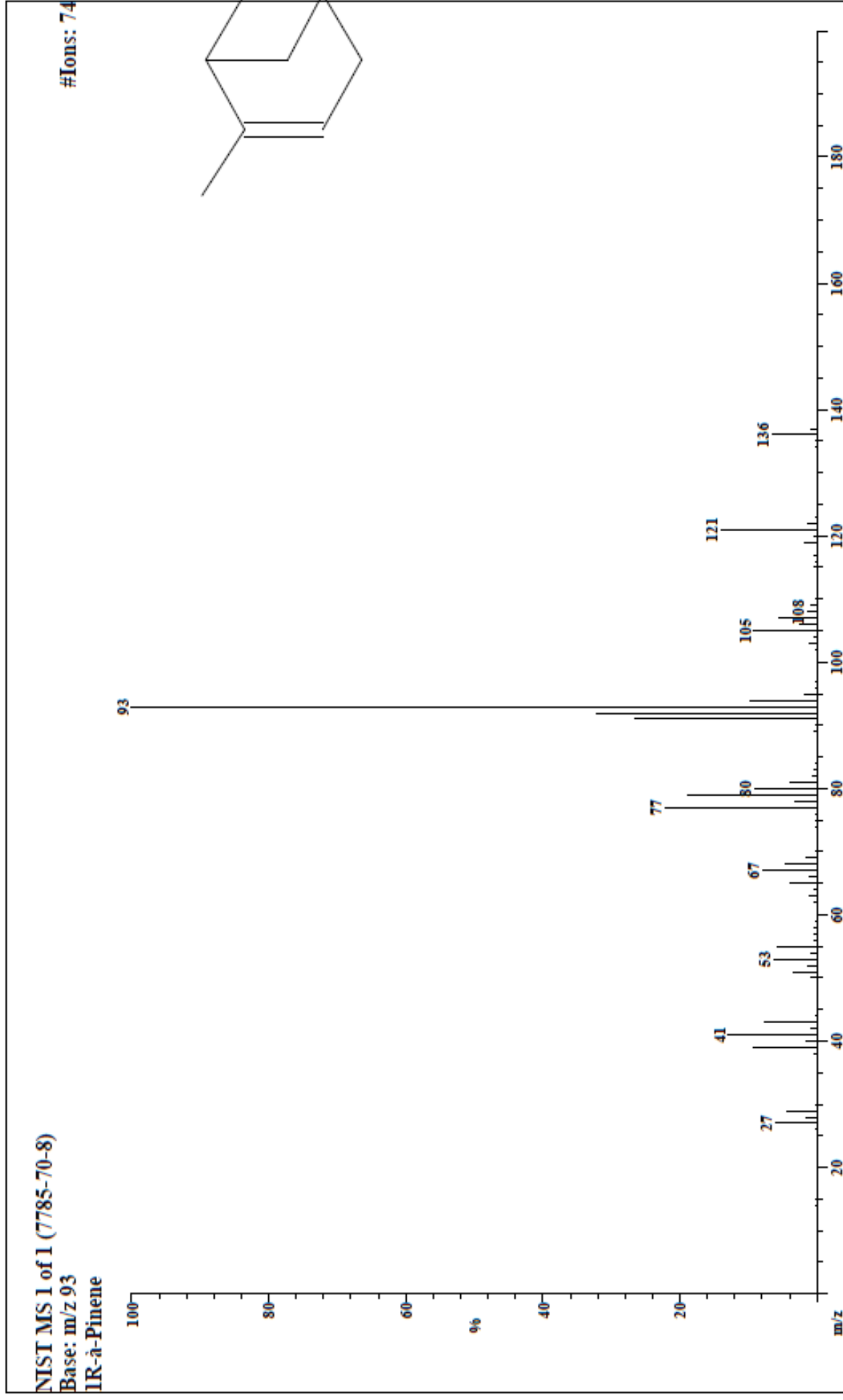
Instituto de Quimica (UNAM)

File: STE-3488-Aceite esencial copal Date Run: 07-09-2012 (Time Run: 07:39:10)  
Sample: Dr Tafoya IPN Columna HP-5  
Instrument: JEOL GCmate Ionization mode: EI+  
Inlet: GC

Scan: 724 R.T.: 9.15  
Base: m/z 93; 90.7%FS TIC: 18970608

#Ions: 59

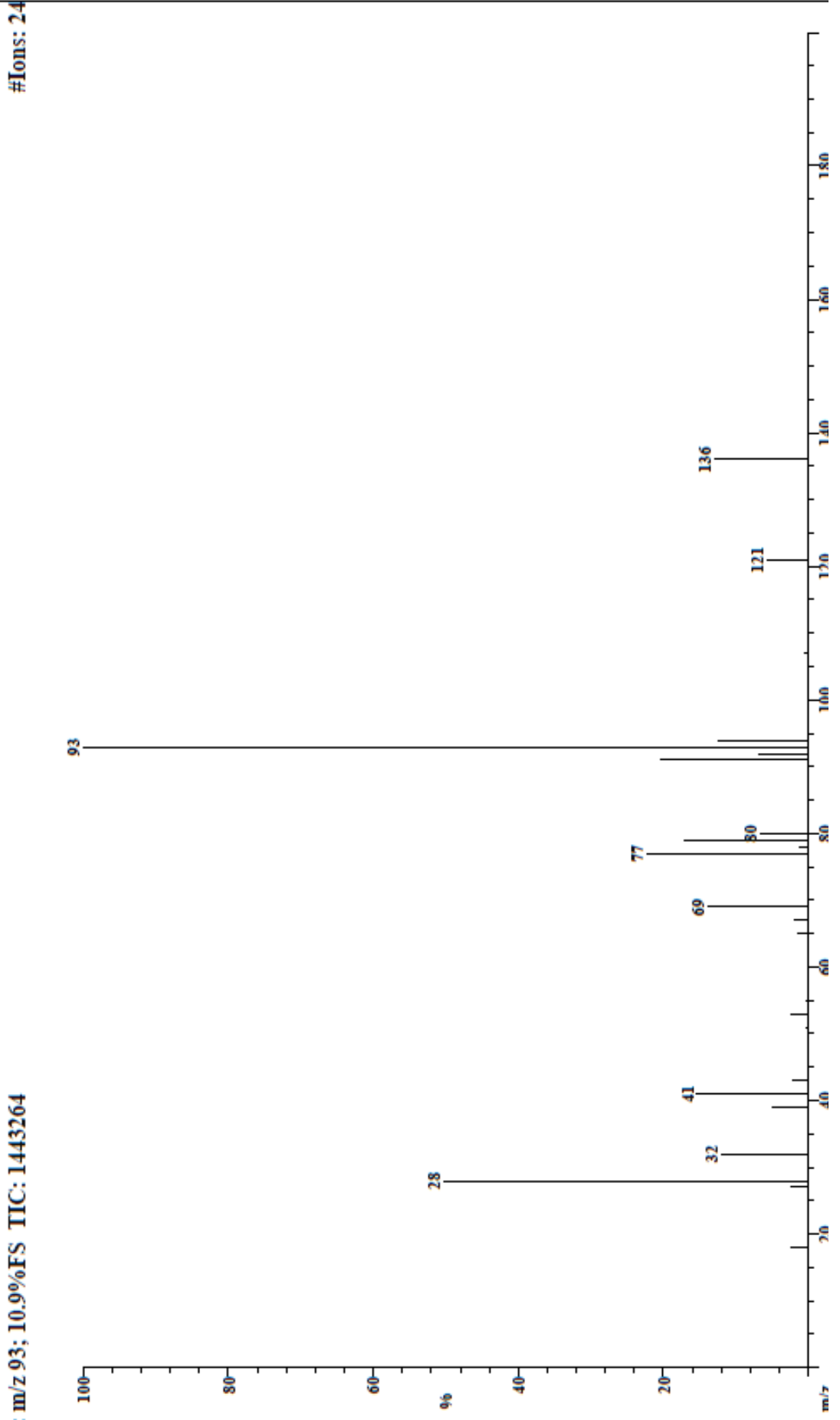




Instituto de Química (UNAM)

