

**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**“COMPARACION QUÍMICA Y DE RENDIMIENTO  
DEL ACEITE ESENCIAL DE HOJA Y RAÍZ DE  
*Valeriana prionophylla* Standl. DE DOS DIFERENTES  
LOCALIDADES DE GUATEMALA”**

**RAMÓN BENJAMÍN PIEDRASANTA BATZ**

**MAESTRÍA MULTIDISCIPLINARIA EN  
PRODUCCIÓN Y USO DE PLANTAS MEDICINALES**

**Guatemala, noviembre del 2007**

**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**“COMPARACION QUÍMICA Y DE RENDIMIENTO  
DEL ACEITE ESENCIAL DE HOJA Y RAÍZ DE  
*Valeriana prionophylla* Standl. DE DOS DIFERENTES  
LOCALIDADES DE GUATEMALA”**



**Informe de tesis  
Presentado por**

**RAMÓN BENJAMÍN PIEDRASANTA BATZ**

**Para optar al título de**

**MAESTRÍA MULTIDISCIPLINARIA EN  
PRODUCCIÓN Y USO DE PLANTAS MEDICINALES**

**Guatemala, noviembre del 2007**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**JUNTA DIRECTIVA**

Óscar Manuel Cóbar Pinto, Ph.D	DECANO
Pablo Ernesto Oliva Soto	SECRETARIO
Licda. Lillian Raquel Irving Antillón, M.A.	VOCAL I
Licda. Liliana Vides de Urizar	VOCAL II
Licda. Beatriz Eugenia Batres Jiménez	VOCAL III
Br. Mariesmeralda Arriaga Monterroso	VOCAL IV
Br. José Juan Vega Pérez	VOCAL V

**CONSEJO ACADÉMICO  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

Óscar Manuel Cóbar Pinto, Ph.D., DECANO

Licda. Anne Liere de Godoy, M.Sc.

Dr. Jorge Luis de León Arana

Dr. Jorge Erwin López Gutiérrez

Félix Ricardo Veliz Fuentes, M.Sc.

## INDICE

Resumen	1
1. Introducción	2
2. Definición del Problema	3
3. Justificación	4
4. Marco Teórico	5
4.1 Aceites Esenciales	5
4.2 Composición Química de los aceites esenciales	5
4.3 Clasificación de los aceites esenciales	6
4.4 Distribución y estado natural	7
4.5 Análisis de los aceites esenciales	7
4.6 Deterioro que están expuestos los aceites esenciales	8
4.7 Técnicas de extracción y aislamiento	8
4.7.1 Expresión	8
4.7.2 Extracción por arrastre con vapor de agua	8
4.7.3 Extracción con solventes volátiles	9
4.7.4 Enfloración	9
4.7.5 Extracción con fluidos supercríticos	9
4.8 Descripción botánica de <i>Valeriana prionophylla</i> Standl	12
4.8.1 Descripción botánica	12
4.8.2 Distribución	13
4.8.3 Hábitat	13
4.8.4 Usos populares	13
4.8.5 Composición química	13
4.9 Cromatografía de Gases-masa	13
4.10 Cromatografía en capa fina (TLC)	14
5. Objetivos	16
5.1 General	16
5.2 Específicos	16
6. Hipótesis estadística	17

6.1	Nula	17
6.2	Alternativa	17
7.	Método de Investigación	18
7.1	Localización	18
7.2	Recursos humanos	18
7.3	Recursos materiales	19
7.4	Metodología experimental	20
7.4.1	Diseño de tratamientos	20
7.4.2	Diseño experimental	20
7.4.3	Unidad experimental	20
7.4.4	Variable respuesta	20
7.4.5	Manejo del experimento	21
7.4.6	Descripción del procedimiento	21
7.4.6.1	Extracción con arrastre de vapor de agua	21
7.4.7	Metodología de la cromatografía en capa fina (TLC)	22
8.	Análisis de la información	23
8.1	Modelo estadístico	23
8.2	Análisis estadístico	23
9.	Resultados	24
9.1	Resultados del análisis estadístico de la información	26
10	Discusión de resultados	29
11.	Conclusiones	32
12.	Referencias bibliográficas	33
13.	Anexo 1 Equipo utilizado	35
14.	Anexo 2 Fotografías de la obtención y secado del material vegetal	38
15.	Anexo 3 Salidas del análisis cromatográfico	40

## RESUMEN

En el presente trabajo se han determinado los porcentajes de rendimiento de hoja y raíz de *Valeriana prionophylla Standl*, así como la determinación de la composición química del aceite esencial de dos tipos de cultivares, siendo estos Cerro Raxquím en Totonicapán, que este es un tipo de cultivo silvestre y el otro que está ubicado en el Departamento de San Marcos, Municipio Tacaná, aldea Vista Hermosa. Los aceites esenciales han sido extraídos de las muestras secas, utilizando el método de arrastre con vapor, obteniendo como resultado que el aceite esencial de raíz procedente del Departamento de Totonicapán, es el que presenta mayor porcentaje de rendimiento con un 0.3622 %, además es el que presenta mayor abundancia de ácido valérico; por otra parte el porcentaje de aceite esencial de hoja y raíz procedente del Departamento de San Marcos presenta rendimientos similares, pero la presencia de ácido valérico es mínima.

A los resultados de rendimiento se les realizó un Análisis de Varianza, confirmando que existe diferencia significativa, entre los dos tipos de cultivares y las dos partes vegetativas utilizadas.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las plantas poseen una gran variedad de principios activos, que están asociadas a los procesos vitales básicos, y los metabolitos secundarios participan activamente en el ajuste del vegetal a las condiciones ambientales así como con la interrelación con parásitos y simbioses. (5)

Para el ser humano, los metabolitos secundarios, especialmente aquellas de origen vegetal, poseen diversas aplicaciones siendo utilizadas en salud, alimentación, perfumería e higiene personal.

Éstas sustancias se pueden obtener por diferentes procesos, dependiendo de la finalidad y del grado de pureza pretendido. Técnicas como expresión, destilación simple, arrastre con vapor de agua y maceración con disolventes son algunas de las más empleadas. La selección del método de extracción depende de factores como viabilidad económica y estabilidad térmica y química.

Los métodos tradicionales de extracción/separación, con la utilización de solventes orgánicos, están sujetos a dos problemas principales: el uso de temperaturas elevadas para separar los solventes de los extractos ocasionando una pérdida en la composición de los componentes volátiles o termosensibles de la planta y el aumento de la temperatura, con lo cual difícilmente es posible la eliminación completa del solvente residual el que puede acarrear alteraciones químicas en el soluto.

Esta planta medicinal, actualmente es cultivada en la parte noroccidente del país y además crece de forma silvestre en el altiplano nacional, posee un aceite esencial bastante característico, y que tiene un olor bastante parecido a la *Valeriana officinalis*, planta que es ampliamente utilizada a nivel mundial como un potente sedante y para inducir el sueño. Es una planta ampliamente estudiada y se tiene la evidencia que el aceite esencial es el que tiene el principio activo responsable de dicha acción farmacológica. En el caso de la *Valeriana prionophylla* no existen estudios de la composición química del aceite esencial, por tal razón es importante que se sienten las bases para contar con estudios referentes a esta planta medicinal y lo mas importante, que es nativa de Guatemala y por su parecido a la *Valeriana officinalis*, puede ser una planta con un gran potencial económico para nuestro país.

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La *Valeriana prionophylla* una planta nativa de Mesoamérica , que en estudios aún no publicados, se ha demostrado que la raíz contiene ácido valerénico que es el principal componente del aceite esencial y otros componentes como valepotriatos. Además, esta planta presenta actividad sedante, así como se ha demostrado en un estudio reciente que tiene actividad antioxidante y vasorelajante. (1,12) Los aceites esenciales son líquidos volátiles que tienen una gran infinidad de usos en la industria y en medicina, con pequeñas cantidades pueden tener el efecto terapéutico para curar muchas enfermedades. En el caso del aceite esencial de la *Valeriana prionophylla*, se sabe que por su similitud con la *Valeriana Officinalis*, el mismo es el responsable de tener el principio activo que actúa directamente sobre algunos trastornos del sueño, además de ser un poderoso sedante. Existen diferentes métodos para obtener el aceite esencial entre estos están: arrastre con vapor, extracción con disolventes volátiles, expresión, enfloración y extracción con fluidos supercríticos. En la actualidad, no existe estudios acerca de la evaluación del rendimiento, de la composición química ni de la calidad del aceite esencial de *Valeriana prionophylla*, y en este estudio se evaluó el rendimiento de aceite obtenido de hoja y raíz de dos localidades de cultivo que fueron: El cerro Raxquim en Tonicapán, y el departamento de San Marcos, municipio Tacaná, Aldea Vista Hermosa, teniendo como referencia de calidad la presencia de ácido valerico.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Los aceites esenciales son de importancia para el ser humano, por su utilidad y beneficio que brindan, siendo estos utilizados como materias primas en diferentes artículos como lo son: perfumería, preparados fitofarmacéuticos, condimentos, pesticidas, etc. El principal inconveniente que se presenta, es que la mayoría de las plantas vegetales que tienen aceite esencial, tienen bajos rendimientos, y que los costos para obtenerlos son elevados. Por otra parte se sabe que cuando existen condiciones climatológicas de crecimiento de las plantas, condiciones de suelo, época de cultivo, de cosecha y todo lo referente a la parte agrotecnológica, puede presentarse una gran variabilidad de metabolitos secundarios, y con este estudio se están sentando las bases necesarias, para que un futuro se pueda hacer más estudios donde se evalúe diferentes métodos de obtención de aceite esencial de *Valeriana prionophylla*, ya que se sabe que el mismo es bastante beneficioso para combatir varias afecciones provocadas por la falta de sueño.

