

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

**EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LA HOJA SECA DE
CORDONCILLO (*Piper scabrum Swartz*) EN FUNCIÓN DE LA CANTIDAD
DE MATERIAL Y EL TIEMPO DE DESTILACIÓN A NIVEL LABORATORIO**

TESIS

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR**

IRMA JULIETA TAY SACALXOT

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA**

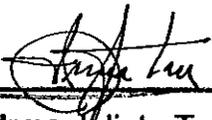
**GUATEMALA, MAYO DE 1999.
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

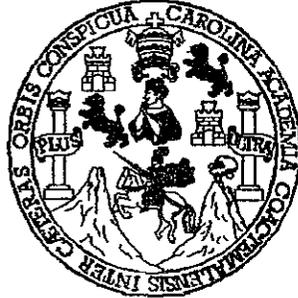
Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presentó a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

Extracción del aceite esencial de la hoja seca de cordoncillo (*Piper scabrum Swartz*) en función de la cantidad de material y el tiempo de destilación a nivel laboratorio.

Tema que me fue asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Química con fecha 23 de noviembre de 1998.


Irma Julieta Tay Sacalxot

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NOMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1º: Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL 2º: Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL 3º: Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL 4º: Br. Dimas Alfredo Carranza Barrera
VOCAL 5º: Br. José Enrique López Barrios
SECRETARIA: Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

DECANO: Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR: Ing. Rodolfo Francisco Espinosa Smith
EXAMINADOR: Ing. Cesar Alfonso García Guerra
EXAMINADOR: Ing. Julio Alberto Rivera Palacios
SECRETARIA: Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas



Guatemala, 14 de abril de 1999.

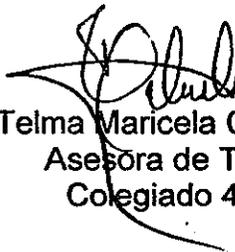
Señor Director
Otto Raúl de León de Paz
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Señor director.

Atentamente me dirijo a usted, para informarle que ha sido concluido satisfactoriamente el trabajo de tesis titulado "EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LA HOJA SECA DE CORDONCILLO (*Piper scabrum Swartz*) EN FUNCIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL Y EL TIEMPO DE DESTILACIÓN A NIVEL LABORATORIO", desarrollado por la estudiante Irma Julieta Tay Sacalxot, tema para el cual fui asignada como asesora.

Considero que se han logrado las metas propuestas al inicio del trabajo por lo cual recomiendo se apruebe en el entendido de que el autor y su servidora son los responsables de lo tratado y de las conclusiones del mismo.

Atentamente,


Inga. Telma Maricela Cano Morales
Asesora de Tesis
Colegiado 433





FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. WGAM.0042.99

Guatemala, 14 de abril de 1999

Ingeniero
Otto Raúl de León de Paz
Director
Escuela Ingeniería Química
Presente.

Estimado Ingeniero de León:

Atentamente me dirijo a usted para responder a su oficio Ref. EIQ. 090.99, mediante el cual se solicita revisar el informe final de tesis de la estudiante IRMA JULIETA TAY SACALXOT, titulado "EXTRACCION DEL ACEITE ESENCIAL DE LA HOJA SECA DE CORDONCILLO (Piper scabrum Swartz) EN FUNCION DE LA CANTIDAD DE MATERIAL Y EL TIEMPO DE DESTILACION A NIVEL LABORATORIO", el cual fue asesorado por la Ingeniera Telma Maricela Cano Morales.

Al respecto, me permito informarle que después de haber terminado la revisión del mencionado informe y de haberle hecho las correcciones pertinentes, considero que llena los requisitos para ser aprobada por parte de la Escuela como trabajo de tesis, por lo cual se lo remito y lo pongo a su consideración.

Agradeciendo la atención a la presente, le saluda respetuosamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M. en Ing. Williams G. Alvarez Mejía
Profesor Titular V
Area de Operaciones Unitarias



ESCUELA DE
INGENIERIA QUIMICA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química; Ingeniero Otto Raúl de León de Paz, después de conocer el dictamen del asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo de Tesis de la estudiante Irma Julieta Tay Sacalxot titulado: **EXTRACCION DEL ACEITE ESENCIAL DE LA HOJA SECA DE CORDONCILLO (Piper scabrum Swartz) EN FUNCION DE LA CANTIDAD DE MATERIAL Y EL TIEMPO DE DESTILACION A NIVEL LABORATORIO**, procede a la autorización del mismo.


Ing. Otto Raúl de León de Paz
DIRECTOR ESCUELA INGENIERIA QUIMICA



Guatemala, 11 de mayo de 1,999.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de Tesis titulado: **EXTRACCION DEL ACEITE ESENCIAL DE LA HOJA SECA DE CORDONCILLO (Piper scabrum Swartz) EN FUNCION DE LA CANTIDAD DE MATERIAL Y EL TIEMPO DE DESTILACION A NIVEL LABORATORIO**, de la estudiante Irma Julieta Tay Sacalxot, procede a la autorización para la impresión de misma.

IMPRIMASE:

Ing. Herbert René Miranda Barrios



Guatemala, 11 de mayo de 1,999.

***“Si tomare las alas del alba
y habitare en el extremo del mar,
aun allí me guiará tu mano,
y me asirá tu diestra.”***

(sal.139:9,10)

DEDICATORIA

A CRISTO JESUS

La gloria sea eternamente.

A MI PADRE

Margarito Tay Coyoy. Por ser la raíz de la cual procedo.

A MI MADRE

Felipa Sacalxot de Tay. Por que su recuerdo ha sido un ejemplo en mi vida.

A MIS HERMANOS

Gloria Judith ,Claudio Guillermo, Juana Migdalia, Rosa Argentina, Sandra María , Ana Leticia. Por estar presentes en cada momento de mi vida.

A MIS SOBRINOS

Jorge Guillermo, José Estuardo , Claudia María y Stefany. Con amor .

A MIS AMIGOS

Lesbia Girón, Nora Velásquez, Beathris Girón, Milvia Castañeda, Mónica Solórzano, Barony Vásquez, Marco Donado, Maritza Jiménez. Por hacer inolvidable cada momento compartido.

EN ESPECIAL A

M. en Ing. William Álvarez, Mónica Sólorzano y familia, y Nelson Chanquín. Por su amistad y ayuda incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A JESUCRISTO

Por que me ha guardado en cada momento.

A PROPETÉN/ CONSERVACIÓN INTERNACIONAL

Por la oportunidad brindada.

A LA COMUNIDAD DE CARMELITA PETÉN

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A

Lic. Maynor Hernández

Mc. Simón Comerford

Dr. Oscar Cobar

Ing. Juan José Castillo

Lic. Roberto Benavides

Ing. Marino Barrientos

Ing. Telma Cano

Br. David Mendieta.

Por la asesoría y revisión del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	página
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	iv
LISTA DE SÍMBOLOS	vi
GLOSARIO	vii
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	xii
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1 El cordoncillo	3
1.2 Aceites esenciales	4
1.2.1 Definición	4
1.2.2 Componentes químicos de los aceites esenciales	5
1.2.3 Compuestos que contienen carbono e hidrógeno	5
1.2.4 Compuestos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno.	6
1.2.5 Componentes principales de los aceites esenciales	7
1.3 Función de los aceites esenciales en las plantas	8
1.4 Preparación del material	9
1.5 Almacenamiento del material	12
1.6 Obtención de los aceites esenciales	13
1.6.1 Destilación en agua	13
1.6.2 Destilación con agua y vapor	14
1.6.3 Destilación con vapor directo	14
1.6.4 Extracción con disolventes volátiles	14
1.6.5 Enfloración	15
1.6.6 Extracción con grasa fluida (caliente)	16

1.7 Análisis químico de los aceites esenciales	16
1.7.1 Examen preliminar organoléptico	16
1.7.2 Aroma	17
1.7.3 Propiedades físicas y químicas	17
1.7.4 Cromatografía	18
1.7.4.1 Cromatografía en capa fina (CCF)	18
1.7.4.2 Cromatografía de gases	18
2 JUSTIFICACIÓN	19
3 OBJETIVOS	21
4 HIPÓTESIS	22
5 METODOLOGÍA	24
5.1 Localización	24
5.2 Recursos humanos	25
5.3 Recursos materiales	25
5.4 Equipo	26
5.5 Cristalería	27
5.6 Metodología del experimento	28
5.6.1 Diseño experimental	28
5.6.2 Aleatorización	29
5.6.3 Preparación de la materia prima	29
5.6.3.1 Secado de la materia prima	29
5.6.3.2 Almacenaje de la materia prima	30
5.6.3.3 Molienda de la materia prima	30
5.6.4 Destilación del aceite esencial	30
5.6.5 Variable respuesta	32
5.6.6 Modelos estadísticos	32
5.6.7 Propiedades fisicoquímicas	34
5.6.7.1 Densidad relativa	34

5.6.7.2 Índice de refracción	34
5.6.7.3 Solubilidad	34
5.6.8 Determinación de los componentes	36
5.6.8.1 Cromatografía de gases	36
5.6.9 Manejo del experimento	37
6 RESULTADOS	41
7 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS	54
BIBLIOGRAFÍA	56
APÉNDICES	
A. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA	58
B. ESQUEMA DEL EQUIPO	61
C. DATOS ORIGINALES	62
D. DATOS CALCULADOS	63
E. MUESTRA DE CÁLCULO	64
F. DATOS COMPLEMENTARIOS	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

No.	Título	Pag.
1	Porcentaje de rendimiento vrs. tiempo de destilación	43
2	Fotografía del cordoncillo (<i>Piper scabrum Swartz</i>)	60
3	Esquema del equipo	61
4	Cromatograma del aceite esencial de cordoncillo para una hora de destilación.	65
5	Cromatograma del aceite esencial de cordoncillo para dos horas de destilación.	67
6	Cromatograma del aceite esencial de cordoncillo Para tres horas de destilación.	69

TABLAS

No.	Título	Pag.
I	Aleatorización de los tratamientos	29
II	Resultados del análisis de varianza del modelo bifactorial	41
III	Resultados del rendimiento (%) promedio del aceite esencial de las hojas secas de cordoncillo por tiempo de destilación.	42
IV	Resultados de cromatografía de gases	44
V	Solubilidades	45
VI	Propiedades fisicoquímicas	45
VII	Datos originales de la masa del aceite esencial obtenido en los distintos eventos.	62
VIII	Datos calculados de rendimientos (%) en los distintos tramientos.	63
IX	Tiempos de retención y áreas del cromatograma para una hora de destilación.	66
X	Tiempos de retención y áreas del cromatograma para dos horas de destilación.	68
XI	Tiempos de retención y áreas del cromatograma para tres horas de destilación.	70

LISTA DE SÍMBOLOS

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
H_0	Hipótesis nula
H_i	Hipótesis alterna
μ	Efecto medio general de las variables.
β	Efecto medio del i-ésimo nivel del factor A
ml	Mililitros
°C	Grados Celcius

GLOSARIO

- Adpreso-hispídulo** Prensado, aplanado diminutamente hispido.
- Antera** Parte del estambre que contiene el polen, nace en el ápice del filamento algunas veces es sésil.
- Baya** Fruto carnoso de pocas o varias semillas, técnicamente el fruto pulposo desnudo y de un solo pistilo con una o más semillas, como el tomate o la uva.
- Bractea** Órgano foliar subyacente a estructuras reproductoras ya sea inflorescencia o flores.
- Condensador** Aparato que emplea dos fluidos con el propósito de que uno de ellos cambie de fase para su posterior uso.
- Destilación** Separación de los componentes de una solución por diferencia de volatilidades.
- Escabros** Llenos de asperezas, de tricomas cortos y rígidos que se aprecian con el tacto.
- Espolón** Proyección tubular o de forma de saco en una flor, como en un pétalo o sépalo; por lo general contiene una glándula secretora de néctar.