File: STE-3488-Aceite esencial copal Date Run: 07-09-2012 (Time Run: 07:39:10)  
Sample: Dr Tafoya IPN Columna HP-5  
Instrument: JEOL GCmate Ionization mode: EI+  
Inlet: GC

Scan: 896 R.T.: 10.61  
Base: m/z 93; 10.9%FS TIC: 1443264

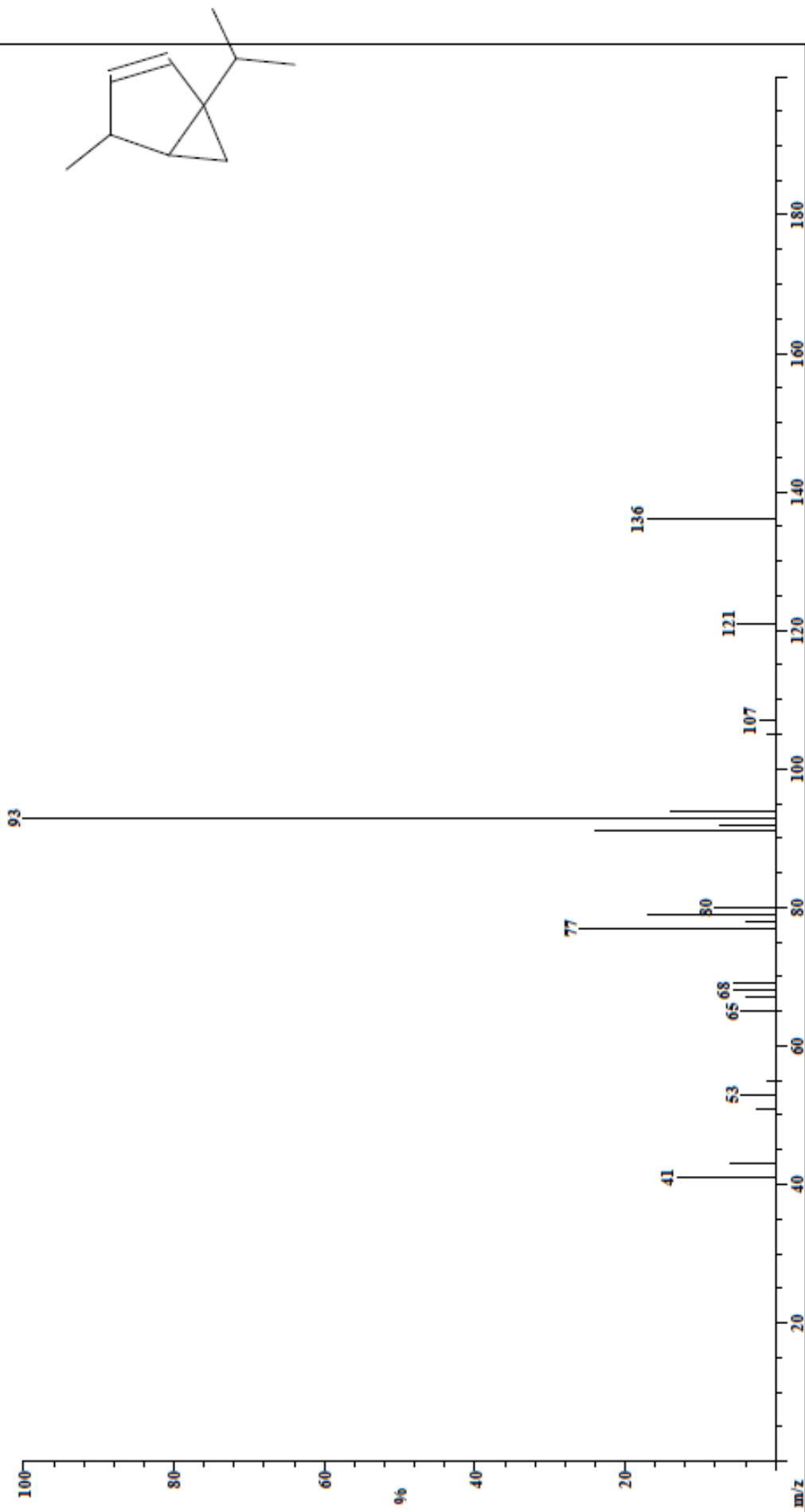


NIST MS 1 of 1 (28634-89-1)