## **4. MARCO TEÓRICO**

### **4.1 Aceites Esenciales**

Son los compuestos odoríferos naturales que se encuentran en las plantas y son aislados de las mismas. Generalmente, son líquidos (en algunas ocasiones semisólidos y muy raras veces sólidos) poco solubles en agua pero si volatilizables con vapor, se evaporan a diferentes velocidades bajo presión atmosférica.

Los componentes volátiles provenientes de plantas han atraído la atención del hombre desde la antigüedad como principios aromáticos o especies de gran complejidad en su composición. El estudio de los aceites esenciales como materias primas básicas para la industria de fragancias, sabores y medicinales, se ha transformado en una de las áreas de investigación y desarrollo más importante para muchos países. Inicialmente considerados como material de deshecho del metabolismo de las plantas, la importancia biológica de los aceites esenciales ha sido reconocida sólo recientemente.

El término aceite esencial es utilizado, en general, para designar sustancias volátiles obtenidas por extracción, a base de vapor de las plantas, o por otros métodos. Con esta definición, se quiere hacer una distinción entre los aceites fijos y los que son fácilmente volátiles. Las propiedades básicas que caracterizan a estos aceites son la volatilidad y origen vegetal. El termino popular más común con el que se conocen estas sustancia es el de esencias, también se conocen por el nombre de aceites volátiles o etéreos. (3)

En su gran mayoría son de olor agradable, aunque existen algunos de olor relativamente desagradable como por ejemplo los componentes que forman parte de la fracción aromática del ajo y la cebolla, los cuales contienen compuestos azufrados.

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

### **4.2 Composición Química de los aceites esenciales**

La composición química de los aceites esenciales es variada, en una misma especie la composición cambia. Se pueden encontrar más de cincuenta compuestos químicos en

una planta en proporciones considerables, para ser tomados en cuenta como componentes importantes del aceite. Hay componentes químicos, cuya cantidad presente en el aceite esencial, no es considerable cuantitativamente, pero si influye cualitativamente.

Los aceites esenciales generalmente son mezclas complejas de hasta más de 100 componentes que pueden tener la siguiente naturaleza química: (7)

- Compuestos alifáticos de bajo masa molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos),
- Monoterpenos,
- Sesquiterpenos,
- Fenilpropanos.

#### **4.3 Clasificación de los aceites esenciales**

Los aceites esenciales se clasifican con base en diferentes criterios: consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios.

De acuerdo con su consistencia, los aceites esenciales se clasifican en esencias fluidas, bálsamos y oleorresinas. Las esencias fluidas son líquidos volátiles a temperatura ambiente. Los bálsamos son de consistencia más espesa, son poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización, son ejemplos el bálsamo de copaiba, el bálsamo del Perú, Benjuí, bálsamo de Tolú, Estoraque, etc. Las oleorresinas tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas (caucho, gutapercha, chicle, oleorresina de páprika, de pimienta negra, de clavo, etc.)

De acuerdo a su origen los aceites esenciales se clasifican como naturales, artificiales y sintéticos. Los naturales se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su rendimiento tan bajo son muy costosos. Los artificiales se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes, por ejemplo, la mezcla de esencias de rosa, geranio, jazmín enriquecidas con linalool, o la esencia de anís enriquecida con anetol. Los aceites esenciales sintéticos como su nombre lo indica 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. (7)

Desde el punto de vista químico y a pesar de su composición compleja, los aceites esenciales se pueden clasificar de acuerdo con los componentes mayoritarios. Según esto los aceites esenciales ricos en monoterpenos se denominan aceites esenciales monoterpénicos (por Ej. Hierbabuena, albahaca, salvia, etc.). Los ricos en sesquiterpenos son los aceites esenciales sesquiterpénicos (por ej. Copaiba, pino, junípero, etc.) Los ricos en finilpropanos son los aceites esenciales fenilpropanoides (por ej. Clavo, canela, anís, etc.)

#### **4.4 Distribución y estado natural**

Los aceites esenciales se encuentran ampliamente distribuidos en plantas que incluyen las Compuestas, Labiadas, Lauráceas, Mirtáceas, Pináceas, Rosáceas, Rutáceas, Umbelíferas, etc. Se les puede encontrar en diferentes partes de la planta: en las hojas (ajenjo, albahaca, eucalipto, hierbabuena, mejorana, menta, etc), en las raíces (angélica, cúrcuma, jengibre, sándalo, sazafrás, valeriana, vetiver, etc.), en el pericarpio del fruto (cítricos como limón, mandarina, naranja, etc.) en las semillas (anís, cardamomo, hinojo, comino, etc.) en el tallo (canela, etc.) en las flores (lavanda, manzanilla, pinetro, tomillo, rosa, etc.) y en los frutos (nuez moscada, perejil, pimienta, etc.)

#### **4.5 Análisis de los aceites esenciales**

Los fines principales del análisis de los aceites volátiles son el descubrimiento de adulteración y la evaluación de la calidad de un aceite no adulterado. Rara vez se realiza un análisis para identificación.

Se hace un examen preliminar y organoléptico, en el cual se coloca una muestra del aceite en un frasco o probeta graduada. Se observa el color, la claridad, la viscosidad, la presencia o ausencia de sedimentos, las ceras separadas y el agua. A continuación se caracteriza la muestra por medio de cromatografía gaseosa, para identificar los principales

componentes y, de ser posible, cuantificarlos. Finalmente se evalúan sus propiedades fisicoquímicas como densidad, solubilidad e índice de refracción.

También se ejecutan pruebas especiales según el aceite con que se ensaya (contenido de ésteres, total de alcoholes, punto de congelación, residuo de evaporación, porcentaje de aldehídos, etc.) El análisis para determinar componentes se realiza a través de comparación con estándares, en cromatografía de gases o en cromatografía de capa fina, lo cual indica que componentes posee un aceite esencial. (2,3)

#### **4.6 Deterioro a que están expuestos los aceites esenciales**

Generalmente, el deterioro es atribuido a reacciones generales como: oxidación, resinificación, polimerización, hidrólisis de ésteres y a la interacción de grupos funcionales. Estos procesos parecen estar activados por calor, aire, oxígeno, humedad, luz y en algunos casos, posiblemente por metales. (9)

#### **4.7 Técnicas de extracción y aislamiento**

Los diferentes procesos de extracción utilizados para extraer de las muestras vegetales mediante diferentes métodos como: Expresión, arrastre con vapor de agua, extracción con solventes volátiles, enfloración y con fluidos supercríticos.

##### **4.7.1 Expresión**

Consiste en extraer el aceite esencial al prensar el material vegetal, mediante un proceso mecánico, obteniéndose aceite esencial de alta calidad. Este método también se utiliza para obtener el aceite graso de la semilla del algodón. Comercialmente se utiliza poco en la obtención de aceite esencial por el bajo rendimiento y alto costo, incluso para extraer el aceite graso de la semilla del algodón se combina con la lixiviación para obtener un buen rendimiento.

##### **4.7.2 Arrastre con arrastre con vapor de agua**

La muestra vegetal generalmente fresca y cortada en trozos pequeños, se coloca en un recipiente cerrado y sometida a una corriente de vapor de agua sobrecalentado, la esencia así arrastrada es posteriormente condensada, recolectada y separada de la fracción acuosa. Esta técnica es muy utilizada especialmente para esencias fluidas, especialmente las utilizadas en perfumería. Se utiliza a nivel industrial debido a su alto rendimiento, la pureza del aceite obtenido y porque no requiere tecnología sofisticada. (13)

#### **4.7.3 Extracción con solventes volátiles**

La muestra seca y molida se pone en contacto con solventes tales como alcohol, cloroformo, etc. Estos solventes solubilizan la esencia pero también solubilizan y extraen otras sustancias tales como grasas y ceras, obteniéndose al final una esencia impura. Se utiliza a escala de laboratorio pues a nivel industrial resulta costoso por el valor comercial de los solventes, porque se obtienen esencias impurificadas con otras sustancias, y además por el riesgo de explosión e incendio característicos de muchos solventes orgánicos volátiles. (8)

#### **4.7.4 Enfloración**

El material vegetal (generalmente flores) es puesto en contacto con una grasa. La esencia es solubilizada en la grasa que actúa como vehículo extractor. Se obtiene inicialmente una mezcla (concreto) de aceite esencial y grasa la cual es separada posteriormente por otro medio físico-químico. En general se recurre al agregado de alcohol caliente a la mezcla y su posterior enfriamiento para separar la grasa (insoluble) y el extracto aromático (absoluto). 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. (9)

#### **4.7.5 Extracción con fluidos supercríticos**

Es el desarrollo más reciente. 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 fluido en estado supercrítico (por ejemplo CO<sub>2</sub>), las esencias son así

solubilizadas y arrastradas y el fluido supercrítico, que actúa como solvente extractor, se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente, y finalmente se obtiene una esencia cuyo grado de pureza depende de las condiciones de extracción. 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, sin embargo el equipo requerido es relativamente costoso, ya que se requieren bombas de alta presión y sistemas de extracción también resistentes a las altas presiones.(11)