Estigma	La parte del pistilo que recibe el polen.
Estrigoso, sa	Con tricomas rígidos y adpresos, con frecuencia hinchados en la base.
Estipitado, da	Naciendo en un estípite.
Estipite	En sentido genérico de cualquier, pie o pedículo alargado órgano.
Factores	Variables experimentales independientes controladas.
Hidrodestilación	destilación con agua, en la cual se separan los componentes de una mezcla de dos o más líquidos en virtud de sus presiones de vapor mediante la vaporización parcial de una mezcla y su recuperación por separado del vapor y sus residuos.
Hirsuto	Cualquier órgano cubierto de tricomas, rígidos y ásperos al tacto.
Hípido, da	Provisto de tricomas muy tiesos, cerdas, casi punzantes.
Hispídulo, la	Diminutamente híspido, con tricomas muy cortos y rígidos.

Indumento	Conjunto de tricomas; glándulas, escamas, etc., que recubren la superficie de los diversos órganos de la planta.
Insconspicuamente	No se ve.
Inter	Preposición latina, en palabras compuestas, significa entre, en particular entre parte u órganos relacionados.
Obtuso,sa	Redondeado en el ápice, como redondeado.
Pecíolo	Pedicelo de la hoja. Eje de la hoja que une con el tallo a la base foliar.
Pedicelo	Eje que sostiene cada flor en una inflorescencia compuesta. El pie del esporangio.
Pedículo	El cabo o eje de sostén de un órgano.
Pedúnculo	Eje que sostiene una inflorescencia compuesta o una flor solitaria, es decir, no ubicada en ningún tipo de inflorescencia.
Pelúcido,da	Claro, casi transparente en luz transmitida.
Pubescentes	Que está cubierto de tricomas finos y suaves.
Sésil	Que carece de pie o soporte, sentado.

Sesquiterpeno	Compuestos orgánicos que contienen tres unidades isoprenicas de carbono (15 átomos de carbono), se presentan en la naturaleza como compuestos monocíclico, bicíclicos y de cadena abierta.
Solubilidad	Capacidad que tiene un compuesto de difundirse en otro, por tener similitud estructural en sus moléculas.
Suculento, ta	Jugoso; carnosos; suave en consistencia y engrosado.
Tratamientos	Es una combinación específica de niveles de factores.
Tricoma	Se refiere en sentido estricto a pelo, en sentido amplio se refiere a indumento.
Unisexuales	Que tiene uno de los dos sexos presentes y funcionales.

RESUMEN

Se realizó la extracción del aceite esencial de cordoncillo (*Piper scabrum Swartz*) con el método de hidrodestilación teniendo como variables del proceso la cantidad de material (20g y 40 g) y el tiempo de destilación (1h, 2h y 3h). Se evaluó la influencia de las variables del proceso sobre la variable respuesta (rendimiento, %).

El análisis estadístico indicó que: no se rechazan las hipótesis nulas; no existe diferencia significativa entre la cantidad de material y el tiempo de destilación y no existe interacción entre las variables establecidas que interfieran con la variable respuesta.

Esto se puede observar en la tabla II de la sección de resultados.

El rango de rendimiento del aceite esencial de las hojas secas de cordoncillo que se encontró fue de (1.9-2.12) por ciento.

El aceite esencial de cordoncillo se caracterizó por tener un aroma cítrico, dulce, mentolado, ligeramente picante.

Las propiedades fisicoquímicas, establecidas para el aceite esencial de cordoncillo (*Piper scabrum Swartz*), se presenta en la sección 6.

También se determinó que es insoluble en agua y en ácido clorhídrico; parcialmente soluble en hidróxido de sodio y bicarbonato de sodio; soluble en ácido sulfúrico.

Se lograron determinar catorce componentes por cromatografía de gases.

De acuerdo a los resultados obtenidos la mayor cantidad de componentes se encontró para un tiempo de tres horas de destilación.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el hombre busca la forma de preservar los recursos naturales y de mantener el equilibrio ecológico, esto lo ha llevado a encontrar en la flora un recurso que contribuye a su desarrollo económico y social.

Guatemala cuenta con diversidad de plantas silvestres cuya utilidad únicamente es de uso doméstico en cada región. Un ejemplo de esto lo constituye el cordoncillo (*Piper scabrum Swartz*), un arbusto de la familia *piperaceae*, cuyo hábitat lo constituye el bosque tropical de Petén.

Muchas especies del género *Piper* (casi todas con el nombre común cordoncillo), tienen un uso medicinal, específicamente la especie *Piper scabrum Swartz* es utilizada en el tratamiento de mordedura de serpiente, como parte de la medicina natural de la región, pero se desconoce si contiene aceite esencial, sus componentes y sus principales características físico químicas; razón por la cual la presente investigación trata sobre la extracción de aceite esencial de la hoja seca de cordoncillo (*Piper scabrum Swartz*).

Para la presente investigación se tomo como materia prima (hojas de cordoncillo) de la concesión forestal de Carmelita, Petén; comunidad que pertenece a la biosfera Maya.

El método a utilizado en este estudio es el destilación con agua (hidrodestilación) y se basó en un experimento bifactorial, en el que los tratamientos consisten en la variación de la cantidad de muestra y tiempo de

destilación que influyen en la variable respuesta, rendimiento del aceite esencial de cordoncillo; con los resultados se procedió a un análisis de varianza.

Luego se establecieron los componentes del aceite esencial obtenido, por medio de cromatografía de gases; así como se determinaron las propiedades fisicoquímicas como: índice de refracción, densidad relativa y solubilidad.

1. MARCO TEÓRICO

Resulta imposible fijar el punto exacto de comienzo del uso de los aromas de plantas. Quizá bastó con que el hombre encendiera su primer fuego arrojando ramas sobre él para que diera inicio la utilidad terapéutica de los aromas de las hojas de plantas.

Con el paso del tiempo las plantas comenzaron a ser seleccionadas por su poder mágico-curativo, eran perfume y remedio al mismo tiempo. Vasijas de alabastro fueron encontradas en tumbas egipcias. En forma de cosméticos, aceites para masajes y medicinas, los aromas se hicieron accesibles al pueblo. Aún no existía una distinción entre magia, medicina y perfume.

El uso de Myrrh Cerdawood, como bálsamo en el proceso de momificación, evidencia ampliamente sus características antisépticas y parece sustentar de que los egipcios utilizaron una primitiva forma de destilación. Los manuscritos Árabes contienen dibujos de alambiques cuyos principios básicos no han cambiado hasta el momento.

Los aceites esenciales también fueron usados en Persia, China e India, como los recientes descubrimientos arqueológicos lo revelan.(1)

Actualmente, formulaciones basadas en aceites esenciales son encontradas en productos usados en la vida diaria, en bebidas , cosméticos,

alimentos, pinturas, barnices, adhesivos, enlatados, extractos y fármacos. La propiedad más apreciada de los aceites esenciales son los aromas, por ejemplo los perfumes cuyo mayor atractivo es el aroma, resultado de la combinación de los aceites esenciales.

El efecto de sus aromas es aplicado también a artículos de consumo como: desodorantes, ambientales, cosméticos. Además de su aplicación como aromatizantes, algunos son utilizados como saborizantes en alimentos, confites y bebidas. Una de las aplicaciones más beneficiosas es en medicina natural con fines terapéuticos. (2,3)

Es evidente que el número de consumidores de productos que son procesados con una pequeña cantidad de aceites esenciales o componentes incorporados de los aceites esenciales aumenta, esto podría contribuir a la producción de aceites esenciales como productos no tradicionales de exportación. La producción de aceites esenciales es una industria que se combina con el desarrollo de metas de muchos países en desarrollo. Por ejemplo, la industria de aceites esenciales es una agroindustria que utiliza al sector rural dándole participación en el cultivo y cosecha de la materia prima, extendiéndose al campo de la destilación donde se incluye al sector profesional, el cual convalida las bases de cualquier investigación de aceite esencial, según su modo de obtención, su composición química, sus usos y aplicaciones. (4)

1.1 El cordoncillo

En nuestro país, en el Petén, se encuentran innumerables especies cuyas propiedades no han sido estudiadas científicamente. Estas especies además de no estar identificadas, también se desconoce su forma de cultivo y propagación debido a que son especies silvestres. Se conocen únicamente sus propiedades curativas en medicina natural de uso doméstico.

El género *Piper* en general es utilizado por los habitantes del Petén y lugares aledaños en los tratamientos siguientes:

- La raíz : Es utilizada en mordedura de serpiente y como analgésico en el dolor de muelas y desinfección de heridas.
- Las hojas: En desinfecciones del útero o matriz.
- Las hojas y raíz: En la desinfección de heridas e infecciones de la piel .
- Los cogollos : Son utilizados como calmantes en dolores antes del alumbramiento.

La especie *Piper scabrum Swartz* en particular, es utilizada en el tratamiento de mordedura de serpiente.(5)

Anualmente, en los países tropicales mueren más de 50,000 personas a causa de envenenamiento por mordedura de serpiente. En Centro América los datos son incompletos y la situación podría representarse por Costa Rica en donde se ha calculado una morbilidad de 22.4 por 100,000 habitantes por año con una mortalidad de 3.3 por ciento.(6)

Las cualidades del cordoncillo (*Piper scabrum Swartz*) utilizadas por los habitantes del departamento del Petén representan una nueva opción como medicina alternativa en el tratamiento de mordedura de serpiente, así como el aroma cítrico de sus hojas produjeron el interés en conocer la cantidad de aceite contenida en sus hojas; pues en Guatemala no se tiene conocimiento de algún estudio sobre esta planta y sus características botánicas se observan en el apéndice A.

1.2 Aceites esenciales

1.2.1 Definición

Los aceites esenciales son: compuestos odoríficos de naturaleza oleosa, obtenidos casi exclusivamente de fuentes vegetales a temperaturas ordinarias o volátiles sin descomposición por medio de destilación con vapor (hidrodestilación) de vegetales frescos o secos, o bien por rallado, expresión (prensado o procesamiento de cáscara de frutos cítricos), o por extracción con solventes volátiles o fijos. (7,8)

1.2.2 Componentes químicos de los aceites esenciales

La mayor parte de los aceites esenciales están compuestos por terpenoidales, una pequeña cantidad de residuos no volátiles y algunos compuestos de tipo polifenólico e hidrocarburos no terpenoidales.

Los principales componentes de los aceites esenciales se dividen en los siguientes dos grupos: los que solamente contienen carbono e hidrógeno y los que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Se tienen las siguientes excepciones: isotiocianatos orgánicos (de los aceites de mostaza); disulfuros orgánicos (del ajo y de la cebolla); cianuros orgánicos; indol; escatol; antranilato de metilo y N-metilantranilato de metilo (de ciertas cortezas y flores y de las hojas de los frutos cítricos), algunas aminas (componentes menores de los aceites de alcaravea, pechulí, etc.), y unos cuantos compuestos de importancia relativamente escasa.