Base: m/z 93

Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-

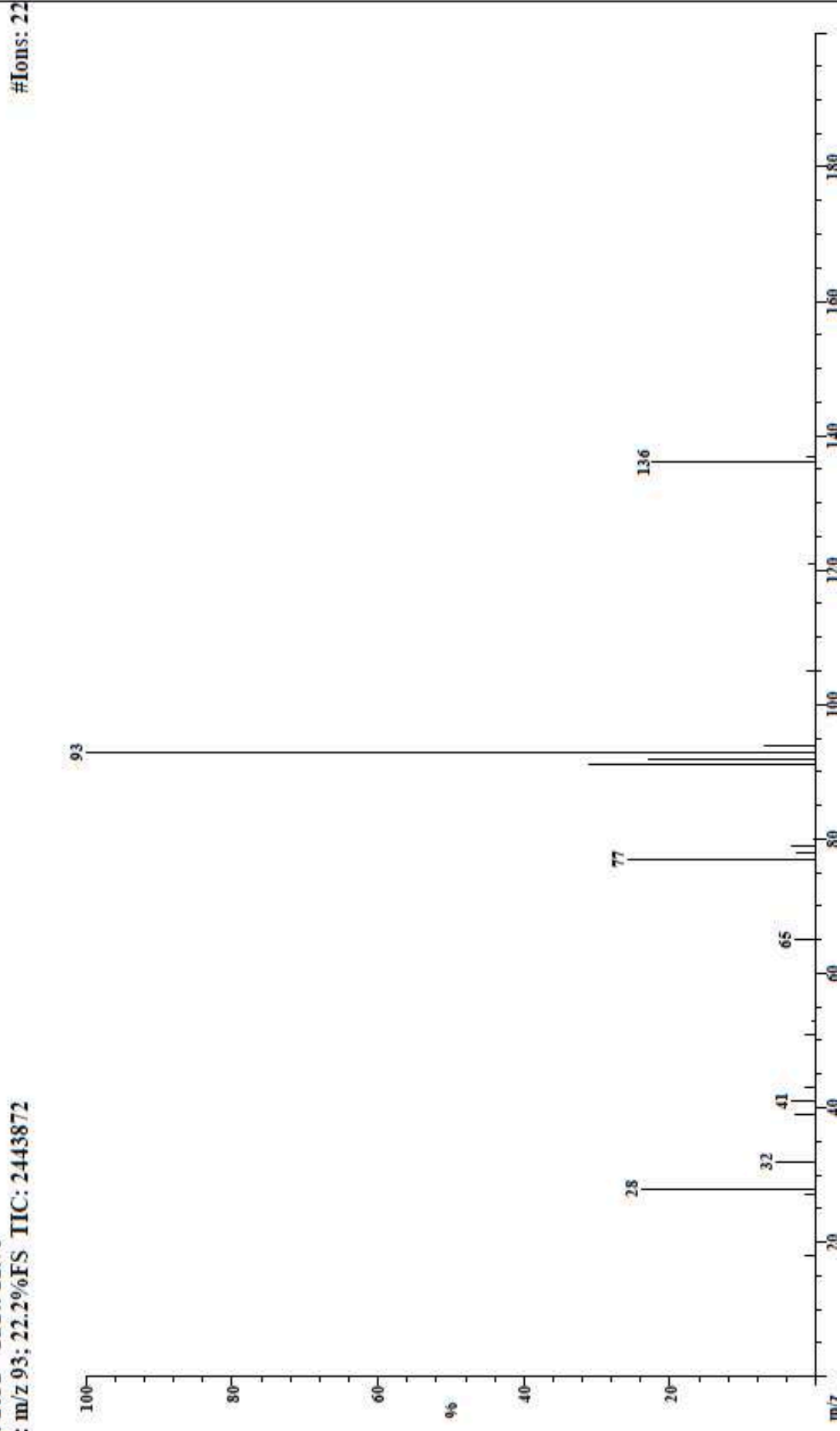
#Ions: 21



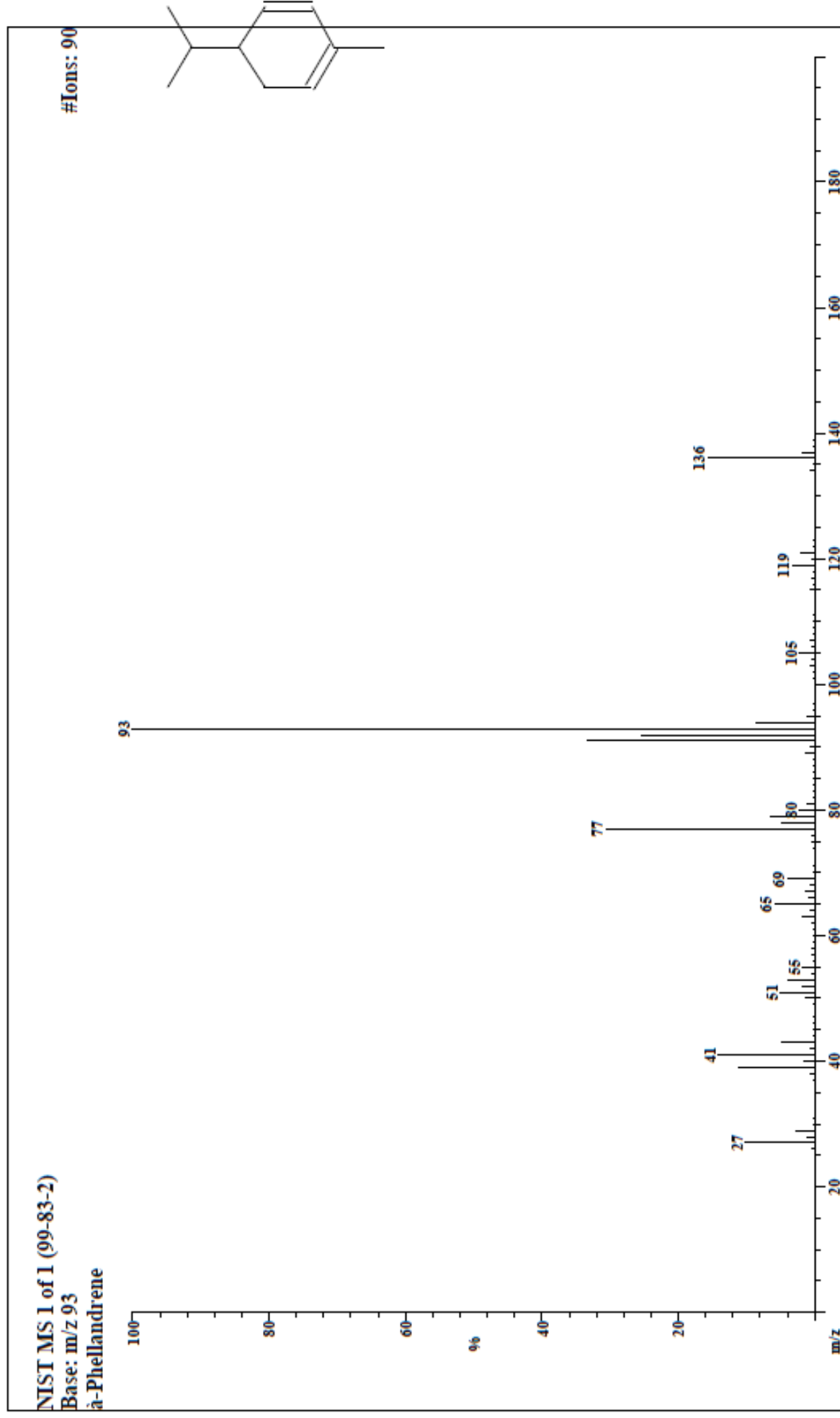
## Instituto de Química (UNAM)

File: STE-3488-Aceite esencial copal Date Run: 07-09-2012 (Time Run: 07:39:10)  
Sample: Dr Tafoya IPN Columna HP-5  
Instrument: JEOL GCmate Ionization mode: EI+  
Inlet: GC