Cuadro No. 1 Métodos de extracción de mezclas aromáticas

<b>Métodos de extracción de mezclas aromáticas</b>			
<b>Método</b>	Procedimiento		Productos obtenidos
<b>1. Métodos directos</b>			
		1.1.1 Compresión de cáscaras	
	<b>1.1 Expresión</b>		aceites esenciales cítricos
		1.1.2 Raspado de cáscaras	
	<b>1.2 Exudado</b>	1.2.1 Lesiones mecánicas en corteza	gomas, resinas, bálsamos
<b>Destilación</b>			
	<b>2.1 Directa</b>		
	<b>2.2 Por arrastre con vapor (directo, indirecto a presión, a vacío)</b>		aceites esenciales, y aguas aromáticas
<b>3. Extracción con solvente</b>	<b>3.1 Solventes volátiles</b>	3.1.1 En caliente	Infusiones y resinoides alcohólicos en caliente, oleoresina
		3.1.2 En frío	Concretos y absolutos, resinoides en frío, oleoresinas
		3.2.1 En caliente	pomadas en caliente, lavados y absolutos de pomadas.
	<b>3.2 Solventes fijos (grasas y aceites)</b>		
		3.2.2 En frío	pomadas en frío, lavados y absolutos de enflorados
<b>4. Extracción con fluidos supercríticos</b>			
	Cosolvente	40°C	Aceites esenciales

#### 4.8 Descripción Botánica de *Valeriana prionophylla* Standl.

Nombre Científico: *Valeriana prionophylla* Standl

Nombres Comunes: Pericón de monte, valeriana

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	MAGNOLIOPHYTA
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Dipsacales
Familia:	Valerianaceae
Género:	<i>valeriana</i>
Especie:	<i>prionophylla</i>

##### 4.8.1 Descripción Botánica:

Hierba perenne erecta, a menudo bifurcada, raíces olorosas, los tallos de 10-80 cm de alto, esparcidamente pilosos o casi glabros, los núcleos pilosulosos; hojas predominantemente basal, usualmente numerosas y aprisionadas, algunas cespitosas, las hojas individadas, oblongo-linear a espaluladas, de mayoría de 3-30 cm de largo, 0.5-3 cm. de ancho, obtusas, atenuadas hacia la base subpeciolar, los margenes serrados, serrado-dentado, crenada o raramente entero, usualmente ciliado, glabra o pilosulada, hojas caulinares 2-3 pares principalmente 2-20 cm. de largo, usualmente sesiles y envuelta en la base, algunas veces corto-perciolada; inflorescencia largamente redunculada, las flores numerosas dispuestas en un dicasio agregado, densa o difusa; bracteas lineares, limbo del cáliz con 9-11 segmentos exserta, lan anteras aprisionadas 4-lobadas, la teca surcada: estilo exserto aquinios 2-3 cm. de longitud, lisos o transversalmente ruguloso, glabreo o písuloso, el adaxial con costrilas usualmente conspicuas. (4)

#### **4.8.2 Distribución:**

Chimaltenango, Guatemala, Huehuetenango, Quetzaltenango, Sacatepéquez, San Marcos, Sololá, Totonicapán, México (Chiapas) y Costa Rica.

#### **4.8.3 Hábitat:**

En campos abiertos, frío, bosque de pino, en prados montañosos fríos y húmedos o preferiblemente en lugares desérticos en riscos rocosos, algunas veces sobre calizas.

#### **4.8.4 Usos Populares:**

Sedante y antiespasmódico.

#### **4.8.5 Composición Química**

Generalmente está compuesto de componentes volátiles, valepotriatos, ácido valerénico. (14,16)

### **4.9 Cromatografía de Gases-masa**

En cromatografía de gases se incluyen todos los métodos cromatográficos en los que la fase móvil es un gas (gas portador), siendo la fase estacionaria un líquido (CGL) o un sólido (CGS). Se desarrolla en una columna cerrada en la que se encuentra retenida la fase estacionaria y por la que se hace pasar el gas portador, la técnica de separación es la elusión.

Iniciado el proceso cromatográfico los componentes de la mezcla se distribuyen entre la fase estacionaria y la fase móvil; la elusión tiene lugar forzando el paso de un gas inerte a través de la columna. La fase móvil no interacciona con el analito y su única misión es la de transportar la muestra.

La cromatografía gas-sólido tiene una fase estacionaria sólida en la cual se produce la retención de los analitos debido a la adsorción física sobre la superficie del sólido. Esta técnica ha tenido una aplicación limitada debido a la tendencia de los picos de elusión a formar colas y a la retención semipermanente de gases activos sobre la fase estacionaria. La cromatografía gas-líquido se basa en la distribución del analito entre una fase móvil gaseosa y una fase estacionaria líquida inmovilizada sobre la superficie de un sólido inerte (soporte) o en las paredes interiores de la columna, si ésta es capilar. (9)

#### **4.10 Cromatografía en capa Fina (TLC)**

La cromatografía en capa fina es una técnica cromatográfica utilizada, para separar componentes puros que forman parte de una mezcla. Esta separación se consigue mediante la diferencia entre las fuerzas de adhesión de las moléculas de los componentes a una fase móvil (normalmente un disolvente) y a una fase estacionaria (la llamada capa fina, que puede ser papel o gel de sílice). Esta diferencia se traduce en un mayor o menor desplazamiento o movilidad de cada componente individual, lo cual permite su separación e identificación.

En este método se utilizan como soporte placas de vidrio, plástico, aluminio, etc. En las que se deposita una fina capa de absorbente (gel de sílice, almidón, polvo de celulosa, etc.) Cuyo espesor puede ajustarse a conveniencia. A la altura de 1.5 cm de una de las bases se marca debidamente con un lápiz fino una línea teniendo cuidado de no romper la capa absorbente. Esta línea servirá de base para situar las muestras a analizar.

Una vez realizada la cromatografía, hay que identificar el compuesto. Escogemos la distancia recorrida desde el origen, pero esta distancia depende del tiempo, además de otros factores y, por lo tanto está muy en función de las condiciones experimentales. Si la relacionamos con otra, todas las variables se anularían, diferenciándose sólo en la distancia recorrida en la cromatografía y, por tanto, en la diferente naturaleza de los componentes.

La diversidad de absorbentes y eluyentes disponibles, permiten que esta técnica sea de utilidad para separar e identificar un amplio repertorio de biomoléculas. Una vez revelada la placa se puede establecer un coeficiente de relación entre la distancia alcanzada

por el frente y la distancia alcanzada por una sustancia específica, a esta relación se conoce con el nombre de  $R_f$  (distancia de la sustancia/frente de la fase móvil).

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 General

Comparar el aceite esencial obtenido de hoja y raíz de *Valeriana prionophylla*, de dos localidades, usando como marcador de calidad, la presencia de ácido valérico.

### 5.2 Específico

1. Determinar el porcentaje de rendimiento de aceite esencial de hoja y raíz de *Valeriana prionophylla*, de dos diferentes localidades.
2. Encontrar las variables óptimas de operación para el método de extracción utilizado.
3. Cuantificar por medio de cromatografía de gases-masa, el ácido valérico presente en cada aceite esencial extraído.
4. Identificar por medio de cromatografía de capa fina TLC, la presencia de ácido isovalerénico, en cada uno de los aceites esenciales extraídos.

## 6. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

### 6.1 Nula:

Ho: No existe diferencia significativa en el rendimiento de aceite esencial de *Valeriana prionophylla*, si se utilizan dos localidades diferentes de cultivo y dos partes de la planta (hoja y raíz).

$$\mu M_i T_i = \mu M_j T_j$$

Donde:

$\mu M_i T_i$ : Rendimiento de aceite esencial de valeriana de la interacción del i-ésimo experimento localidad.

$\mu M_j T_j$ : Rendimiento de aceite esencial de Valeriana de la interacción del j-ésimo experimento localidad.

### 6.2 Alternativa:

Ha: Existe diferencia significativa en el rendimiento de aceite esencial de *Valeriana prionophylla*, si se utilizan para la extracción, dos localidades diferentes de cultivo y dos partes de la planta (hoja y raíz).

$$\mu M_i T_i \neq \mu M_j T_j$$

## 7. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

### 7.1 Localización

La parte experimental de la investigación se llevó a cabo en los siguientes lugares:

- Laboratorio de Productos Naturales LIPRONAT de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala

En estas instalaciones se llevó a cabo la extracción de aceite esencial, aplicando el método de arrastre con vapor de agua.

- Laboratorio de ensayos toxicológicos de la antigua Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En este lugar se realizó el análisis de cromatografía de gases-masas, para identificar los componentes de dicho aceite.

### 7.2 Recursos Humanos

Autor de la Investigación: Ing. Benjamín Piedrasanta Batz

Asesor: Lic. M.A. Rodolfo Orozco

Sr. Miguel Angel Chiwichon Colaborador en la obtención del material silvestre de valeriana prionophylla

Lic. Zully Cruz: Colaboradora en la metodología en la extracción de hidrodestilación

### **7.3 Recursos Materiales**

#### **Especie Vegetal:**

Consiste de hojas y raíz, recolectadas en su hábitat natural

#### **A nivel de Laboratorio:**

1000 mL de agua desmineralizada

10 mL de pentano

Refrigerante para el agua del condensador

Agua de circulación y baño maría

#### **Cristalería y Equipo:**

- Equipo para extracción de aceites esenciales por arrastre con vapor (Figura 1)
- Balanza analítica
- Plancha de Calentamiento
- Bomba hidráulica
- Balón de 1000 mL
- Erlenmeayer de 50 mL
- Un embudo
- varilla de agitación perlas, núcleos de ebullición o agitador magnético
- Dos metros de manguera de caucho
- Dos soportes de 50 cm.
- Tres pinzas (adaptables a los soportes y el equipo de vidrio)
- Pizeta
- Cronómetro
- Recipiente para agua de destilación
- ocho viales de 1 mL
- Tres micro pipetas, con bulbo

- Beaker de 50 mL
- Cromatoplasmas para cromatografía en capa fina
- Cromatógrafo de gases-masa

#### **7.4 Metodología Experimental:**

##### **7.4.1 Diseño de tratamientos:**

Para el rendimiento y la calidad de la extracción de aceite esencial de *Valeriana prionophylla*, se evaluó hoja y raíz seca, de dos cultivares, silvestre y cultivado, por medio de arrastre con vapor de agua, obteniéndose cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno, dando como resultado doce datos.