1.2.3 Compuestos que contienen carbono e hidrógeno

En los aceites esenciales se han encontrado las siguientes clases de hidrocarburos: alcanos, olefinas, hidrocarburos aromáticos, terpenos (olefínicos, monocíclicos y bicíclicos), unos pocos homólogos de terpenos inferiores, sesquiterpenos (alifáticos, monocíclicos, bicíclicos y tricíclicos), diterpenos y azulenos. De los anteriores son los terpenos y los sesquiterpenos los más característicos en los aceites esenciales. El aceite esencial de trementina por ejemplo está compuesto casi exclusivamente por los hidrocarburos terpénicos

alfa-pineno y beta-pineno, la esencia de naranja contiene aproximadamente 90% de d-limoneno.

La unidad fundamental de la estructura de los terpenos es el isopreno C_5H_8 , que es un hemiterpeno. Dos unidades isoprenicas forman los monoterpenos (C_{10}) tres unidades los esquiterpenos (C_{15}) y cuatro unidades los diterpenos (C_{20}).

1.2.4 Compuestos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno

De estos componentes dependen las diferencias de olor observadas en los aceites esenciales. Generalmente, representan la porción más soluble de los aceites. Esta amplia clase comprende alcoholes, aldehídos, cetonas y ésteres. Entre estas sustancias hay compuestos saturados y no saturados alifáticos y aromáticos, terpénicos y sesquiterpénicos (alifáticos, monocíclicos, bicíclicos y aún sesquiterpenos tricíclicos). Otros componentes importantes son: fenoles, éteres fenólicos, ácidos (ordinariamente esterificados), lactonas, óxidos y cumarinas. De menor importancia son los derivados furánicos, las cumaronas y las quinonas. (8)

1.2.5 Componentes principales de los aceites esenciales

- **Anetol:** del grupo éter fenólico. Olor anisado, dulce cálido y suave. Se encuentra en el anís y en el hisopo.
- **Anisaldehído :** pertenece al grupo aldehído y posee un olor y sabor dulce, herbáceo y especiado. Se encuentra en el romero la valeriana y el espliego.
- **Borneol:** Del grupo alcohol. Se encuentra en el romero, la valeriana y el espliego.
- **Carvacrol:** del grupo fenol. Olor fijador. Se encuentra en el lúpulo, tomillo, serpol y ajedrea.
- **D-carvona:** Del grupo cetona. Olor y sabor especiado, herbáceo y dulce. Se encuentra en el eneldo y la alcaravea.
- **l-carvona:** Del grupo cetona. Olor y sabor dulce, mentolado, especiado y refrescante. Se encuentra en la menta crespa.
- **Citral:** Del grupo aldehído. De olor y sabor fresco, alimonado ,vaporoso y verde frutal. Se encuentra en el limón, citronela, naranja y melisa .
- **Citronelal:** Del grupo aldehído. Olor y sabor fresco, alimonado y verde. Se encuentra en la naranja y la melisa
- **Citronelol:** del grupo alcohol. Olor y sabor a rosas, fresco y floral. Se encuentra en la hierba limón.
- **Eugenol:** del grupo éter fenólico. De olor y sabor cálido, especiado y ardiente. Se encuentra en el clavo y las hojas de canela.
- **Geraniol:** del grupo alcohol. De olor y sabor suave, floral y algo amargo. Se encuentra en la melisa, geranio rosa y hierba limón.
- **D-limoneno:** del grupo de los terpenos. De olor y sabor ligero y refrescante. Se encuentra en la bergamota, nerolí, naranja alcaravea, menta piperita y alcanfor.

- **Linalol:** del grupo alcohol. De olor y sabor refrescante, floral amaderado y cremoso. Se encuentra en el espliego, mejorana, bergamota y en el palo rosa.
- **Mentol:** del grupo alcohol. De olor y sabor refrescante, herbáceo, ligero y dulce-agrio. Se encuentra en la menta piperita.
- **Pineno:** se encuentra en las hojas de picea.
- **Terpineol:** del grupo alcohol. De olor y sabor dulce. Se encuentra en la trementina y el hinojo.
- **Timol:** del grupo alcohol. Se encuentra en el tomillo.
- **Vainillina:** del grupo aldehído. De olor y sabor dulce, cremoso y avainillado. Se encuentra en la vainilla.(9)

1.3 Función de los aceites esenciales en las plantas

Las siguientes hipótesis se encuentran basadas únicamente en observaciones efectuadas en algunas plantas que producen aceites esenciales.

- **La producción de aceite hace atractivas a las plantas por su aroma, hacia ciertos animales para facilitar la polinización; y repele a otros como protección a la depredación por animales.**
- **Los componentes: los aceites funcionan como reserva de alimentos para cicatrizar heridas o como un barniz para evitar la evaporación del agua.**

- de aceites son moderadores en la oxidación celular para proteger a las plantas de los agentes atmosféricos.
- Los aceites inhiben la producción de la clorofila en las plantas cuando, están expuestas a la luz.(2)

1.4 Preparación del material

Deberá mantenerse una íntima relación con los dos aspectos de la actividad científica que le concierne a la botánica y a la química. De nada vale el estudio químico, si la especie no esta bien determinada. Se requiere una elevada responsabilidad en la recolección del material vegetal, ya que la herborización efectuada por personas inexpertas puede producir contaminación con otras especies, desvirtuando así el estudio de su composición química. Es por esto recomendable la presencia del botánico y la familiarización del químico con esta parte de la investigación.

El material vegetal que se destina al análisis químico debe someterse a ciertas condiciones que aseguren dos aspectos:

- a) la identificación correcta de la especie
- b) lograr la conservación sin cambiar los principios activos que se buscan.

En el primer caso, una mala determinación del material puede invalidar el resultado fitoquímico. Por lo tanto el material a trabajar no deberá ser una muestra parcial, en forma más o menos dudosa, como sucede cuando el

material de herboristería es provisto a través de una segunda o tercera mano, generalmente molido y seco.

De modo que el primer orden a tener en cuenta es el botánico. Debe verificarse que la planta se estudie completa (raíces, tallos, hojas, flores y frutos). Una vez identificada, el informe botánico debe acompañar la descripción de la especie, si es posible un esquema o dibujo, sus nombres vulgares, su aplicación regional, su implicación sobre los animales o el hombre, su distribución geográfica, su mayor o menor abundancia, sus posibilidades de cultivo y cualquier otro informe histórico o actual que pueda ser de utilidad futura, para su utilización o industrialización.(7)

Debido a las razones anteriores se llevaron muestras de planta, a dos herbarios reconocidos para efectuar su determinación, las que fueron efectuadas: en el herbario de la Facultad de Agronomía y en el herbario de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, ambos pertenecientes a la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El resultado fue la determinación del nombre científico del cordoncillo como: *Piper scabrum Swartz*. En el apéndice A se observa su clasificación botánica, descripción botánica, hábitat y fotografía del mismo.

Para lograr la conservación sin cambiar los principios activos que se buscan se debe tomar en cuenta que la extracción de los aceites esenciales se puede efectuar con material fresco o seco, por lo que si se desea efectuar con

material seco este no deberá secarse a una temperatura mayor de 50°C o simplemente a la sombra, desparramándolo en el suelo o sobre una superficie limpia y seca, teniendo cuidado que no quede una hoja sobre otra para que no se conserve, entre éstas, agua condensada formada por la evaporación al efectuarse el secado, si no se cuenta con el espacio suficiente se puede colocar en capas delgadas procurando removerlo de vez en cuando, durante un periodo de 12 horas.

Este material oreado y seco puede guardarse en bolsas por un tiempo prolongado. El material seco puede separarse con facilidad las hojas de los tallos y se puede guardar en forma separada.

Debe tomarse en cuenta que durante el proceso de secado se efectúa una pérdida parcial por evaporación de los constituyentes mas volátiles. Es importante tener en cuenta los intervalos de tiempo entre la destilación y la extracción de los aceites esenciales por que los constituyentes pueden variar y esto sólo será determinado por la misma investigación, ya que esto varía con la especie y con el constituyente que se desea obtener. Además no se debe descuidar el almacenamiento apropiado durante este periodo y el empleo de dispositivos de mantenimiento.

Es importante mencionar que se debe evitar tratamientos previos en el material fresco como manoseo (hojas y flores)tanto como frotamiento y contusiones que producen alteraciones y modificaciones profundas, también se debe tomar en cuenta que el material fresco no debe permanecer guardado en bolsas plásticas por mas de 24 horas debido a que comienzan las

fermentaciones y la permeabilidad celular, lo que contribuye a su descomposición.

En general, las flores deberán ser sometidas al proceso extracción inmediatamente después de su recolección.

Si se trata de especies arbóreas, habrá que coordinar la actividad en el bosque y la necesidad o no de la molienda de la madera para poner el material en condiciones de ser tratado y sometido a la operaciones de aislamientos de sus constituyentes.

1.5 Almacenamiento del material

Si el material de la planta debe ser almacenado antes de ser procesado el mismo deberá mantenerse en una atmósfera seca a baja temperatura y en un cuarto libre de la circulación del aire, si es posible en una bodega con aire acondicionado. Cualquier pérdida de aceite durante el almacenamiento se debe a varios factores como: la condición del material; el método y la duración del almacenamiento y la composición química del aceite. Como una regla con muchas excepciones, las flores, las hojas y las hierbas no se cortan en almacenamiento prolongado, porque los componentes de los aceites esenciales se hidrolizan y volatilizan en tanto que las cortezas, las semillas y las raíces o la madera por su mismas naturaleza retiene los aceites volátiles por mucho más tiempo.(7)

1.6 Obtención de los aceites esenciales

La mayoría de los aceites esenciales han sido obtenidos por hidrodestilación. Los aceites esenciales son mezclas compuestas por líquidos volátiles y compuestos sólidos que varían ampliamente según su composición, cada componente con un punto de ebullición específico. La destilación es la separación de componentes de una mezcla de dos o más líquidos por efecto de la diferencia de sus presiones de vapor.

La destilación con vapor de agua es el método más común en la obtención de los aceites esenciales y abarca tres tipos de hidrodestilación las cuales se presentan a continuación

1.6.1 Destilación en agua

Con este procedimiento el material vegetal está en contacto directo con el agua hirviendo en el alambique, el calor se aplica por los métodos usuales (fuego directo, camisa de vapor, serpentín de vapor, cerrado o perforado, etc.).

Este método se emplea con frecuencia en la destilación del aceite de pétalos (ejemplos: aceites de azahar, y aceite de rosas); el material no se aglutina de tal manera que vapor no puede penetrar.

1.6.2 Destilación con agua y vapor

El material de la planta se suspende sobre una rejilla que sirve de doble fondo en el alambique. En este se agrega agua hasta un nivel un poco inferior al de la rejilla. Así el material esta en contacto con el vapor saturado a baja presión, pero no esta sumergido en el agua hirviendo.

1.6.3 Destilación con vapor directo

Este método es semejante al anterior, salvo que no hay agua en el fondo del alambique, el vapor se genera en una caldera separada (esto es, se emplea vapor seco). En algunos casos se introduce vapor recalentado a presión ligeramente superior a la atmosférica, el cual sale por los orificios de un serpentín situado debajo de la carga.