Scan: 1031 R.T.: 11.76  
Base: m/z 93; 22.2%FS TIC: 2443872





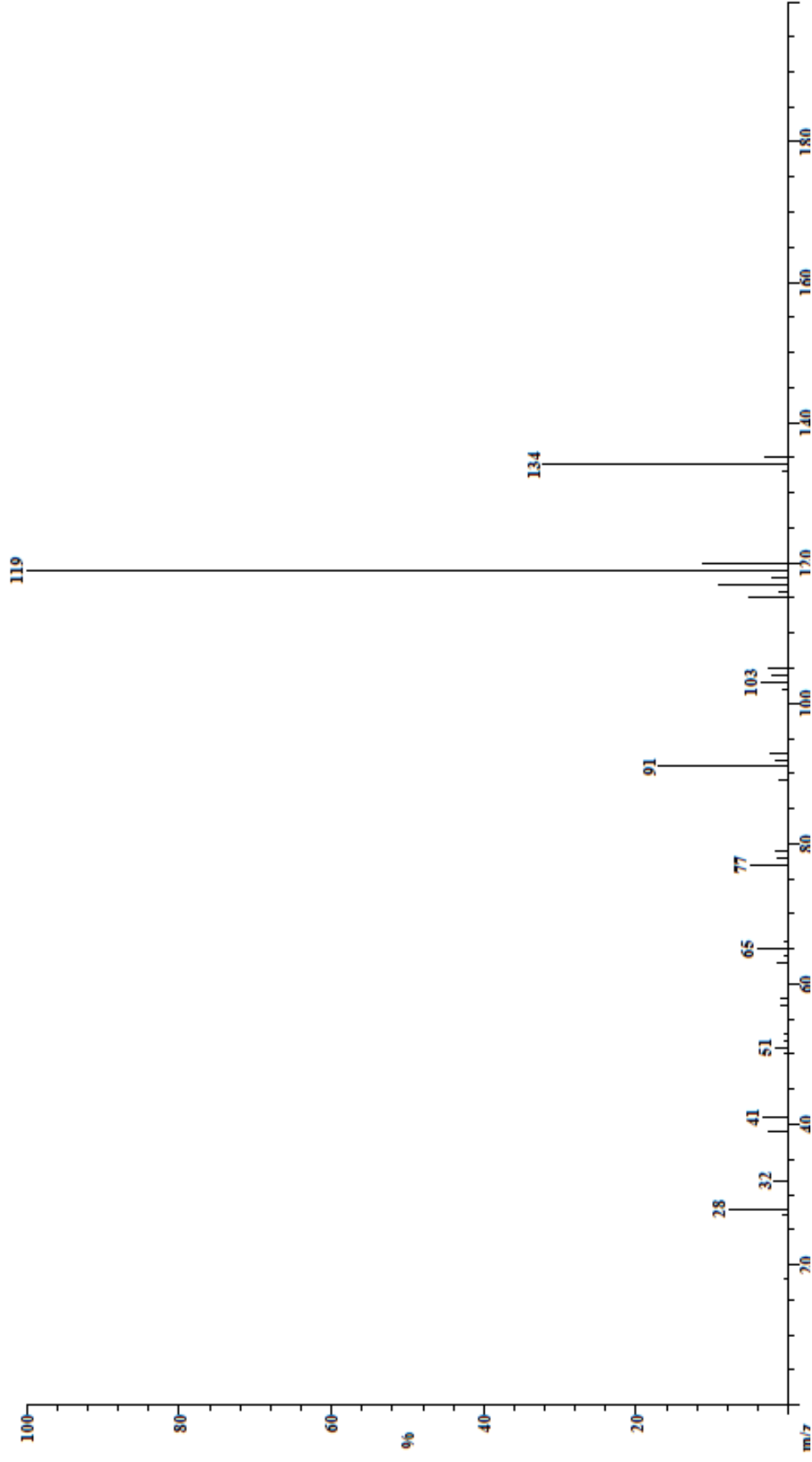


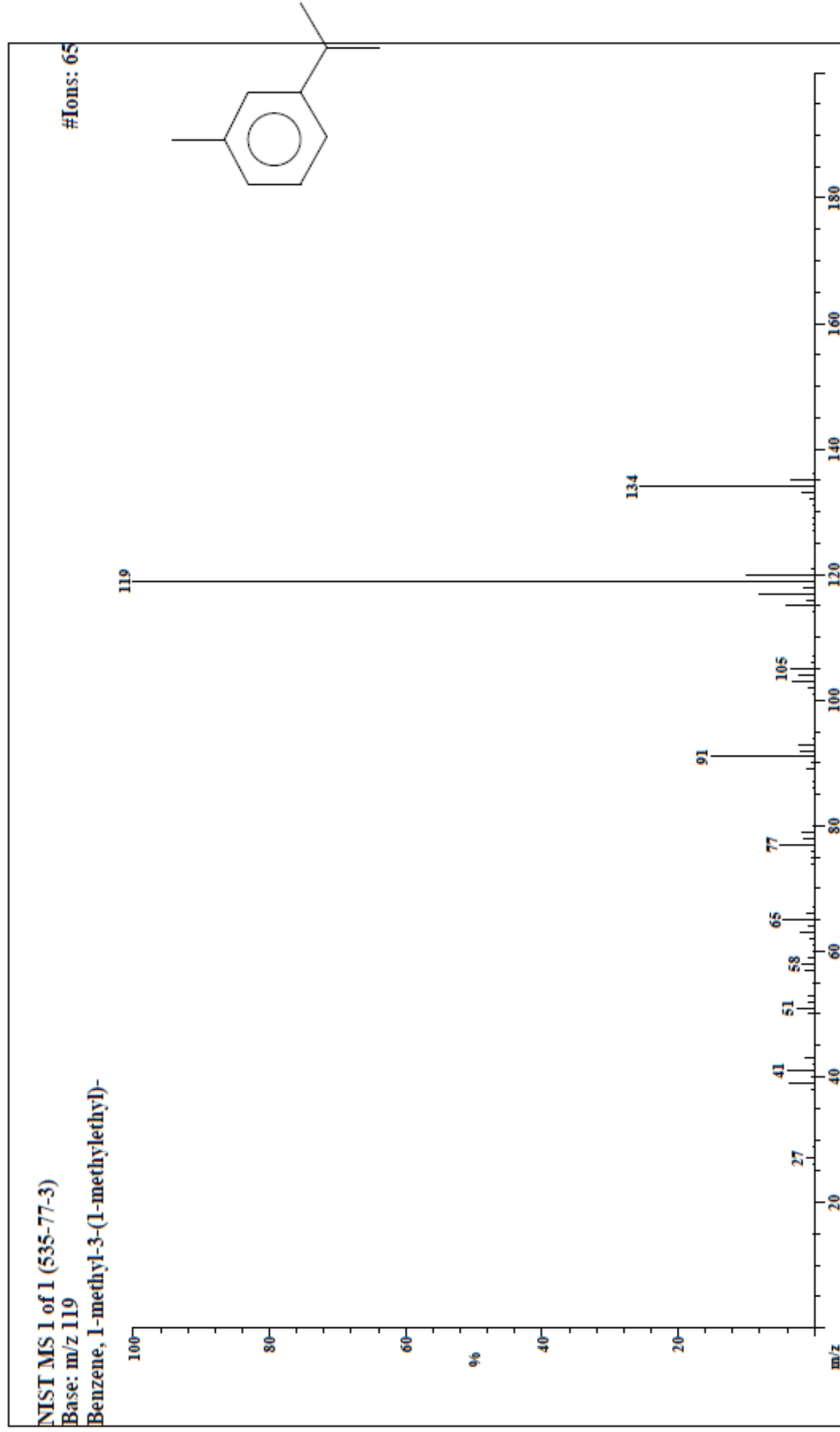
Instituto de Química (UNAM)

File: STE-3488-Aceite esencial copal Date Run: 07-09-2012 (Time Run: 07:39:10)  
Sample: Dr Tafoya IPN Columna HP-5  
Instrument: JEOL GCmate Ionization mode: EI+  
Inlet: GC