##### **7.4.2 Diseño experimental.**

Se utilizó un diseño controlado, en el cual se aplicó un experimento factorial, con dos factores de efecto fijo, por lo que cada tratamiento fue seleccionado específicamente para realizarse en el laboratorio. Con el valor de cada repetición de la variable respuesta, se procedió a realizar el análisis de varianza.

##### **7.4.3 Unidad Experimental:**

Cada unidad de tratamiento para cada método estuvo distribuida de la siguiente manera:

- 50 gramos de material seco de raíz y hoja de *Valeriana prionophylla* para el método de arrastre con vapor de agua.

##### **7.4.4 Variable Respuesta:**

La variable de respuesta para cada método fue el rendimiento obtenido de aceite esencial.

#### **7.4.5 Manejo del Experimento:**

El material vegetal se obtuvo de dos estaciones de cultivo: En el cerro Raxquim ubicado en el departamento Totonicapán, a 3250 msnm el cual es silvestre, estuvo a cargo del Ing. Benjamín Piedrasanta, y el otro que es un cultivo controlado está localizado en el Departamento de San Marcos, municipio Tacaná, Aldea Vista Hermosa, que estuvo a cargo del señor Francisco Teleguario. Luego fue llevado a un secador solar que se encuentra localizado en las instalaciones de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, donde se secaron las hojas y raíces, que fueron utilizadas en cada tratamiento. Este material fue puesto en bolsas plásticas, siendo amarradas perfectamente. Luego este material fue reducido de tamaño por medio de tamices, y fueron pesadas las cantidades que se requirieron para cada uno de los tratamientos.

Las cantidades de agua, fueron medidas con la mayor exactitud posible. Luego de obtener el aceite esencial en cada tratamiento, se midió la cantidad de aceite obtenido. Después se almacenó en viales limpios y herméticamente sellados, y así de esta manera se llevó a cabo la evaluación del rendimiento de cada uno de los tratamientos realizados, para luego hacer la prueba de cromatografía de capa fina y la cromatografía de gases-masa para la identificación de los componentes volátiles del aceite esencial.

#### **7.4.6 Descripción del procedimiento:**

##### **7.4.6.1 Extracción con arrastre de vapor de agua:**

1. Moler la materia seca vegetal y medir 50 g del material molido.
2. introducir los 50 g de material molido en un balón de destilación de 1000 ml
3. Agregar aproximadamente de 400-500 mL de agua destilada hasta cubrir los 50 g de material
4. instalar el destilador de aceites esenciales (ver figura 1, de anexo 1), conectar el balón de destilación con el recipiente colector.
5. Conectar la bomba que circula la solución de enfriamiento por el refrigerante

6. Llenar con agua el tubo N hasta el nivel B del tubo graduado
7. Agregar 2 mL de un disolvente orgánico (pentano) en el tubo K utilizando una pipeta Pasteur y colocar el tapón al tubo hasta que empiece a destilar el aceite
8. Destilar a temperatura constante durante 2-3 horas, mantener el flujo de destilación de 2-3 ml por minuto
9. Determinar el tiempo de extracción a partir que empieza a obtenerse el aceite
10. Medir la capa superior de aceite esencial recogido en el recipiente graduado
11. Esperar 10 minutos después de terminar el calentamiento antes de coleccionar el aceite
12. Abrir la llave, dejar caer el agua y descartarla. Recibir la parte orgánica en un balón de 125 mL y agregar al tubo K aproximadamente 1 mL de disolvente orgánico utilizado anteriormente, para lavar y arrastrar todo el aceite recuperado
13. Eliminar el disolvente orgánico utilizando rotavapor (Figura 2)
14. Pesar el aceite obtenido, verterlo en viales color ámbar y almacenar a 4 °C
15. Determinar el porcentaje de rendimiento a partir del peso del aceite entre el peso de la materia vegetal por cien
16. Lavar el destilador con suficiente metanol y agua destilada para dejarlo completamente limpio y evitar cualquier contaminación cruzada en la siguiente corrida. (11,14)

#### **7.4.7 Metodología de la cromatografía en capa fina (TLC)**

Se tomó una cromatoplaqueta de sílica gel, se marcó con un lápiz una línea de 1 cm en la base, sobre esa línea se marcaron 5 puntos, donde se aplicaron 10  $\mu\text{L}$  de cada uno de los aceites esenciales obtenidos y también del estándar de ácido isovalerénico. Para la fase móvil utilizada se preparó una mezcla polar de tolueno-acetato de etilo en proporción (75:25) y para el revelado del cromatograma se utilizó una mezcla de ácido clorhídrico-ácido acético glacial en proporción (8:2) y este se asperjó sobre la placa cromatográfica y posteriormente se calentó a 110 °C, durante 10 minutos, para luego revisar la placa cromatográfica tanto a la luz visible como a la luz ultravioleta para determinar o detectar todos los puntos aparecidos.

## 8. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

### 8.1 Modelo Estadístico:

El modelo es el siguiente:

$$Z_{(i,j)} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{i,j,k}$$

Donde:

$Z_{(i,j)}$  = variable respuesta de la i, j –ésima unidad muestreada experimental

$\mu$  = Efecto de la media general

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo localidad de cultivo

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo parte vegetal

$\tau\beta_{ij}$  = Efecto de la interacción cultivar-parte vegetal

$\varepsilon_{i,j,k}$  = Efecto del error experimental

### 8.2 Análisis Estadístico:

A los porcentajes de rendimiento de las dos localidades utilizadas para obtener el aceite esencial, se les realizó un análisis de varianza, y prueba de medias con el objeto de determinar si existe diferencia significativa entre el rendimiento obtenido en cada uno de los tratamientos utilizados. (6)

## 9. RESULTADOS

En la Tabla 1 se presenta los resultados de los rendimientos obtenidos de las extracciones de aceite esencial de hoja y de raíz de las dos diferentes localidades.

Tabla. 1 Rendimiento % del aceite extraído

	Repetición1	Repetición2	Repetición3
40 g hoja Tonicapán	0.04571	0.0402	0.04295
40 g raíz Tonicapán	0.3622	0.07857	0.2203
40 g raíz san marcos	0.2687	0.08875	0.1787
40 g hoja san marcos	0.2036	0.183	0.1933

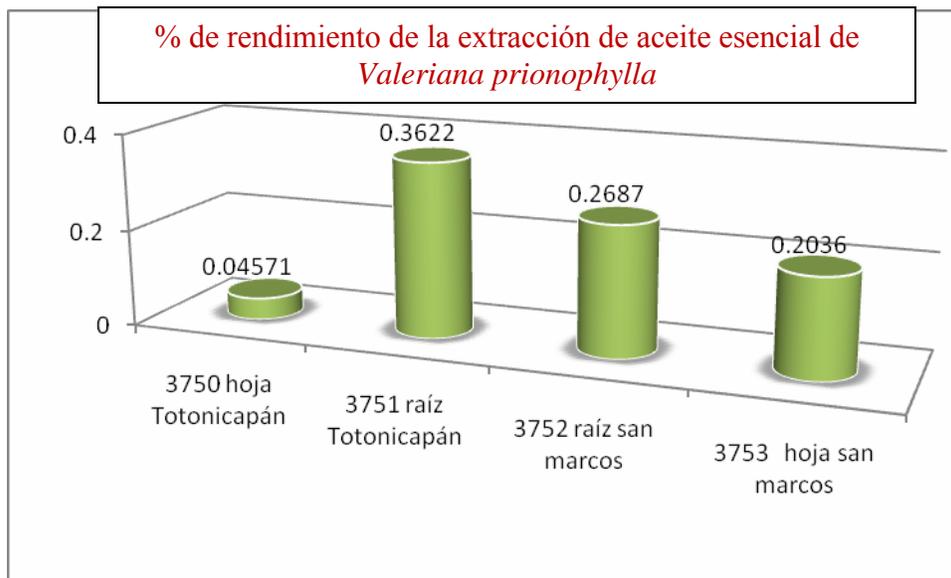


Figura 1 Porcentaje de rendimiento de aceite esencial de hoja y raíz de dos diferentes localidades.