Existen tres métodos que se emplean en la obtención de los aceites esenciales de flores: enfloración, maceración, y extracción con solventes volátiles.

1.6.4 Extracción con disolventes volátiles

Este método está basado en el hecho de que los disolventes volátiles (éter de petróleo y benceno) penetran rápidamente a los pétalos y disuelven

con las ceras y algunas materias colorantes, casi todas las sustancias odoríficas naturales. La eliminación del disolvente a baja temperatura da un aceite concentrado, semisólido llamado concreto. Este producto puede ser tratado con alcohol de gran concentración, en el cual no son solubles la mayor parte de las ceras; después de refrigeración para eliminar la mayor parte de la cera disuelta, la solución alcohólica se concentra a presión reducida para obtener un absoluto libre de alcohol.(8)

1.6.5 Enfloración

Consiste en la extracción con grasa fría. Los pétalos frescos se ponen en contacto con una delgada capa de grasa, el perfume emitido por las flores es absorbido por la grasa en contacto. Aún después de recolectados los pétalos continúan con su actividad; por esta razón, los pétalos deberán dejarse por veinticuatro horas sobre la grasa (cuerpo). Luego se reemplaza con nuevos pétalos. Los pétalos parcialmente agotados contienen aún sustancias olorosas, por lo que no se desechan sino que se extractan con éter de petróleo, estos extractos producen una masa sólida que se trata para conseguir el producto conocido como absoluto de chasis.

Al final de dos meses y medio o tres, al final del período de recolección, la grasa (que no ha sido renovada) llega a estar saturada con el aceite de la flor. La extracción alcohólica de la grasa olorosa, llamada pomada, da una solución llamada extracto; eliminando el alcohol por destilación, se produce el absoluto de enfloración; este absoluto contiene pequeñas de grasa procedente

del cuerpo y es de color oscuro. Ordinariamente es refinado por métodos especiales antes de ser lanzado al mercado.

1.6.6 Extracción con grasa fluida (caliente)

Los pétalos se sumergen en grasa caliente, siguiendo el mismo proceso de la enfloración. Los productos obtenidos son pomadas, extractos y absolutos de pomada correlativos de los productos de la enfloración.

1.7 Análisis químicos de los aceites esenciales

Los principales análisis químicos de los aceites esenciales se realizan para: el descubrimiento de la adulteración y la evaluación de la calidad de un aceite no adulterado.

1.7.1 Examen preliminar organoléptico

Se pone una muestra del aceite en un frasco o probeta graduada, se observa el color, la claridad, la viscosidad, la presencia o la ausencia de sedimentos, las ceras separadas y el agua; se anotan los resultados.

1.7.2 Aroma

Un estudio del aroma ayuda al descubrimiento de la adulteración y a juzgar la calidad; debe hacerse la comparación con un aceite de alta calidad y reconocida pureza.

Una gota o dos del aceite investigado se colocan cerca de un extremo de una tira de papel secante (de 10 cm de largo por 1 ó 2 cm de ancho) que no contenga olor; y una cantidad igual de aceite patrón. Para la comparación se pone en otra tira igual, las dos se colocan juntas en un ángulo recto sujetas con una grapa. El aroma de los aceites debe ser estudiado cuidadosamente y comparado a intervalos. Recién puestas las gotas, se descubren frecuentemente las materias adulteradas más volátiles y disolventes en el caso de un producto obtenido por extracción. Cuando se ha secado los papeles, considerablemente, se descubren adulterantes menos volátiles, se observa poco cambio después de veinticuatro a cuarenta y ocho horas.

1.7.3 Propiedades físicas y químicas

El análisis de un aceite esencial, cuando tiene rendimientos altos comprende la determinación de su densidad, la rotación óptica, la solubilidad y el índice de refracción. También se efectúan pruebas especiales según el aceite que se está ensayando (contenido de ésteres, contenido total de alcoholes, punto de congelación, residuo de evaporación, contenido de aldehídos, etc). (8)

1.7.4 Cromatografía

Es clase de metodología de separación donde uno o más componentes de una muestra son separados físicamente por la distribución entre dos fases: a) una fase estacionaria, que puede ser un sólido; y b) una fase móvil, un gas o un líquido que fluye constantemente por una fase estacionaria. La separación de sus componentes depende de sus diferentes afinidades por la fase estacionaria, resultando en migraciones diferentes de los componentes individuales.

1.7.4.1 Cromatografía en capa fina (CCF)

Consiste en la separación de los componentes de una muestra por migración diferencial sobre una cama de absorbente (fina capa de material granular) retenido sobre una superficie plana generalmente de vidrio, aluminio o plástico. Los absorbentes más utilizados en CCF son: Silica gel, Alúmina neutra, ácida o básica, Celite o Tierra de Diatomeas.

1.7.4.2 Cromatografía de gases

Ésta es una clase especial de cromatografía, donde los componentes de la muestra se separan en una columna que contiene una fase estacionaria, que puede ser un sólido o un líquido dispuesto sobre un sólido que actúa como soporte, de gran área superficial, y la otra fase es un gas inerte como He, N₂, Ar. (o H₂ cuando el detector es de llama). (10)

2. JUSTIFICACIÓN

En Guatemala la extracción de aceites esenciales involucra sectores productivos del país que se interesan por la investigación con perspectivas futuras para la industrialización de los mismos.

El Petén cuenta con una gran diversidad de plantas no identificadas. De ellas lo único que se conoce son sus propiedades curativas de uso doméstico en medicina natural.

De estas especies el cordoncillo y específicamente la especie *Piper scabrum* Swartz, produjo interés por conocer el contenido de aceite esencial en sus hojas:

- Su uso en el tratamiento de mordedura de serpiente.
- El aroma cítrico de sus hojas.

La obtención del aceite esencial de cordoncillo proporcionará información sobre su rendimiento en función de la cantidad de material y tiempo de destilación. Estos resultados contribuirán con los siguientes aspectos:

-Proporcionar información para que estudios posteriores establezcan la utilización de sus componentes en la industria.

-Se podrán fijar parámetros para su obtención a nivel de planta piloto así mismo para establecer una producción industrial cuyo beneficio redunde en el efecto económico de nuestro país al explotario.

-Incrementar el interés por la preservación de esta especie su cultivo y propagación.

-Aumentar el interés por el estudio de otras especies silvestres.

3. OBJETIVOS

3.1 General

Contribuir a la investigación del aceite esencial de la especie cordoncillo (*Piper scabrum Swartz*) perteneciente a la Biosfera Maya que puedan constituir un recurso natural para el mejoramiento económico y social de la comunidad de esta región del país.

3.2 Específicos

1. Obtener el rendimiento del aceite esencial de la hoja seca de cordoncillo, en función de la cantidad y tiempo de destilación.
2. Establecer los componentes del aceite esencial de cordoncillo, por medio de cromatografía de gases.
3. Establecer las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de cordoncillo como índice de refracción, solubilidad y densidad relativa.

4. HIPÓTESIS

El rendimiento del aceite esencial de la hoja seca de cordoncillo (*Piper scabrum Swartz*) depende significativamente de la cantidad de material, tiempo de destilación así como de la acción conjunta de ambos factores.

4.1. Hipótesis estadísticas

Las hipótesis a comprobar para la variable respuesta (%) porcentaje de rendimiento, son las siguientes:

4.1.1. Para la cantidad de material

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 \dots \tau_a = 0$$

H_1 : Al menos una τ_i es distinta de cero

4.1.2. Para el tiempo de destilación

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 \dots \beta_b = 0$$

H_1 : Al menos una B_i es distinta de cero.

4.1.3. Para las interacciones entre la cantidad de material y tiempo de destilación

$H_0: (\tau \beta)_{ij} = 0$

$H_1: \text{Al menos una } (\tau \beta)_{ij} \text{ es distinta a cero}$

En donde:

τ_i : Es el efecto del i -ésimo nivel cantidad de material (factor A)

β_i : Es el efecto del i -ésimo nivel tiempo de destilación (factor B)

$(\tau \beta)_{ij}$: Es el efecto de la interacción entre tratamientos, factor A y factor B.

5. METODOLOGÍA

5.1 Localización

1. Concesión comunitaria forestal de Carmelita Péten, Guatemala.

En este lugar se efectuó la recolección manual de la materia prima (hojas de *Piper scabrum* Swarz, cordoncillo), así como la elaboración de las muestras de herbario y el secado.

2. Herbario de la Facultad de Agronomía, Herbario de la Facultad de Farmacia, ambos de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En estos herbarios se determinó el nombre científico del cordoncillo.

3. Laboratorio de Investigaciones Químicas de Productos Naturales de la Facultad de Ciencias químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. En este lugar se efectuó la extracción del aceite esencial de la materia prima.

4. Unidad de Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. En este laboratorio se llevó a cabo la determinación de los componentes por

cromatografía de gases y las determinaciones de las propiedades fisicoquímicas: índice de refracción y solubilidad.

5.2 Recursos humanos

Asesora de la investigación:

**I.Q. Telma Maricela Cano
Morales**

Coasesores de la investigación:

**Lic. Mynor Hernández.
Lic. Roberto Benavides
Dr. Oscar Cobar.**

5.3. Recursos materiales

Para cada unidad experimental

- Gramos de materia prima
- 500 ml de agua desmineralizada.
- 30 gramos de cloruro de sodio.
- 20ml de hexano.
- 1gramo de sulfato de sodio.

- 25 ml de hidróxido de sodio al 5% (solubilidad).
- 25 ml de ácido clorhídrico al 5% (solubilidad).
- 25 ml de bicarbonato de sodio al 5% (solubilidad).
- 25 ml de Acido sulfúrico concentrado (solubilidad).

5.4. Equipo

- Karlsruher o Neoclavenger (Destilador de la Farmacopea Europea)
- Sistema de refrigeración.
- Rotaevaporador.
- Balanza analítica.
- Plancha de calentamiento.
- Bomba Hidráulica.
- Centrífuga.
- Cromatógrafo de gases.

- Picnómetro de 1 ml
- Refractómetro .
- Mangueras de caucho.
- Soportes.
- Pinzas.
- Cronómetro.
- Papel filtro.

5.5. Cristalería

- Piceta
- Balón de 1000 ml
- Balón de 100 ml para el rotaevaporador
- Erlenmeyer de 50 ml
- Tubos de ensayo.
- Varillas de agitación

- Viales de 1 ml.
- Micropipetas con bulbo.
- Beackers de 50 ml.

5.6. Metodología del experimento

5.6.1 Diseño experimental

Se realizó el experimento en el que se estudió el efecto de dos factores. Cantidad de material y tiempo de destilación. Fué importante determinar si los factores influían significativamente sobre el rendimiento del aceite de cordoncillo, y si existía una interacción significativa entre ellos.