Scan: 1126 R.T.: 12.56  
Base: m/z 119; 80.4%FS TIC: 7882192

#Ions: 45



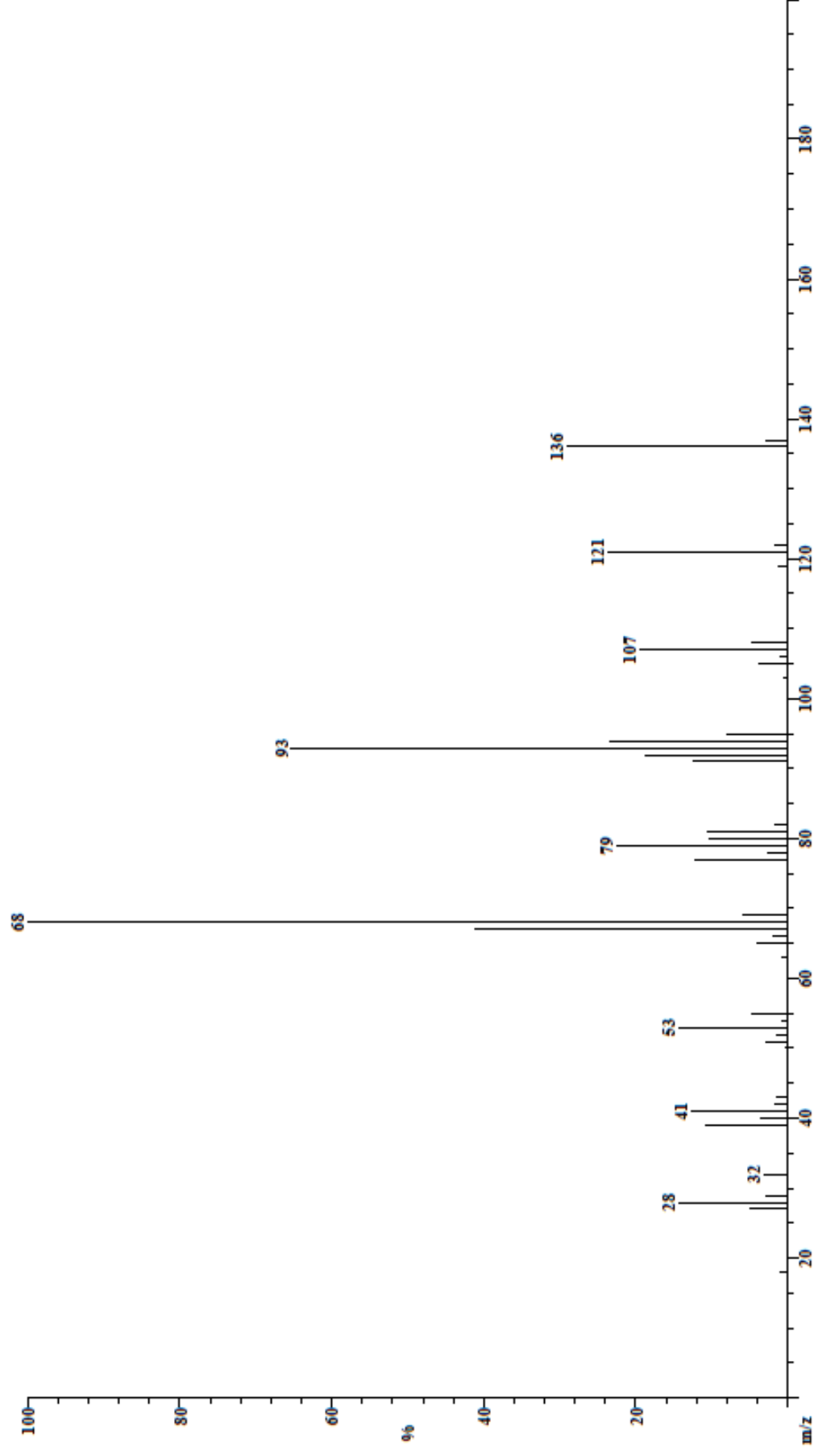


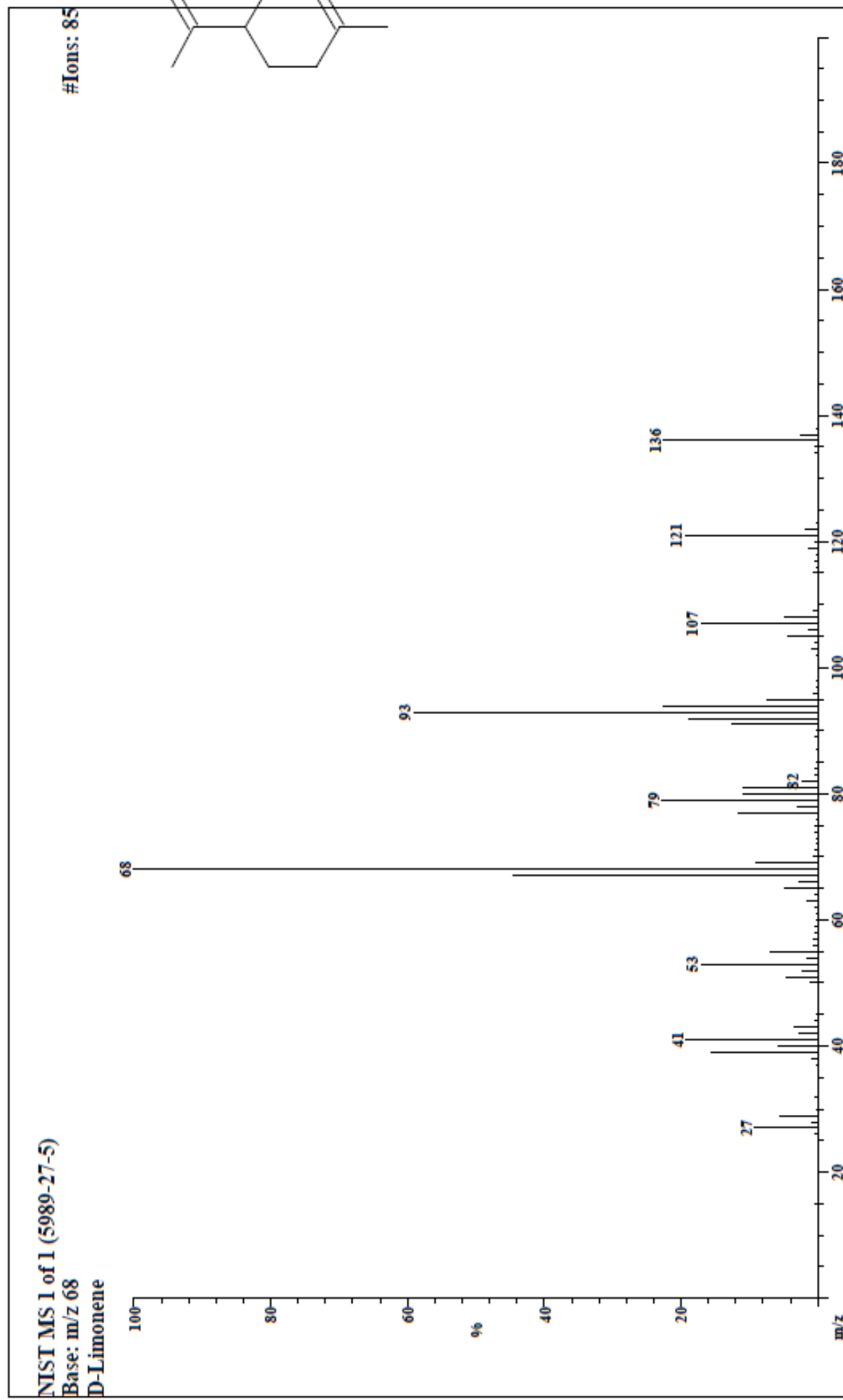
## Instituto de Química (UNAM)