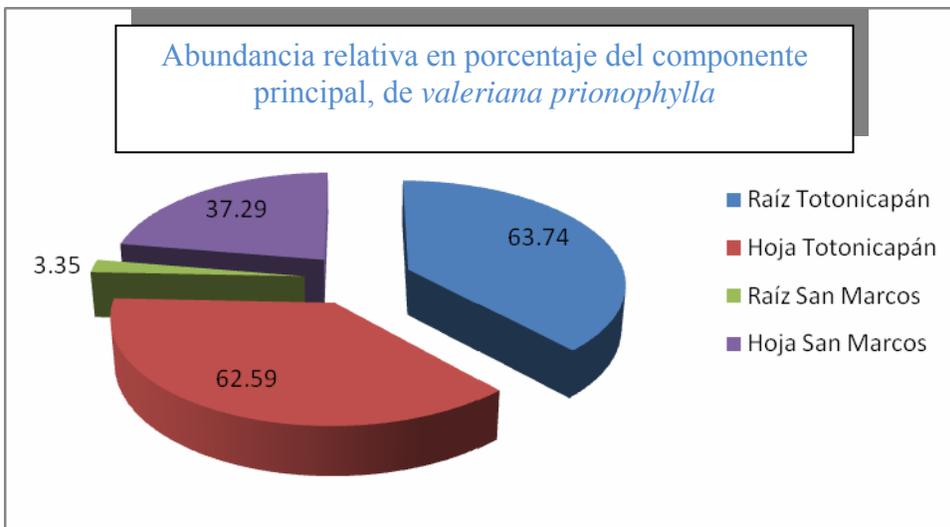


Figura 2 Cantidad relativa (%) del componente principal, de *Valeriana prionophylla*, (ácido pentanoico o ácido valérico)

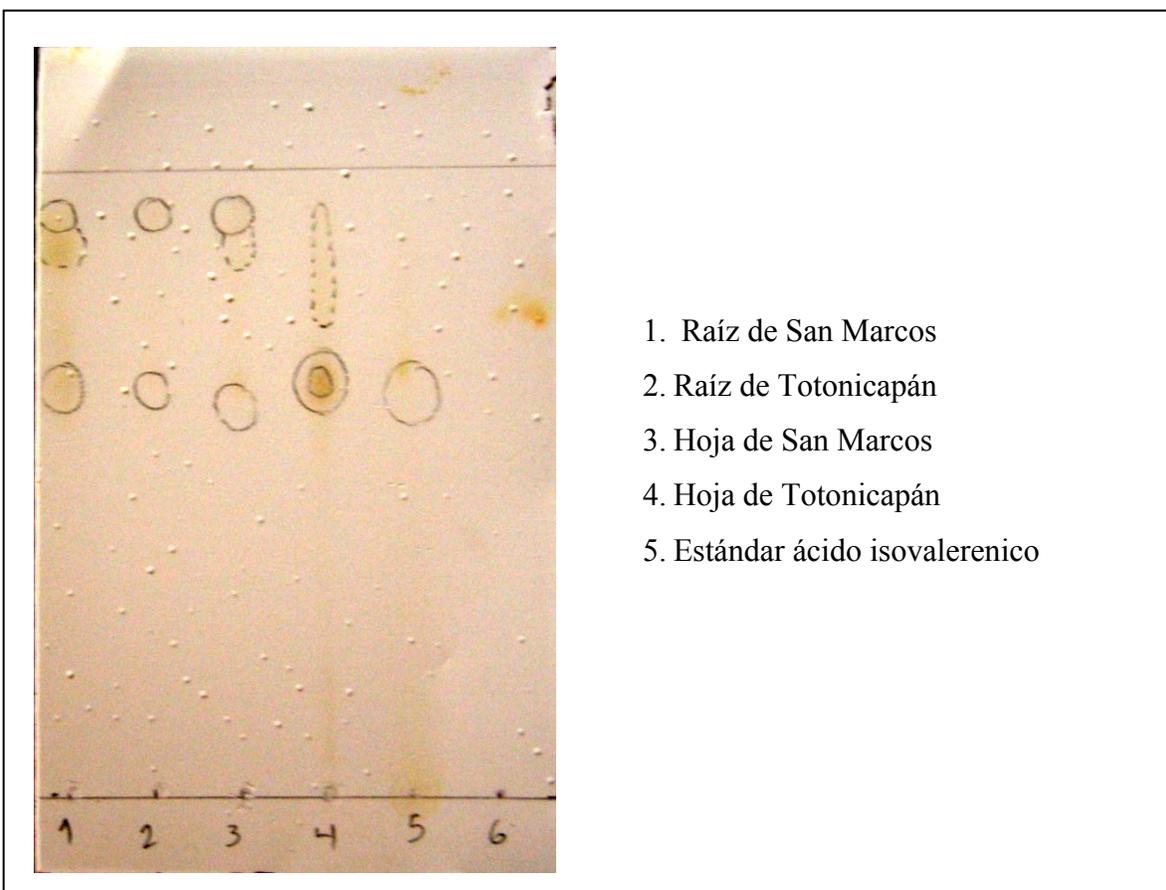


Fig. No. 3 Cromatografía en capa fina de los aceites obtenidos de cada extracción

## 9.1 RESULTADOS DEL ANALISIS ESTADISTICO DE LA INFORMACIÓN

Tabla. 2 Interacción de los resultados de la variable respuesta (% de rendimiento) y la parte vegetal utilizada.

### DESCRIPTIVAS

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum	Between-Component Variance
					Lower Bound	Upper Bound			
Hoja	6	.1181267	.08262390	.03373106	.0314182	.2048351	.04020	.20360	
Raiz	6	.1995367	.10864146	.04435269	.0855245	.3135489	.07857	.36220	
Total	12	.1588317	.10136843	.02926254	.0944252	.2232381	.04020	.36220	
Model			.09651340	.02786102	.0967534	.2209099			
Fixed Effects				.04070500	-.3583744	.6760377			.00176132
Random Effects									

Tabla 3 Análisis de Varianza (ANOVA)

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		.020	1	.020	2.135	.175
	Linear Term	Contrast	.020	1	.020	2.135	.175
Within Groups			.093	10	.009		
Total			.113	11			

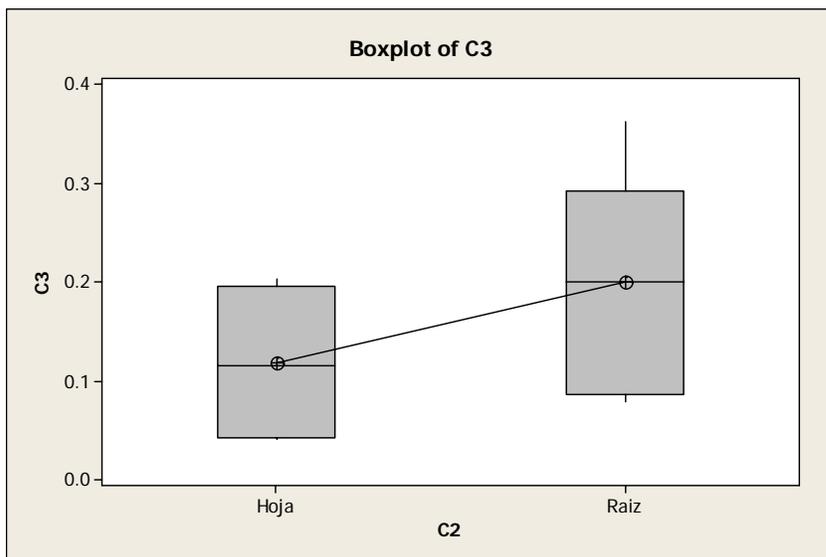


Figura 4 Comparación de los rendimientos obtenidos de hoja y raíz de las dos diferentes localidades, por medio de una gráfica tipo cajón.

Tabla 4 Interacción de los resultados de la variable respuesta (% de rendimiento) y las dos localidades.

### Descriptivas

rendimiento

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum	Between-Component Variance
					Lower Bound	Upper Bound			
San Marcos	6	.18600	.0578311	.02360	.1253183	.2466984	.08875	.26870	
Totonicapan	6	.13165	.1322468	.05398	-.0071295	.2704395	.04020	.36220	
Total	12	.15883	.1013684	.02926	.0944252	.2232381	.04020	.36220	
Model			.1020628	.02946	.0931840	.2244793			
Fixed Effects									
Random Effects				.02946	-.2155314	.5331947			-.0002590
				301(a)	(a)	(a)			0

Tabla 5 Análisis de Varianza (ANOVA)

rendimiento			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		.009	1	.009	.851	.378
	Linear Term	Contrast	.009	1	.009	.851	.378
Within Groups			.104	10	.010		
Total			.113	11			

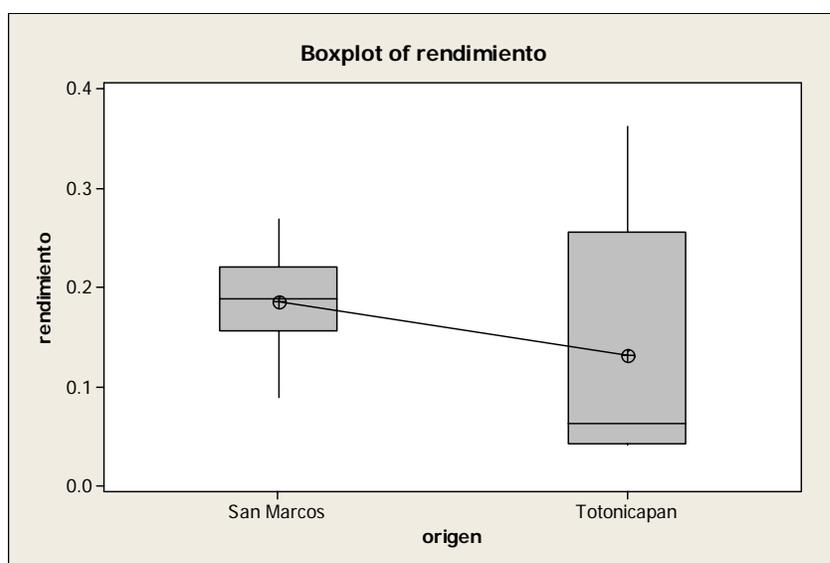


Figura 5 Comparación de los rendimientos obtenidos de hoja y raíz de las dos diferentes localidades, por medio de una gráfica tipo Cajón.