El experimento es factorial con una arreglo combinatorio y una distribución completamente al azar, con seis tratamientos y tres repeticiones. El experimento se realizó con variaciones de cantidad de material de 20 y 40 gramos de muestra seca, además se tomaron tiempos de destilación de una, dos, y tres horas de destilado. (ver cuadro de tratamientos del apéndice B)(11)

5.6.2 Aleatorización. Tabla I. Aleatorización de los tratamientos.

No. de corrida	Combinación	No. de corrida	Combinación	No. de corrida	Combinación
1	A ₁ ,B ₂	7	A ₂ ,B ₁	13	A ₂ ,B ₃
2	A ₂ ,B ₁	8	A ₁ ,B ₂	14	A ₂ ,B ₁
3	A ₁ ,B ₁	9	A ₁ ,B ₁	15	A ₂ ,B ₂
4	A ₂ ,B ₂	10	A ₁ ,B ₂	16	A ₁ ,B ₃
5	A ₁ ,B ₃	11	A ₂ ,B ₃	17	A ₂ ,B ₂
6	A ₁ ,B ₃	12	A ₃ ,B ₃	18	A ₁ ,B ₁

5.6.3 Preparación de la materia prima

Esta comprende secado, molienda y tamizaje.

5.6.3.1 Secado de la materia prima

El desarrollo experimental de cada especie en particular varía, por esta razón el cordoncillo fue secado inmediatamente después del corte, debido a que se trata de una especie un tanto succulenta. El secado se efectuó colocando en forma dispersas las hojas teniendo cuidado de que no queden

una sobre otra para evitar la condensación del agua que pueda quedar entre una y otra hoja.

5.6.3.2. Almacenaje de la materia prima

El almacenaje de la materia prima se efectuó colocando las hojas en bolsas de papel, para evitar que absorbiera agua del ambiente.

5.6.3.3. Molienda de la materia prima

Esta se efectuó previo a cada destilación y se realizó con un molino de tornillo sinfín.

5.6.4 Destilación del aceite esencial

1. Armar el equipo, tal como se muestra en el esquema en el apéndice B
2. Pesar la muestra del material a destilar.
3. Colocar la muestra vegetal en un balón de 1000 ml.
4. Agregar solución de cloruro de sodio al 5%, a la muestra vegetal.

5. Colocar agua en la región de descarga del aparato Karlsruher (destilador de la farmacopea Europea), hasta el nivel de descarga hacia el balón que contiene el material vegetal de manera que se observe un equilibrio, entre la línea del condensado y la línea de descarga del equipo.
6. Agregar 2 ml de hexano sobre el agua en la región de descarga.
7. Encender bomba hidráulica para recircular agua al condensador.
8. Agregar calor en la plancha de calentamiento, hasta iniciar ebullición.
9. Disminuir temperatura hasta observar que el material no se proyecta por la línea del condensado.
10. Dejar destilar durante el tiempo requerido.
11. Apagar la plancha de calentamiento y esperar que termine de obtenerse producto en el condensador.
12. Recolectar el destilado de la región de descarga, en un tubo de ensayo.
13. Con una micropipeta efectuar lavados con hexano, en la región de descarga.
14. Centrifugar el condensado durante 5 minutos.
15. Separar la solución aceite -hexano del agua con micropipetas.
16. Agregar 0.1 gramo de sulfato de sodio anhidro a la solución recuperada, hasta secar totalmente.
17. Limpiar el balón del rotaevaporador, secarlo y tararlo.
18. Trasladar la solución al balón del rotaevaporador y eliminar el hexano a un vacío de 350 mm de Hg, y una temperatura de 45°C , hasta que no se observe recolección de hexano en el recuperador.

19. Aplicar vacío máximo durante 10 segundos.

20. Evaporar hexano remanente en la campana durante 12 horas aproximadamente.

21. Pesar el balón para determinar la cantidad de aceite obtenido.

22. Determinar el rendimiento por medio de la ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = (\text{gramos de aceite obtenido}) / (\text{gramos de muestra utilizada}) * 100. \quad (12)$$

5.6.5 Variable respuesta

La variable respuesta a obtener es el rendimiento del aceite esencial de la hoja seca de cordoncillo (*Piper scabrum Swartz*), en función del factor A (cantidad de material) y factor B (tiempo de destilación).

5.6.6 Modelos estadístico

Las observaciones pueden describirse mediante el modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

En donde:

Y_{ijk} : Es la variable respuesta, rendimiento del aceite esencial de la hoja seca de cordoncillo.

μ : Es el efecto medio general

τ_i : Es el efecto del i-ésimo nivel del factor A (cantidad de material)

β_j : Es el efecto del j-ésimo nivel del factor B (tiempo de destilación)

$(\tau \beta)_{ij}$: Es el efecto de la interacción entre tratamientos, factor A y factor B

ε_{ijk} : Es el componente del error aleatorio.

Suponemos inicialmente que ambos factores son fijos y que los efectos entre tratamientos se definen como desviaciones de la media general, por lo tanto:

$$\sum_{i=1}^a \tau_i = 0$$

$$\sum_{j=1}^b \beta_j = 0$$

Además suponemos que los efectos de interacción son fijos y la definimos como:

$$\sum_{i=1}^a (\tau \beta)_{ij} = 0; \text{ de donde hay un total de 18 observaciones. (11)}$$

5.6.7 Propiedades fisicoquímicas

5.6.7.1 Densidad relativa

1. El picnómetro perfectamente limpio y seco se pesa (P1).
2. Llevar el picnómetro hasta el borde con agua destilada y colocar el termómetro tapadera, se producirá un rebalse por el canal, colocar la tapadera del canal lateral.
3. secar perfectamente y pesar (P2).
4. Vaciar el picnómetro y secar, llenar con la muestra de aceite y pesar (P3).

$$\text{Densidad relativa} = (P3-P1)/(P2-P1).(13)$$

5.6.7.2 Índice de refracción

1. Filtrar la muestra para eliminar cualquier impureza o trazas de humedad.
2. Se ajusta la temperatura en el refractómetro (para aceites esenciales 20°C
se limpian los prismas con xilol y se vierten unas gotas de la muestra en el prisma inferior, ajustando éste contra el prisma superior en forma tal que quede entre ellos una capa de muestra, libre de burbujas de aire.

3. Se deja en reposo de uno a dos minutos o hasta que la muestra alcance la temperatura que corresponde.
4. Se hacen girar las prismas hasta que el campo aparezca dividido en una porción oscura y otra iluminada, procurando que en la separación de ambas porciones no aparezca una banda de dispersión, sino una línea nítida. Se ajusta la posición de esta línea de modo que pase por el punto de intersección de los hilos del retículo y se lee sobre la escala el valor del índice de refracción de la muestra. (13)

5.6.7.3 Solubilidad

1. Colocar 0.2 ml de la muestra en un tubo de ensayo.
2. Añadirles porciones de 3ml del solvente a usar.
3. Agitar vigorosamente después de la adición de cada porción de disolvente, poniendo especial atención en mantener la mezcla a la temperatura ambiente. Si el compuesto se disuelve totalmente, anotarlo y continuar con otros solventes.(14)

5.6.8 Determinación de los componentes

5.6.8.1 Cromatografía de gases

Preparación del gas acarreador (nitrógeno).

Condiciones del cromatógrafo:

- 1. La temperatura inicial del horno es de 100° C, aumentando 2° C por minuto.**
- 2. La temperatura final del horno es de 220°C .**
- 3. La temperatura del detector es de 240°C (esta temperatura es constante)**
- 4. La temperatura del inyector o puerto de inyección 230°C.**
- 5. El tiempo de corrida es de 79 minutos.**
- 6. Atenuación 64.**
- 7. Velocidad de la carta 0-5 cm/min.**

Luego de efectuar las condiciones del cromatógrafo se inyecta un volumen de 0.2 microlitros.(15)

5.6.9 Manejo del experimento

Este estudio se efectuó con las hojas secas de cordoncillo (*Piper scabrum Swartz*) encontrada en el área disturbada (a orilla de la carretera) alrededor de la comunidad de Carmelita Petén.

El proceso utilizado en la obtención del aceite esencial es el de hidrodestilación, en el cual se utilizó el aparato Karlsruher o Neoclavenger (destilador de la farmacopea Europea), como se observa en la figura del apéndice C.

Para obtener el rendimiento exclusivo de las variables a estudiar, cantidad de material y tiempo de destilación se dejaron constantes las siguientes variables.

1. La procedencia de la materia prima: se utilizó una sola planta para toda la extracción, dejando constante : la época de corte de la planta (mes de julio); edad de la planta (desconocida); momento de corte(al medio día); lugar de procedencia (concesión comunitaria de Carmelita, Petén); la especie *Piper scabrum Swartz*. El muestreo de las hojas fue al azar para aleatorizar el error que pueda causar la edad de las hojas en la planta, así como los factores específicos de cada hoja.

2. El tiempo de secado de la materia prima. La materia prima se dejó secar a la sombra durante tres días en la comunidad de Carmelita Petén. Esparciéndolas sobre papel manila, de forma que no quedara una sobre otra, luego se colocaron en bolsas de algodón para transportarlas a la capital, donde se continuó el secado durante tres días hasta obtener un peso constante. Se mantuvo almacenado durante un mes en bolsas de papel y estas a su vez dentro de una caja de cartón, la cual se almacenó en un lugar sin circulación de aire. Los eventos se hicieron, completamente al azar para aleatorizar el error que ocasiona el intervalo de tiempo entre el corte y la extracción. Se deberá tomar en cuenta que al utilizar material fresco los resultados que se obtengan se podrán comparar con los resultados que esta investigación brinda con relación a la especie *Piper scabrum Swartz*. También se recomienda la posibilidad de efectuar las extracciones lo más cerca posible del lugar de corte de la planta.

3. Tamaño de partícula : se utilizó un molino de tornillo sinfín para moler el material y se tomó la muestra al azar para aleatorizar el tamaño de partícula esto se hizo previo a cada extracción, para evitar pérdidas de aceite ocasionados en la molienda.

4. Equipo de extracción: se utilizó el mismo equipo (ver figura apéndice C) en las mismas condiciones para cada extracción manteniéndose una temperatura homogénea de 9 °C en el condensador.

5. método de extracción: se utilizó el mismo método de extracción (hidrodestilación) se mantuvo un flujo constante de calor proporcionado por la estufa y con esto una temperatura de ebullición constante. Se utilizó una solución salina al 5% de cloruro de sodio (NaCl) para ayudar a romper los espacios intra-celulares del tejido vegetal exponiendo las células de la planta y facilitando el desprendimiento del aceite esencial. Se mantuvo constante el flujo de enfriamiento que entraba al condensador a una temperatura constante de 0 °C y una temperatura constante de salida del condensador de 4 °C esto se logro haciendo recircular a contracorriente una solución refrigerante de glicerina agua. con lo anterior se logro obtener el condensado de aceite esencial a una temperatura de 9 °C (ver dibujo apéndice C). Experiencias anteriores observadas en la obtención del aceite esencial de pericón manifestaron que se obtienen mejores resultados de los componentes de aceites esenciales cuando se obtienen en un rango de (-5 a 9) °C. (16).

Con las anteriores variables constantes, se obtuvo resultados exclusivos de las variables cantidad de material y tiempo de destilación.

El tiempo de destilación es de suma importancia en la obtención del aceite esencial debido a que para un tiempo de destilación de una hora se obtienen los componentes más volátiles. Al aplicar temperatura al sistema de extracción la fase líquida se ve enriquecida con el aceite de la planta y la fase gaseosa se ve enriquecida con el componente más volátil. El vapor producido es por lo tanto enriquecido por los componentes más volátiles, al continuar la destilación por un tiempo más prolongado el líquido en el reactor se convertirá

progresivamente más pobre en los componentes más volátiles y rico en los componentes menos volátiles (2)

Además al prolongarse el tiempo de destilación se obtiene también ceras, resinas y gomas contenidas en las plantas, las cuales dependiendo de su volatilidad pasaran a la fase gaseosa dependiendo del tiempo y temperatura .