File: STE-3488-Aceite esencial copal Date Run: 07-09-2012 (Time Run: 07:39:10)  
Sample: Dr Tafoya IPN Columna HP-5  
Instrument: JEOL GCmate Ionization mode: EI+  
Inlet: GC

Scan: 1143 R.T.: 12.71  
Base: m/z 68; 44%FS TIC: 9386816

#Ions: 44





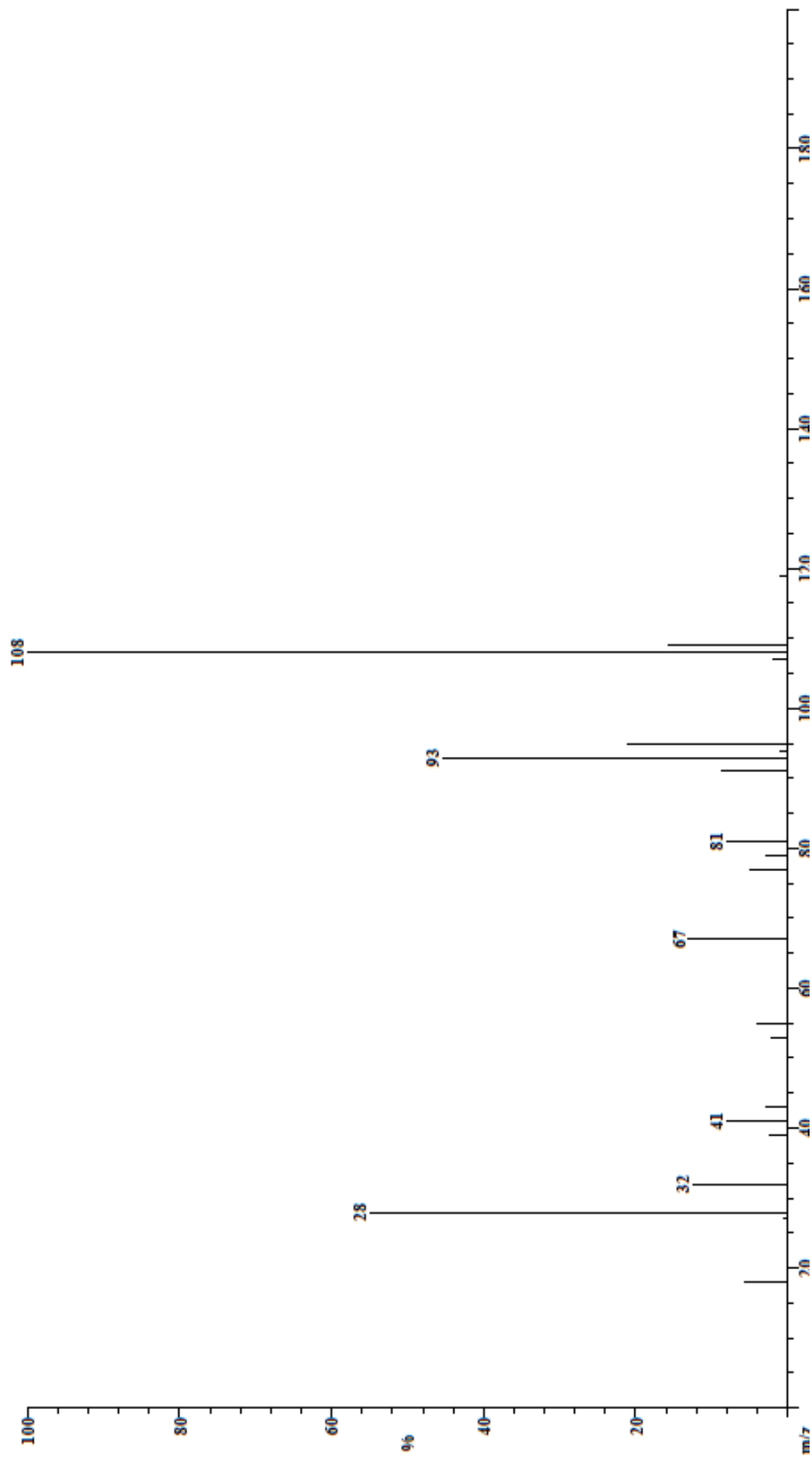
*Instituto de Química (UNAM)*

File: STE-3488-Aceite esencial copal Date Run: 07-09-2012 (Time Run: 07:39:10)  
Sample: Dr Tafoya IPN Columna HP-5  
Instrument: JEOL GCmate Ionization mode: EI+  
Inlet: GC