## 10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para este estudio se utilizó el método de arrastre de vapor con agua, haciendo uso del aparato que lleva como nombre neoclevenger, en dicho aparato se colocó la muestra vegetal tanto hoja como raíz y durante dos horas y media se estuvo extrayendo el aceite esencial, como se puede observar en la figura 4, pag. 36 de anexo 1, se realizaron dos corridas experimentales a la vez, y esto trae repercusión en los resultados de los rendimientos, como se puede observar en la tabla de resultados de rendimiento, en la segunda corrida se obtuvieron rendimientos por debajo de la primera corrida, esto se debe exclusivamente a que en la segunda corrida el agua de condensación llega con una temperatura no óptima para el proceso, por lo tanto el aceite esencial no se condensan por completo, y los mismos se escapan a la atmosfera. Este es un factor muy importante que habría que tomar en cuenta para futuros estudios.

Es importante establecer que uno de los objetivos primordiales de este estudio es encontrar la diferencia que existe tanto en el rendimiento como en los componentes químicos del aceite esencial de dos diferentes tipos de cultivo, que en este caso serian silvestre y cultivado, en la cual el tipo silvestre se encuentra localizado en el Departamento de Totonicapán específicamente en el cerro Raxquim a 3, 221 msnm, en esta región la temperatura en promedio es frío. Por otro lado el otro cultivo que es controlado, está ubicado en el municipio de Tacaná, aldea Vista Hermosa del Departamento de San Marcos aproximadamente a 2500 msnm el clima es templado-frío. Son dos localidades que en condiciones climatológicas y de altitudes son totalmente diferentes, más sin embargo tienen las condiciones necesarias para que se desarrolle la *valeriana prionophylla*. Las condiciones previas a las que fueron sometidas los dos tipos de cultivo fueron totalmente distintas, ya que la *valeriana prionophylla* de tipo silvestre se secó en un secador ubicado en la Facultad de Agronomía de la USAC, y este estuvo en condiciones de temperatura y humedad controlada, en cambio el material cultivado en San Marcos, fue secado únicamente bajo la sombra y tomó aproximadamente 20 días para su secado en comparación con el cultivo de Totonicapán que tomó 7 días. De todos modos el material antes de ser procesado se le midió la humedad tanto a la raíz como a la hoja y ésta reportaba aproximadamente de un 13-15 % por lo tanto los dos tipos de cultivo tuvieron

que ser introducidos a un horno desecador bajo una temperatura de 40 °C y un tiempo de 4 horas, al final la humedad tanto de la raíz como de la hoja y de los cultivos estuvo en el rango de 8-10%, siendo esta la humedad óptima para procesar dicho material.

En la sección de anexos, aparecen los perfiles cromatográficos de la hoja y raíz, y de las dos localidades evaluadas, además de las tablas donde se presentan los componentes químicos identificados. Para la realización de la cromatografía de gases-masa se tomaron 2 microlitros de aceite mezclados con 1.5 mililitros de alcohol y como se puede observar en dichos resultados el ácido pentanoico o ácido valérico, es el que se presenta en mayor cantidad en los aceites, pero llama la atención que en el aceite esencial obtenido de la raíz con procedencia San Marcos es el que presenta menor cantidad de ácido valérico con un 3.35 % de abundancia, sin embargo, el porcentaje de rendimiento es relativamente alto, también el aceite esencial de la hoja presenta una abundancia relativamente baja, presentando en la raíz como componente mayoritario el  $\beta$ -bisaboleno, También es importante mencionar que el aceite esencial tanto de la hoja como de la raíz del cultivo procedente de Totonicapán presentan una abundancia de ácido valérico similar y que éste es el componente mayoritario de las dos partes utilizadas de la planta. En la Figura 2 se puede apreciar gráficamente como está distribuida la presencia de ácido valérico en cada uno de los aceites esenciales obtenidos. A las cuatro muestras de aceite esencial, se le realizó una cromatografía de capa fina, como se puede apreciar en la Figura 3 en la cual se utilizó como componente estándar el ácido isovalerenico, en este caso se utilizó 10  $\mu$ L en una placa cromatográfica de sílica gel, donde la fase móvil utilizada fue una mezcla polar de tolueno-acetato de etilo (75:25), y para el revelado del cromatograma se utilizó una mezcla de ácido clorhídrico-ácido acético glacial (8:2) asperjado sobre la placa y calentado posteriormente a 110 °C por 10 minutos, luego del calentamiento se revisó la placa cromatográfica tanto a la luz visible como a la luz ultravioleta para destacar todos los puntos que aparecieran. Como resultado se obtuvo que efectivamente en las cuatro muestras de aceite esencial existe presencia de ácido isovalerenico.

Como se podrá observar en los resultados, el rendimiento de las extracciones de aceite esencial es muy variado, y como se mencionó anteriormente la aplicación de la metodología pudo influir de manera significativa, como lo pudo ser la temperatura de

condensación, tiempo de extracción, etc. En la figura. 1 de la sección de resultados, se puede observar la distribución de los diferentes porcentajes de rendimiento según parte de la planta y lugar de origen, en este caso la raíz procedente de Tonicapán es la que presenta mayor rendimiento de extracción con un 0.322 % y esto viene a contrastar significativamente con el rendimiento obtenido con la hoja que es 0.04575 %, sin embargo de esta localidad es la que contiene mayor cantidad de ácido valerico. Por otro lado el rendimiento de aceite esencial obtenido de hoja y raíz de San Marcos, tienen porcentajes similares, no habiendo mucha diferencia significativa en los mismos, pero en este caso la presencia de ácido valerico es muy pobre. En la figura 4 y 5 se proyectan dos gráficas en las cuales por medio de una representación de los datos en cajones, se puede apreciar claramente la diferencia significativa de rendimiento tanto de parte usada de la planta así como de los lugares de procedencia del material, en la Figura 4 se puede apreciar que se tiene una mayor cantidad de aceite esencial de raíz que de hoja y en la Figura. 5 se observa que existe una mayor cantidad de aceite esencial del material procedente de Tonicapán, a pesar de que la hoja tiene muy bajo rendimiento.

Con respecto a los resultados obtenidos por medio del análisis estadístico a los rendimientos, en este caso aplicando un análisis de varianza (ANOVA) se efectuó una comparación tanto de la parte vegetal utilizada, así como del material de procedencia, y en efecto se puede observar en las tablas 2 y 3 que por el valor de  $p$  dado en cada una de los ANOVA corridos, existe una diferencia significativa entre cada dato analizado, que en este caso la variable de respuesta era el rendimiento y los factores eran parte vegetal utilizada y material de procedencia, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, que establece, que sí existe diferencia significativa entre el rendimiento de aceite esencial obtenido y las dos diferentes fuentes de material vegetal, así como también, existe una diferencia significativa entre el rendimiento de aceite esencial obtenido y parte de la planta utilizado.

## 11. CONCLUSIONES

1. Existe diferencia significativa entre el material cultivado y el material silvestre, con respecto a los porcentajes de rendimiento de aceite esencial con un valor de ( $p=0.378$ ).
2. Existe diferencia significativa entre la raíz y la hoja, con respecto a los porcentajes de rendimiento de aceite esencial con un valor de ( $p=0.175$ ).
3. El aceite esencial obtenido de hoja y raíz cuya procedencia es Totonicapán es el que presenta mayor cantidad de principios activos, con una abundancia promedio de ácido valérico de 63.16 %.
4. El aceite esencial obtenido de hoja y raíz cuya procedencia es San Marcos presentan rendimientos de aceite esencial similares, pero la abundancia de ácido valérico es en promedio 20.2 %.

## 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cáceres, A. Plantas de uso medicinal en Guatemala, Universidad De San Carlos de Guatemala: Editorial universitaria, 1996. (p. 350)
2. Medinilla, B. Manual de Laboratorio de Farmacognosia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Química Farmacéutica, Departamento de Análisis Aplicado, Guatemala, 1996. (p. 5-7)
3. Chanjin N. E. Comparación del rendimiento de aceite esencial de *Lipia Alba* extraído en el laboratorio y el extraído en la planta piloto y propuesta de escalonamiento a nivel industrial, Guatemala (tesis de graduación Facultad de Ingeniería) 1999 (p. 10-25)
4. Cruz de Paz, A. R., Evaluación de la actividad biocida e identificación química de valepotriatos en tres plantas reconocidas popularmente en Guatemala como Valeriana, Guatemala (Tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 2,005 (p. 8-15)
5. De Rafols, W., Aprovechamiento industrial de los productos agrícolas, Barcelona, Editorial Salvat S.A., 1981(p. 40-60)
6. Montgomery DC. Diseño y Análisis de experimentos, México, Grupo Editorial beroamérica, 1991 (p. 5-25)
7. Gunther E. The essential oil. New York, USA: Editorial Van Nostran Co. Inc. Vols. 1, 2, 3 y 4) 1,996 (p. 118-260)
8. EOA. Book of Standard and Specifications. USA: Essential oil Association of USA, Inc. bulletin No. 155 y 192. (p. 18)
9. Hernández M. Comparación de los rendimientos de los métodos de arrastre con vapor directo y arrastre con vapor directo aplicando maceración a nivel de planta piloto, en la extracción de aceite esencial de Albahaca (*Ocimum basilicum L.*) en fresco, (tesis de graduación, Facultad de Ingeniería), Agosto del 2,002. (p.7-30)
10. Hiscox, GD. Hopkins A. Gran Enciclopedia de recetas industriales y formulas domésticas. 2da edición, México: Editorial Gustavo Pili S. A. de CV, tomo 5, 1992 (p. 16)
11. LIPRONAT, Manual de operaciones, Metodología para la extracción de aceites esenciales por arrastre de vapor, usando Neoclevenger