6. RESULTADOS

6.1 Tabla II de resultados del análisis de varianza del modelo bifactorial

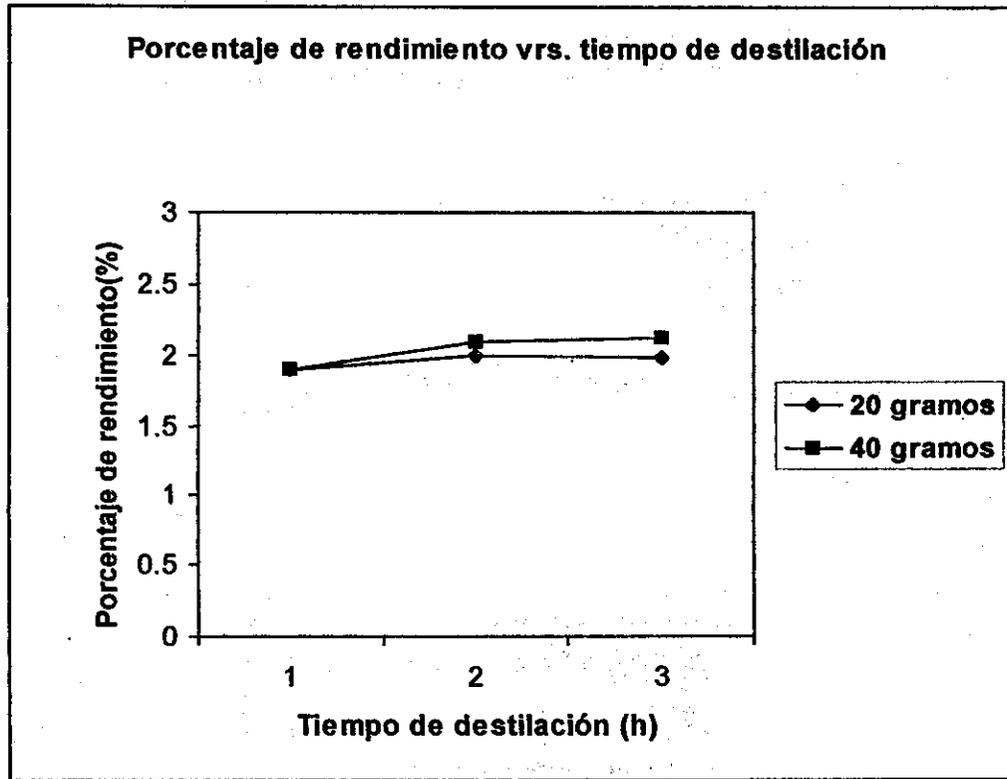
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr>F
Cantidad de material.	1	0.02740141	0.02740141	0.18	0.6748
Tiempo de destilación	2	0.08240732	0.04120366	0.28	0.7620
Interacción	2	0.01596604	0.00798302	0.05	0.9478
Error	12	1.77812149	0.14817679		
Total	17	1.90389626			

Coefficiente de variación: 19.3%

6.2 Tabla III. Resultados de rendimiento (%) en peso promedio de la hoja seca de cordoncillo por tiempo de destilación

Tiempo de destilación	% de Rendimiento		
	20 gramos	40 gramos	Y
1 hora	1.899	1.898	1.899
2 horas	1.991	2.086	2.039
3 horas	1.975	2.116	2.046
Y	1.955	2.033	1.994

Gráfica No.1



6.3 Tabla IV RESULTADOS DE CROMATOGRAFÍA DE GASES

Componentes	Tiempos de destilación en horas					
	1 Hora		2 Horas		3 Horas	
	Tiempo de Retención	% de Área	Tiempo de Retención	% de Área	Tiempo de Retención	% de Área
Carbona	31.16	28.201			31.02	26.136
P-Cimol	15.40	15.805	15.58	20.657		
Myrdenol	31.86	13.397			32.06	2.030
1-8Cineole	17.26	9.327				
Anetol	36.55	7.553			36.19	13.227
B-Pineno	12.71	6.941			12.84	3.417
A-Terpineno	14.12	6.624	14.17	29.422	14.14	4.012
Myrceno	13.60	5.785	13.51	21.776	13.71	4.944
Cumynaldehído	33.41	2.915				
3-Octanol			19.52	28.145		
Limoneno					14.97	9.666
Terpinoleno					16.06	9.380
Ac-Linalilo					24.08	9.247
Iso-Val-Bornil					32.70	2.379
Total	9		4		10	

6.4 Tabla V. Solubilidades

Nombre del compuesto	Agua (H ₂ O)	Hidróxido de sodio (NaOH)	Bicarbonato de sodio (NaHCO ₃)	Ácido clorhídrico (HCl)	Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)
Aceite esencial de cordoncillo (<i>Piper scabrum</i> Swartz)	Insoluble	Parcialmente soluble	Parcialmente soluble	Insoluble	Soluble

6.5 Aroma

El aroma que caracterizó al cordoncillo (*Piper scabrum* Swartz) fue: cítrico, dulce, mentolado levemente picante.

6.6 Tabla VI. Propiedades fisicoquímicas

Propiedad fisicoquímica	Tiempo en horas		
	1hora	2horas	3horas
Densidad relativa(20°C)	1.043	1.033	1.010
Índice de refracción	1.535	1.545	1.511

4.DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El aceite esencial de cordoncillo (*Piper scabrum* Swartz) aún no es utilizado en la industria, pues por tratarse de una planta silvestre sus cualidades, son desconocidas.

Este trabajo de investigación da a conocer las características botánicas determinadas del cordoncillo (ver apéndice A) y también una fotografía de una muestra.

El objetivo principal de esta investigación es la obtención del aceite esencial de las hojas secas de cordoncillo y el análisis de su rendimiento a nivel laboratorio por medio del método de hidrodestilación, se toman como parámetros de variación del proceso: la cantidad de muestra que se ingresa al extractor y el tiempo de extracción del aceite esencial.

El efecto de los parámetros de variación pueden ser decisivas a la hora de efectuarse un escalonamiento a nivel de planta piloto, asimismo, en un estudio de factibilidad del proceso para implementarlo a nivel industrial

De acuerdo a lo mostrado por los resultados obtenidos de esta investigación no existe influencia de las dos variables sobre el rendimiento.

El análisis de varianza con dos factores de los datos de rendimiento en función de los parámetros de variación proporcionó resultados sobre las tres hipótesis estadísticas planteadas de las cuales se observa lo siguiente:

No se rechazan las hipótesis nulas las cuales indican:

1. No existe diferencia significativa en el rendimiento de aceite esencial de cordoncillo, cuando en la destilación se usan 20 ó 40 gramos de materia prima.
2. No existe diferencia significativa en la variación del tiempo de destilación, cuando los intervalos son de una, dos y tres horas.
3. No existe diferencia significativa en la interacción entre la cantidad de material y el tiempo de destilación.

Por lo tanto, para estas condiciones se considera que el rendimiento del aceite esencial de cordoncillo no se ve afectada por la cantidad del material y el tiempo de destilación en forma significativa (ver tabla II de la sección de resultados).

Los promedios de rendimiento para un tiempo de destilación de una hora, dos horas y tres horas, se pueden observar en la gráfica No.1 de la sección de

resultados. En dicha gráfica se observa la tendencia de los rendimientos a mantenerse en intervalo de 1.89 por ciento en peso a 2.12 por ciento en peso.

Estos resultados sin embargo no pueden ser utilizados directamente para extracciones a mayor escala, siendo necesario hacer un escalonamiento a nivel de planta piloto, para luego efectuarlos a nivel industrial.

Al aumentar el tiempo de destilación las propiedades fisicoquímicas variaron como se puede observar la tabla VI de la sección de resultados, esto se debió a que los componentes contenidos en el aceite esencial de cordoncillo también variaron para cada tiempo de destilación

En la tabla IV de la sección de resultados se observa el porcentaje de área y el tiempo de retención de los componentes que se pudieron detectar.

Debido a la falta de estándares de componentes puros, no todos fueron detectados, en la cromatografía de gases.

En dicho análisis se observó que la destilación efectuada por tres horas, como lo muestra la gráfica No.6, produjo diez 10 componentes: carbona, Mirdenol, Anetol, B-Pineno, A-Terpineno, Myrceno, Limoneno, Terpinoleno, Ac-linalilo, Iso-val- Bornil .

Al observar cada gráfica de cromatografía gaseosa se determinó que algunos compuestos no se obtuvieron, en el condensado esto se debió a la hidrolización que sufrieron la cual no se cuantifico en esta investigación. Para un tiempo de una hora se determinaron ocho componentes y para un tiempo de dos horas se determinaron cuatro componentes, siendo por lo tanto la destilación efectuada por tres horas en la que se obtuvo la mayor cantidad de componentes.

El rendimiento se mantuvo debido a que al destilar los componentes del aceite esencial también destilaron ceras, gomas , resinas y otros componentes que no fue posible determinar.

Al efectuar una comparación del cordoncillo con especies de su mismo genero se observó que poseen componentes similares, por ejemplo la menta piperita de nuestro país reportada por el Lic. Armando Cáceres contiene Carbona y Limoneno. Otra comparación que se hizo fue con la menta piperita de Tucumán , Argentina; contiene B-Pineno, Limoneno y 3-Octanol. (1,17)

De los resultados obtenidos en esta investigación, el aceite esencial de cordoncillo (*Piper scabrum* Swartz) se caracterizó por:

Un rango de rendimiento de (1.9-2.12) por ciento en peso.

Densidad relativa de: 1.043 para una hora de destilación; 1.033 para dos horas de destilación; 1.010 para tres horas de destilación.

Índice de refracción de: 1.535 para una hora de destilación; 1.545 para dos horas de destilación; 1.511 para tres horas de destilación.

Un aroma cítrico, dulce, mentolado y levemente picante.

CONCLUSIONES

1. El rango del rendimiento de aceite esencial de la hoja seca de cordoncillo fue de 1.9 a 2.12 por ciento. Este resultado no depende significativamente de la cantidad de materia prima y del tiempo de destilación, cuando se utilizan muestras de 20 y 40 gramos para tiempos de destilación de una dos y tres horas de destilación, si la extracción se efectúa por el método de hidrodestilación y se dejan constantes todas las demás variables del proceso.
2. No existe interacción entre la cantidad de material y el tiempo de destilación, en la obtención del aceite esencial de cordoncillo cuando la cantidad de materia prima utilizada es de 20 y 40 gramos con tiempos de destilación de una, dos y tres horas.
3. Los componentes encontrados en el aceite esencial de cordoncillo (*Piper scabrum Swartz*), por medio de cromatografía de gases fueron. Carbona P-Cimol, Myrdenol, 1-8Cineole, Anetol, B-Pineno, A- Terpineno, Myrceno, Cumynaldehído, 3- Octanol, Limoneno, Terpinoleno, Acetato de Linalilo e Iso-Val- Bornil.