Scan: 1564 R.T.: 16.28

Base: m/z 108; 7.8%FS TIC: 1029200

#Ions: 21

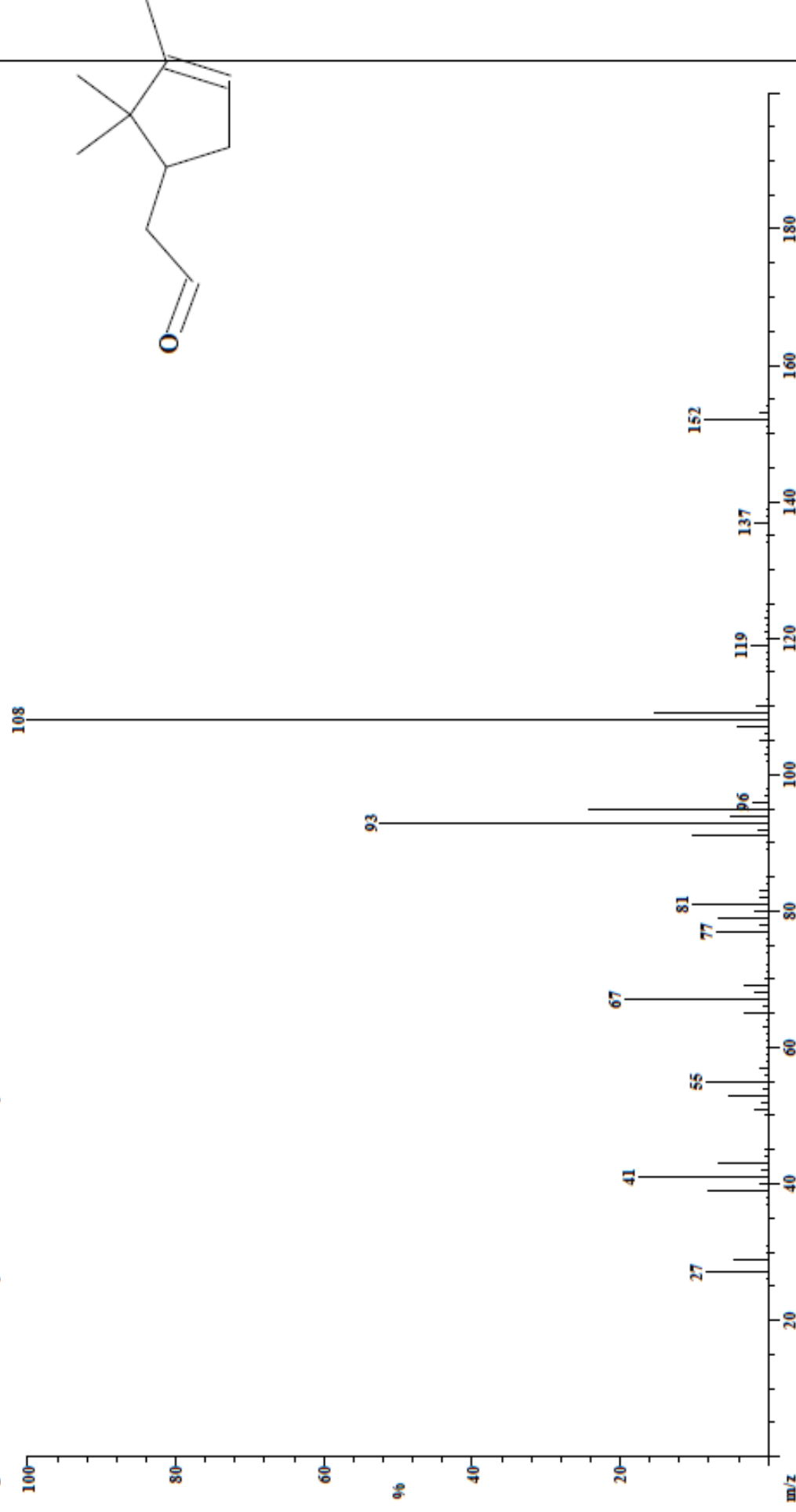


NIST MS 1 of 1 (4501-58-0)

Base: m/z 108

3-Cyclopentene-1-acetaldehyde, 2,2,3-trimethyl-

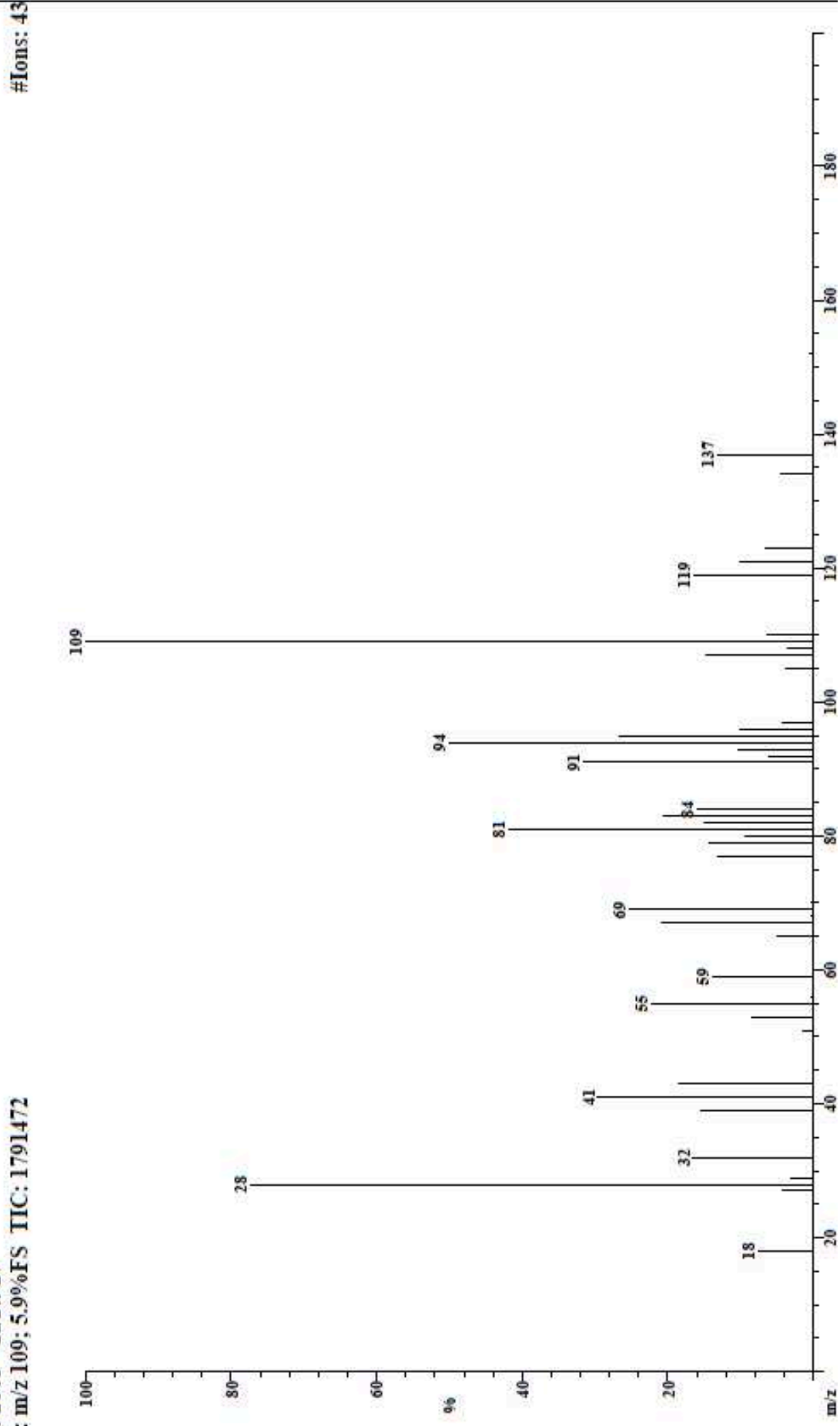
#Ions: 90



Instituto de Quimica (UNAM)

File: STE-3488-Aceite esencial copal Date Run: 07-09-2012 (Time Run: 07:39:10)  
Sample: Dr Tafoya IPN Columna HP-5  
Instrument: JEOL GCmate Ionization mode: EI+  
Inlet: GC