12. Loaiza ES. Extracción supercrítica con CO<sub>2</sub>, Guatemala (Tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 1,994 (p. 6-15)
13. Puhlow M. El gran libro de las plantas medicinales, 6ta ed España, Editorial Everest, 1985 (p. 95)
14. Muñoz M. Destilación por arrastre con vapor de agua, Guatemala: practica No. 10, Experimento No. 1, 1992 (p. 15-18)
15. Piccinelli AL. New lignans from the roots of *Valeriana prionophylla* with antioxidative and vasorelaxant activities, Artículo, Abril del 2,004.
16. X.Q. Gao, L. Björk, Valerenic acid derivates and valepotriates among individuals, varieties and species of *Valeriana*, Artículo, Enero de 1,999.
17. América QCh. Et al. Aceite esencial de las Hojas de *Hyptis umbrosa Salzm*, extraído por diferentes técnicas. Táchira Venezuela, Artículo, octubre del 2,004
18. Stashenko EE. Jaramillo BE. Comparación de la composición química y la actividad antioxidante in vitro de los metabolitos secundarios volátiles de plantas de la familia verbenaceae, Colombia, Artículo, diciembre del 2,003.
19. Camilo D. Monsalve LA. Estudio comparativo de la composición química de aceites esenciales de *Lippia Alba* provenientes de diferentes regiones de Colombia, y efecto del tiempo de destilación sobre la composición del aceite. Colombia, Artículo, Mayo del 2,007.
20. Olivero JT. Jaramillo BE. Composición química volátil y toxicidad aguada (CL<sub>50</sub>) frente a *Artemia salina* del aceite esencial del crotón malambo colectado en la costa norte de Colombia. Colombia, mayo del 2,007
21. Guerra CM. Estudio comparativo de los aceites esenciales de *Callistemon speciosus* DC. Recolectado en los Estados Carabobo, Lara y Mérida. Venezuela, Revista de la Facultad de Farmacia Vol. 45, 2,003
22. Tam CU. Yang QW. Optimization and comparison of three methods for extraction of volatile compounds from *Cyperus rodundus* evaluated by gas chromatography-mass spectrometry. Macau China, Artículo, Noviembre del 2,006
23. Guan W. Li S. Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbón dioxide and other three traditional extraction methods. Tianjin China. Artículo, Marzo del 2,006.

### 13. ANEXO 1: EQUIPO UTILIZADO

Figura 1. Diagrama del equipo utilizado para arrastre con vapor

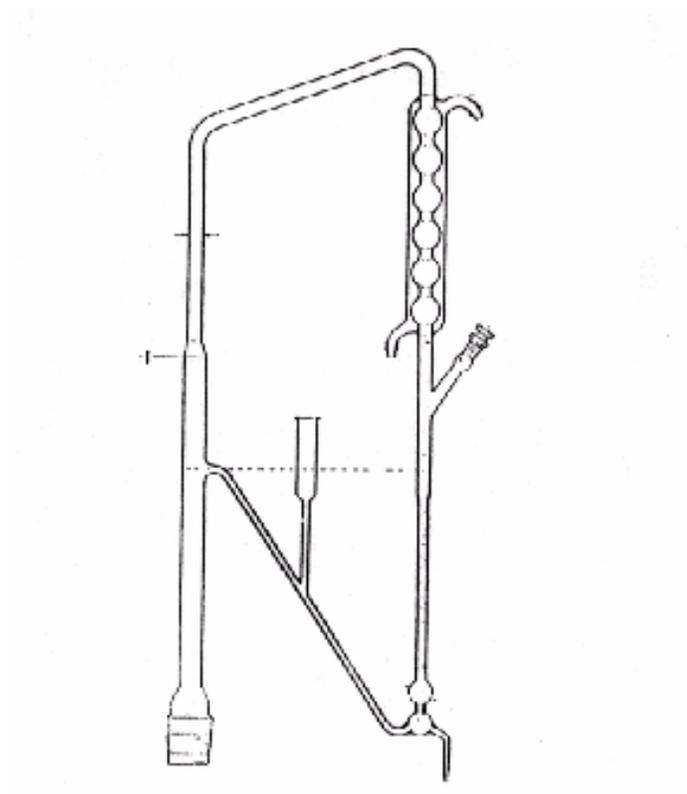


Figura 2 Diagrama del Rotavapor

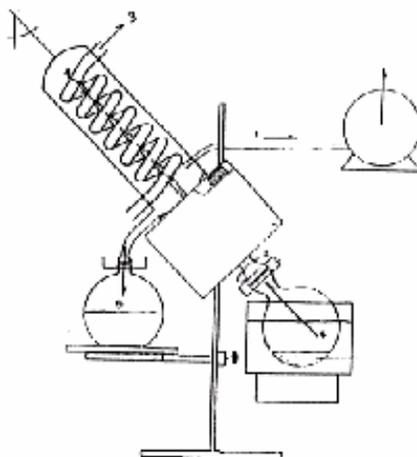


Figura 3 Horno secador del Laboratorio de Productos Naturales LIPRONAT



Figura 4 Obtención del aceite esencial de *Valeriana prionophylla*, por medio del método de arrastre con vapor.



Figura 5 Determinación de la humedad de la muestra seca.



## 14. ANEXO 2: FOTOGRAFÍAS DE LA OBTENCIÓN Y SECADO DEL MATERIAL VEGETAL

Figura 6 Cosecha de *Valeriana prionophylla*, en el cerro Raxquim Totonicapán.



Figura 7 Raíz obtenida del cerro Raxquím Totonicapán



Figura 8 Distribución de la raíz para el secador solar



Figura 9 Secador solar de la Facultad de Agronomía USAC



### 13. ANEXO 3: SALIDAS DEL ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO

En las siguientes tablas se presenta la composición química del aceite esencial de las hojas y raíces obtenidas de las dos diferentes localidades, así como los cromatogramas .

Tabla 1 Hoja Totonicapán				
No. CAS	Componente	% Área	RT	qual
105-43-1	acido pentanoico, ácido 3-metilvalriánico	62.59	7.16	72
512-61-8	alfasantaleno	3.56	11.3	97
87-44-5	trans-caryophylleno	11.88	11.47	76
20085-93-2	Seyshelleno	5.7	11.68	97
17066-67-0	$\beta$ -selineno	2.27	11.95	91
560-32-7	$\alpha$ -patchouleno	4.5	11.96	99

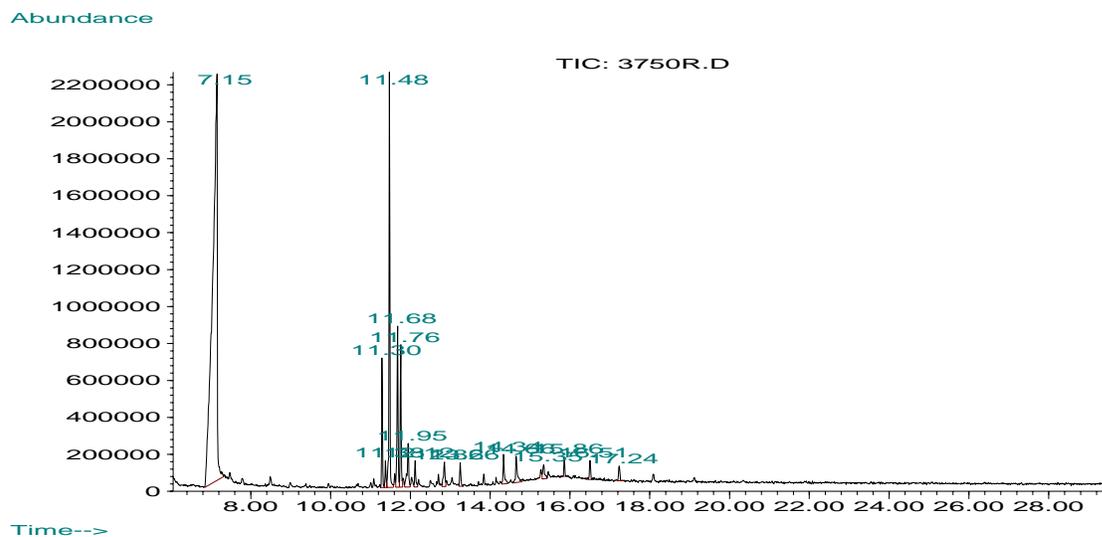


Figura 10 Perfil cromatográfico típico del aceite esencial de hoja de *Valeriana prionophylla*, obtenido por arrastre con vapor del cerro Raxquím, Totonicapán.