4. **Se determinó que existe variación de las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de cordoncillo cuando se efectúa variación en el tiempo de destilación.**

RECOMENDACIONES

1. Se debe continuar con la investigación del análisis de los componentes del aceite esencial de cordoncillo (*Piper scabrum* Swartz) y encontrar sus aplicaciones en la industria.
2. Hacer pruebas a nivel de planta piloto con el objeto efectuar un escalonamiento a nivel industrial analizando la viabilidad económica del proceso para promover la industrialización del aceite esencial de cordoncillo.

REFERENCIAS

1. <http://www.ctu.es/fitoterapias/aceites3.htm>
2. Ernest Gunther. **"The essential oils."**(Vol. I y II, Tercera impresión, primera edición, s.l. editorial Van Nustrand. 1996). Pp. 118-140;258-365,689.
3. F. J. Perry. **"Chemistry of essential oils and artificial perfumes."** (Vol. I, Cuarta edición, s.l. editorial SPL ,1992). Pp. 12-25.
4. R.O.B Wijesekera. **"Practical manual of the essential oil industry."** (Austria1960) Pp. 4-5.
5. Simón Comerford. Guatemala, Noviembre 1998. Comunicación personal.
6. Alba Marina de García. Proyecto CONCYT/FACYT sobre "Transferencia biotecnológica para la caracterización proteica e inmunológica de los venenos de serpientes con el fin de evaluar y desarrollar localmente sueros antiofídicos específicos." Guatemala 20 de diciembre 1998. Comunicación personal.
7. Juan Alberto Retamar. **"Aceites esenciales de especies vegetales diversas sus posibilidades químicas"**.(Volumen I ,Argentina, IPNAYS, CONECIT-UNL, FIQ, 1,982). Pp. 21,22.
8. Reymond Kirk. Et al. **"Enciclopedia de tecnología química."** (Vol. II, España: editorial Hispanoamericana,1961.) Pp. 61-81
9. <http://www.Mantra.com.ar/frame.Aceites.html> (aceites esenciales)
10. Roberto Benavidez, Guatemala, febrero 1998. Comunicación personal.
11. Douglas Montgomery. **Diseño y análisis de experimentos.**(tercera edición, México: editorial Iberoamérica, 1,991) Pp. 175-184.
12. Mynor Hernández, Guatemala, 15 de diciembre de 1997.Comunicación personal.

13. **Beatriz Medinilla. "Manual de laboratorio de farmacognosia".**
(Guatemala, Depto. de Análisis Aplicado, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1,996) Pp. 5-7.
14. **Miguel Angel Velásquez, Guatemala, 1 de septiembre de 1998. Comunicación personal.**
15. **Ralph I. Shriner. et al. " Identificación sistemática de compuestos orgánicos".** (México, Editorial Limusa 1998, 1988) Pp.81-86.
16. **Nerandra Godoy Orozco. Evaluación del contenido del aceite esencial en tres poblaciones silvestres de pericón (Tagetes lucida Cav.) Tesis Fitotecnista. Guatemala, Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 1995. Pp. 21.**
17. **Paul Standley et al " Flora of Guatemala ." (Vol. 24 parte III, Editado por Chicago Natural History Museum. Fieldiana Botany 1,946) Pp.228-232.**

BIBLIOGRAFÍA

1. **CÁCERES, Armando. Plantas de uso medicinal en Guatemala.** Guatemala, Editorial Universitaria. Universidad de San Carlos. 1996.
2. **MONZÓN Castellanos, Ronald Giovanni. Determinación del rendimiento del aceite esencial de la hoja seca de naranja agria (Citrus aurantium) en función del tamaño de partícula y el tamaño de muestra obtenido, por medio del arrastre con vapor. Tesis Ing. Químico. Guatemala, Universidad de san Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998.**
3. **PIEDRASANTA, Batz Ramón Benjamin. Extracción del aceite esencial de romero con aplicación del método de destilación por arrastre de vapor, variando los tamaños de batch a partir de pruebas a nivel laboratorio y pruebas a nivel de planta piloto. Tesis Ing. Químico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1997.**
4. **REYES Barrera, Ruth Emilsa. Extracción de aceite esencial de la semilla de Ambrete (Hibicus abelmoschs, Linn) por medio de eter etílico variando el tiempo de agitación y la cantidad de semilla molida a un volumen conste de 100 ml. Tesis Ing. Químico . Guatemala, universidad de san Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996.**

APÉNDICES

APÉNDICE A

CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

- Reino: Plantal.
- Sub Reino: Embriobionta.
- División: Magnoliophyta.
- Clase: Magnoliopsida.
- Sub Clase: Magnoliidae.
- Orden: Urticales.
- Familia: Piperaceae.
- Genero: Piper.
- Especie: Piper scabrum Swartz.
- Nombre común: Cordoncillo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Es un arbusto, con enramado fuerte comúnmente de 1.5 a 3 m, de altura, las ramas nuevas son densamente hispidulosas, con ramas dispersas cortas y blanquecinas y algo reflejadas, pelos hirsutos (espinados), los internodos son cortos o elongados, los peciolo fuertes de 1 cm, de longitud o usualmente más cortos, se producen cerca de la base espidulo; las hojas más o menos gruesas o firmes, generalmente de un verde seco o verde grisáceo raramente negruzco, poco o casi nada lustrosas, pelúcidas y puntuadas, algunas veces muy oscuras, verdes de la superficie superior, escabrosas y muy pálidas al tacto, no ampolladas más o menos pálida la cara inferior, inconspicuamente escabrosas en toda la superficie, estrigoso o adpreso-hispídulo, en los nervios y venas, elíptica en forma de lanza, hasta elíptica o ampliamente redondeada mas que todo de 10 a 20 cm de longitud y de 5 a 8 cm., de ancho, terminan abruptamente en forma combinada o combinada con cúspide, muy desigual en la base, redondeada u obtusa en cada lado o el lado mas corto, algunas veces agudo; los espídulos, las espinas erectas delgadas, blancuzcas, color crema o verde grisáceo, obtusas mas que todo de 10 a 8 cm de longitud y cerca de 3.5 mm de grosor; brácteas densamente pubescentes, las anteras salientes.

Las flores pertenecientes a éste genero son perfectamente unisexuales, se adhieren a los sépalos de forma de escudo, que subtienden solitario en cada sépalo, sin tallo o raramente estipitado. Las espigas, generalmente pedunculares, inicialmente terminal, colocándose opuestas a las hojas raramente reunidas en un pedúnculo común; estambres 2-4 o raramente más numerosas; los filamentos cortos o raramente excediendo los sépalos, las anteras ovaes o mas cortas generalmente se abren por ranuras longitudinales, sin tallos o casi sin tallos, obtusos o con espolones, de 12 a 5 estigmas generalmente 3 a 4 distintas erectas o encorvado ; óvulo erecto de la base o de la célula; frutos en forma de baya muy pequeña, ovoide o esférica, lisa algunas veces parcialmente inmersa, algunas veces sin tallo, y sobresaliente o raramente larga estipitada. El pericarpio muy jugoso o escasamente sólo la pulpa ligeramente succulenta; el tegumento exterior de la semilla es delgado.

HÁBITAT

Crece a 1,900 metros o menos. Más comúnmente abajo de 1,000 metros, en regiones como Petén , Alta Verapaz, Izabal, Sta. Rosa, Escuintla, Sacatepéquez, Chimaltenango, Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango, San Marcos , Huehuetenango, Quiché, Sur de México , Belice, probablemente a través de América Central, Antillas, también en Sur América. Esta es la especie más común de Piper encontrada en Guatemala, aunque quizá no la más amplia en alcance. Es un abundante arbusto a menudo dañino en muchas partes del país, especialmente en la vertiente del Pacífico. (17)

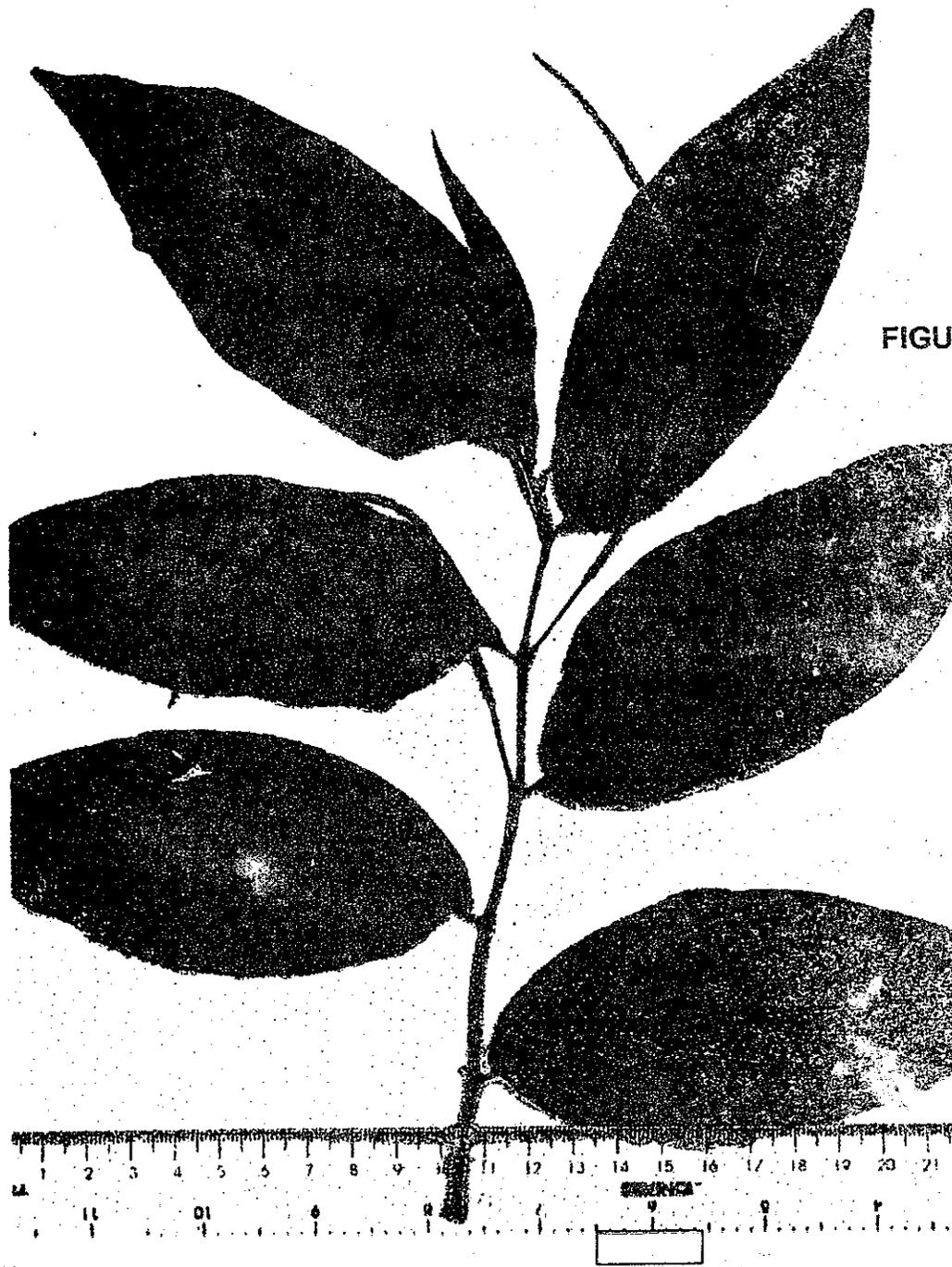


FIGURA No.1

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FLORA DE GUATEMALA
HERBARIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
AGUAT