Scan: 1648 R.T.: 17  
Base: m/z 109; 5.9%FS TIC: 1791472



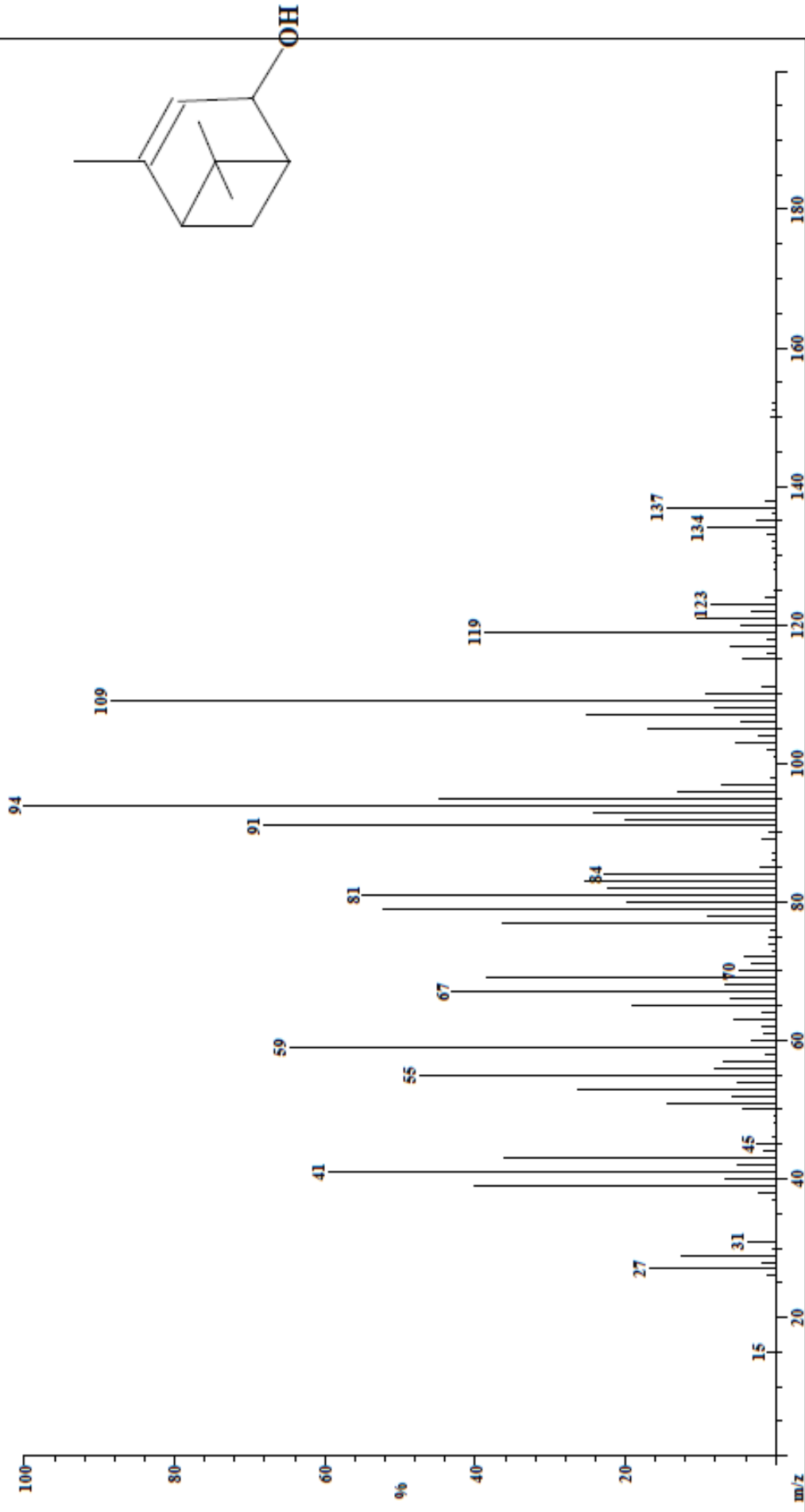


NIST MS 1 of 1 (18881-04-4)

Base: m/z 94

Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-ol, 4,6,6-trimethyl-, [1S-(1à,2à,5à)]-

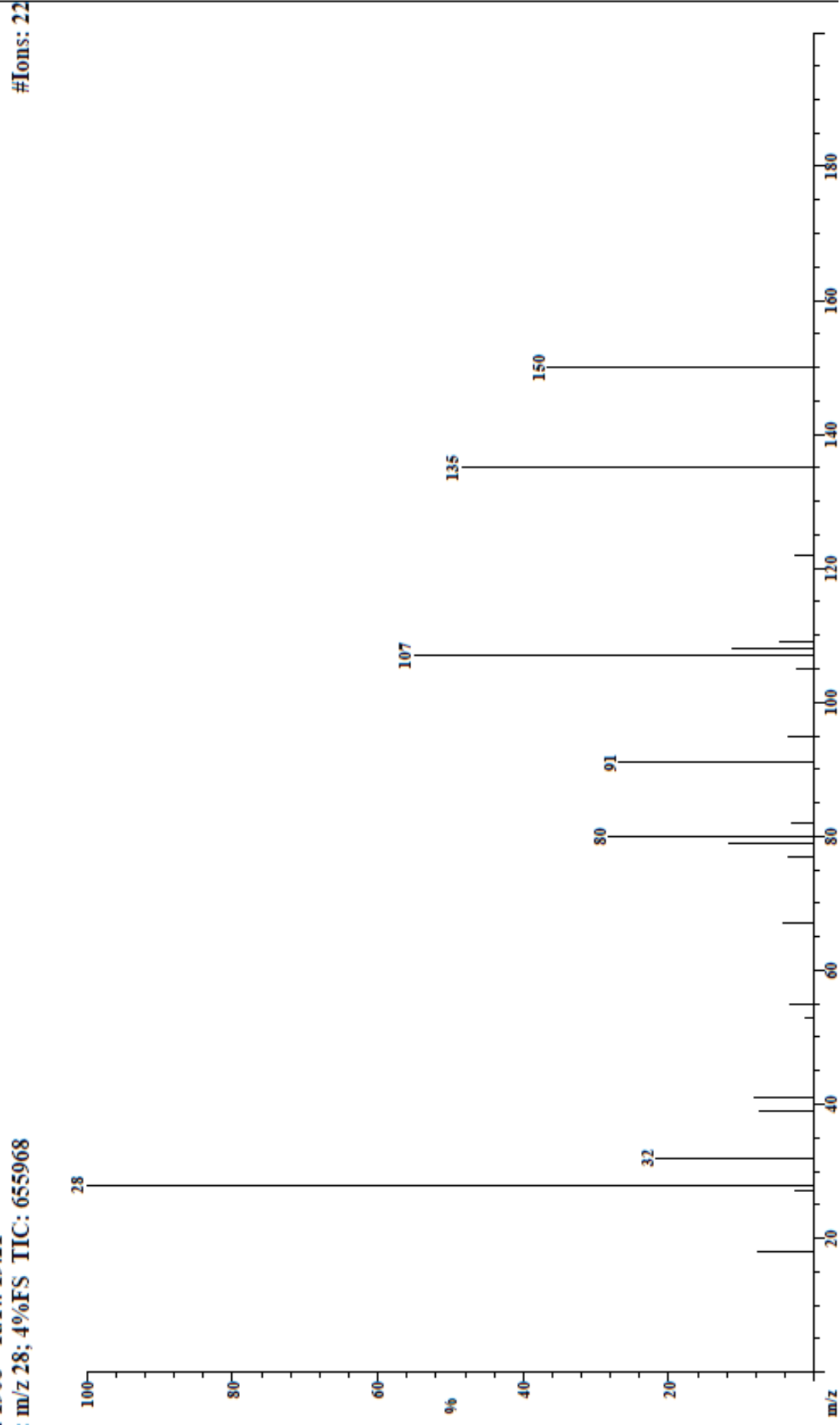
#Ions: 102



*Instituto de Química (UNAM)*

File: STE-3488-Aceite esencial copal Date Run: 07-09-2012 (Time Run: 07:39:10)  
Sample: Dr Tafoya IPN Columna HP-5  
Instrument: JEOL GCmate Ionization mode: EI+  
Inlet: GC

Scan: 1908 R.T.: 19.21  
Base: m/z 28; 4%FS TIC: 655968



NIST MS 1 of 1 (473-06-3)

Base: m/z 107

Bicyclo[3.1.1]hept-2-en-6-one, 2,7,7-trimethyl-

#Ions: 55