Tabla 2 Raíz Tonicapán				
No. CAS	Componente	% Área	RT	qual
105-43-1	acido pentanoico, ácido 3-metilvalriánico	63.74	7.21	83
512-61-8	alfasantaleno	3.51	11.29	97
28973-97-9	Trans- $\beta$ -Farneseno	11.84	11.84	70
20085-93-2	Seyshelleno	5.98	11.69	96
560-32-7	$\alpha$ -patchouleno	4.59	11.76	97
53585-13-0	trans- $\gamma$ -bisaboleno	4.59	11.76	95
17066-67-0	$\beta$ -selineno	2.33	11.95	91

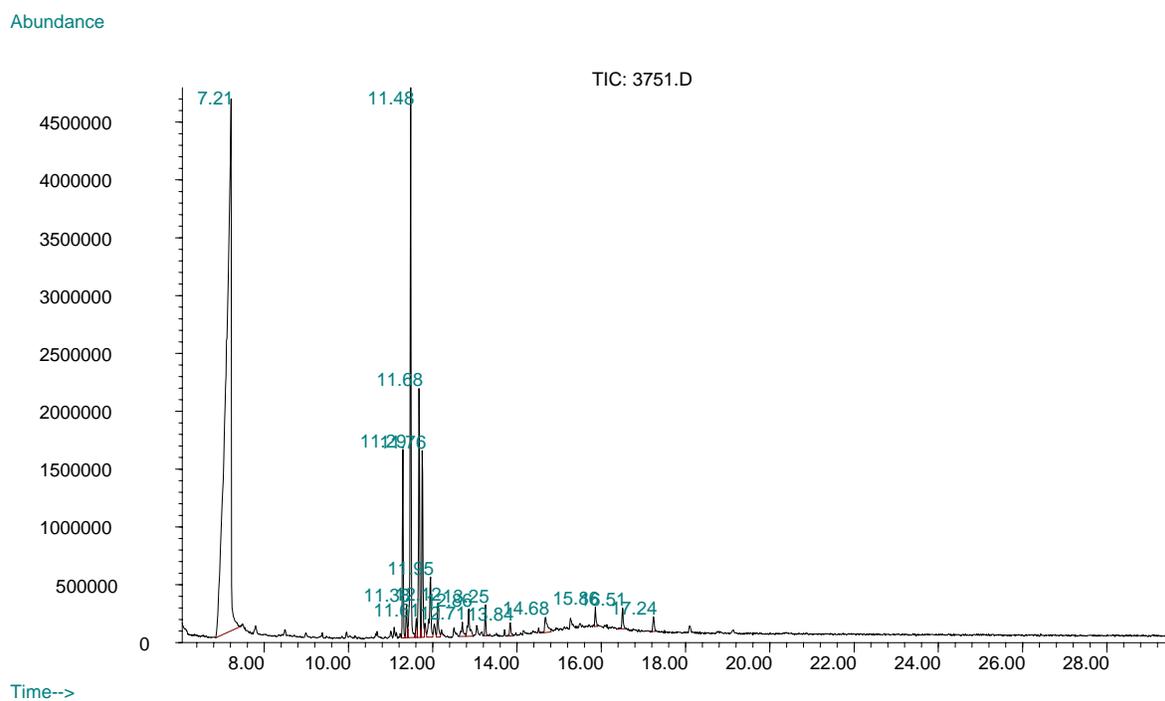


Figura 11 Perfil cromatográfico típico del aceite esencial de raíz de *Valeriana prionophylla*, obtenido por arrastre con vapor del cerro Raxquím, Tonicapán.

Tabla 3 Raíz San Marcos				
No. CAS	Componente	% Área	RT	qual
105-43-1	acido pentanoico, ácido 3-metilvalriánico	3.35	6.94	83
515-13-9	$\beta$ -elemeno	1.55	11.08	94
512-61-8	alfasantaleno	8.57	11.29	97
495-61-4	$\beta$ -bisaboleno	33.62	11.49	91
20085-93-2	Seysshelleno	11.93	11.69	98
560-32-7	$\alpha$ -patchouleno	8.82	11.76	96
3691-11-0	delta-guaieno	7.65	11.95	97
5986-55-0	1,6 metanona	2.64	13.25	99

Abundance

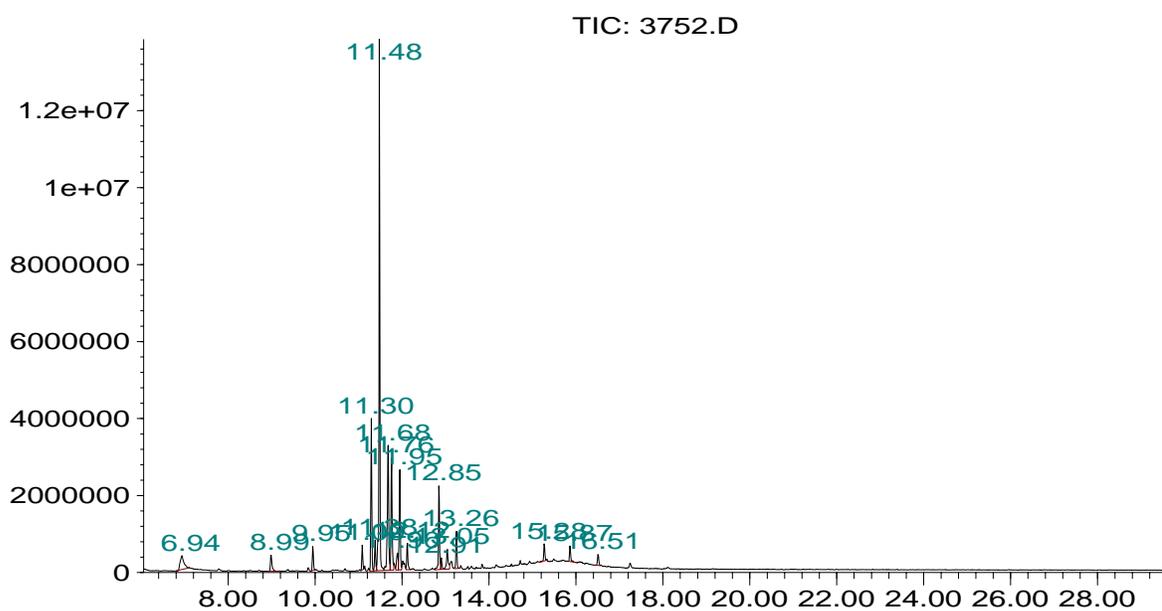


Figura 12 Perfil cromatográfico típico del aceite esencial de raíz de *Valeriana prionophylla*, obtenido por arrastre con vapor de San Marcos.

Tabla 4 Hoja San Marcos

No. CAS	Componente	% Área	RT	Qual
105-43-1	ácido pentanoico, ácido 3-metilvaleriánico	37.49	7.12	74
142-62-1	ácido hexanoico	2.55	7.48	83
512-61-8	alfasantaleno	0.94	11.3	94
28973-97-9	Trans- $\beta$ -Farneseno	3.86	11.48	89
629-94-7	heneicosano	4.02	15.28	87
112-85-8	Eicosano	4.34	15.49	90
13287-24-6	nonadecano	4.45	15.86	81

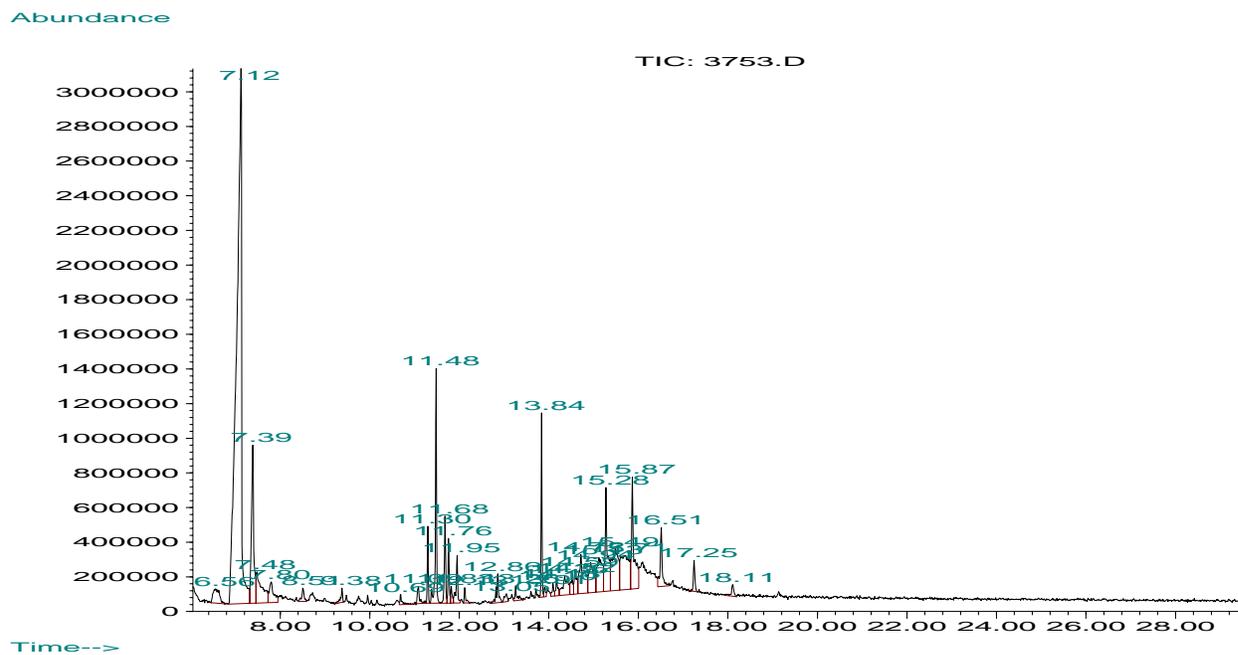


Figura 13 Perfil cromatográfico típico del aceite esencial de hoja de *Valeriana prionophylla*, obtenido por arrastre con vapor en San Marcos.