Piper scabrum Swartz

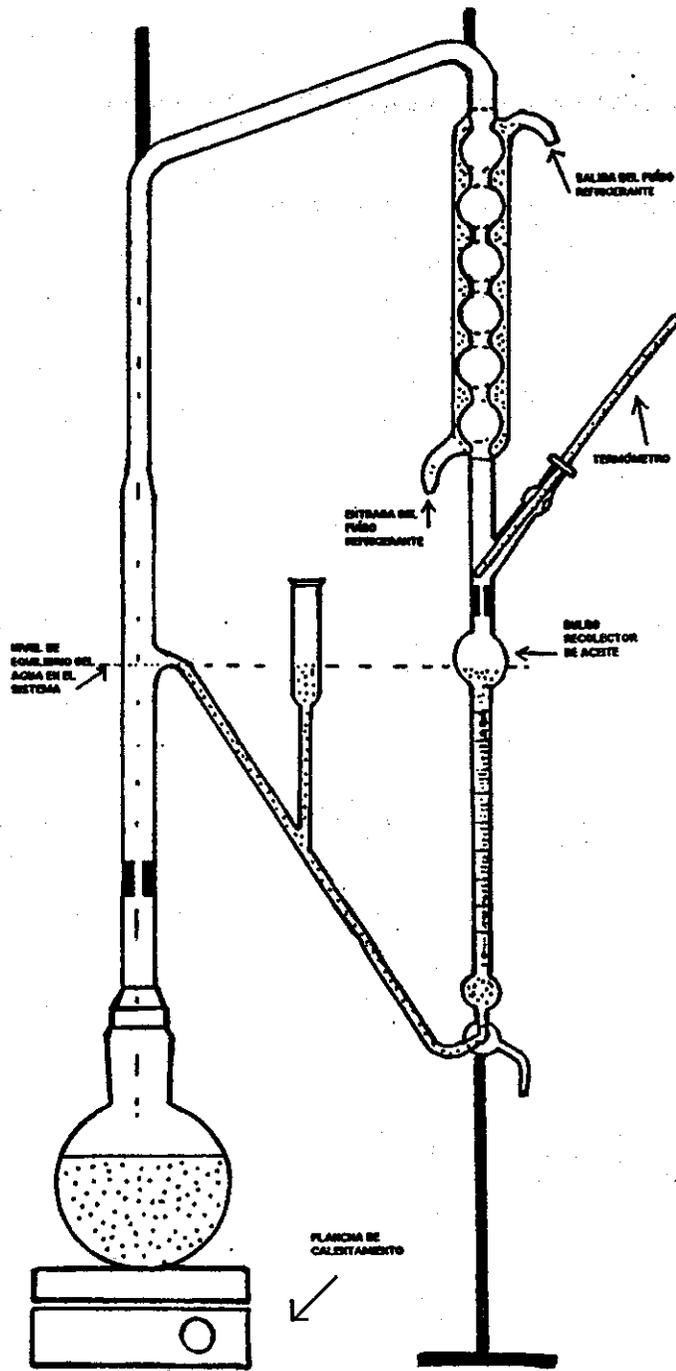
Piperaceae

Arbusto de 3 a 4 m; hoja verde claro, pubescentes; inflorescencias color crema de 20 a 30 cm de largo. Bosque disturbado, en la orilla de la carretera en la entrada a la comunidad de Carmelita, Petén.

Colecto: Simón Comerford, Irma Tay
Determinó: Juan José Castillo, David Mendieta

8 de julio de 1998
12 de agosto de 1998

APÉNDICE B ESQUEMA DEL EQUIPO



APÉNDICE C

Datos originales

TABLA VII. Datos originales de masa de aceite esencial obtenido en los distintos eventos

Masa en gramos de la hoja seca utilizada	Tiempo de destilación en horas		
	1 Hora	2 Horas	3 Horas
20 g	0.3654	0.3501	0.3881
	0.3704	0.4245	0.3900
	0.403	0.4199	0.4070
40 g	1.0418	0.8226	0.7762
	0.4168	0.6886	0.9592
	0.9852	0.9924	0.8036

APÉNDICE D

DATOS CALCULADOS

Tabla VIII. Datos calculados de rendimientos (%) obtenidos en los distintos tratamientos

Cantidad de material En g.	Rendimiento de aceite esencial %		
	1 hora	2 horas	3 horas
20	1.827	1.7505	1.9405
	1.857	2.1225	1.9500
	2.015	2.0995	2.035
40	2.6045	2.0565	1.9405
	1.0420	1.7215	2.398
	20463	2.481	2.009

APÉNDICE E

MUESTRA DE CÁLCULO

1. Cálculo de rendimiento

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$R(\% \text{ en peso}) = (\text{masa de aceite} / \text{masa de hoja}) \times 100$$

Para la primera repetición del primer tratamiento con masa de aceite de 0.3654 g.

$$R(\%) = (0.3654/20) \times 100 = 1.827\%$$

De igual manera se procedió con los demás datos; los resultados se encuentran en la tabla VIII de datos calculados.

2. Cálculo de densidad relativa

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad relativa} = (P3 - P1) / (P2 - P1)$$

P1 = masa en gramos del picnómetro limpio = 10.080

P2 = masa en gramos del picnómetro con agua destilada = 11.089

P3 = masa en gramos del picnómetro con aceite esencial = 11.099

$$\text{Densidad relativa (20°C)} = (11.099 - 10.080) / (11.089 - 10.080) = 1.0103$$

De igual forma se procedió con las demás muestras, como se observan en la sección 6.

APÉNDICE F

GRÁFICA No.4

Cromatograma de aceite esencial de cordoncillo para una hora de destilación.

Fuente: cromatógrafo de gases de la Unidad de Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de La Universidad de San Carlos de Guatemala

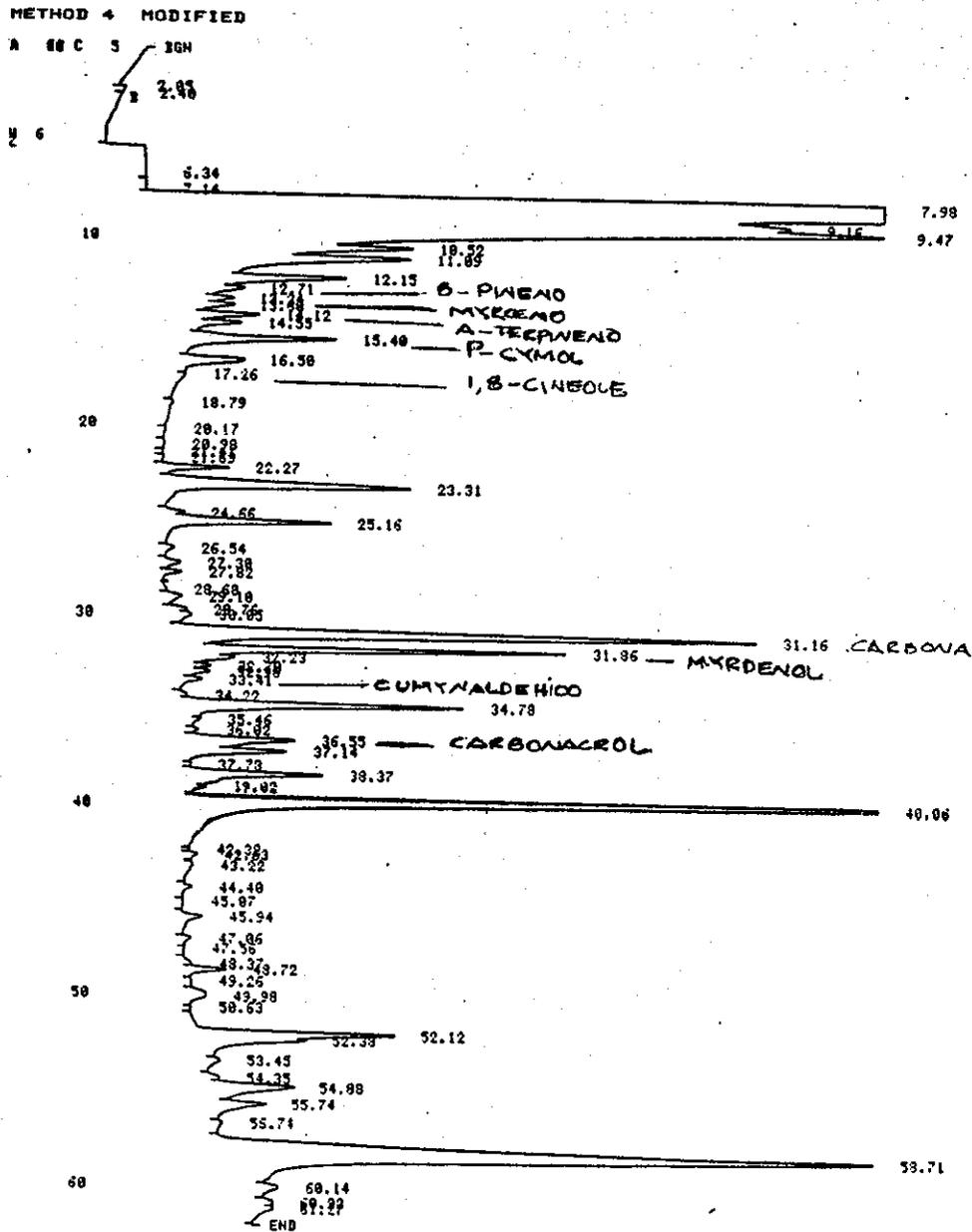


Tabla IX.

Tiempos de retención y áreas del cromatograma para una hora de destilación del aceite esencial de la hoja seca de cordoncillo.

Fuente: cromatógrafo de gases de la Unidad de Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de san Carlos de Guatemala.

RUN 1 10:40 98/10/07

METHOD 4 MODIFIED

CALCULATION: NORM

RT	AREA	BC	RRT	RF	AREA %	NAME	GRP
12.71	13.4807	T	1.270	1.0000	6.9414	B-PINENO	0
13.60	11.2349	T	1.360	1.0000	5.7849	MYRCENO	0
14.12	12.8637	T	1.411	1.0000	6.6237	A, TERPINENO	0
			1.501	1.0000		LIMONENO	0
15.40	30.6950	T	1.540	1.0000	15.8052	P-CYMOL	0
			1.607	1.0000		TERPINOLENO	0
17.26	18.1137	T	1.726	1.0000	9.3269	1,8-CINEOLE	0
			1.961	1.0000		3-OCTANOL	0
			2.408	1.0000		LINALOL	0
			2.483	1.0000		AC.LINALILO	0
			2.647	1.0000		AC.BORNYL	0
			2.710	1.0000		AL.FURFURAL	0
			2.934	1.0000		AC.MIRDENOL	0
31.16	54.7695	T	3.116	1.0000	28.2014	CARBONA	0
31.86	26.0173	T	3.186	1.0000	13.3966	MYRDENOL	0
X32.23	6.7035	T	3.222	1.0000	3.4517	MYRDENOL	0
			3.272	1.0000		ISO-VAL-BORNYL	0
33.41	5.6605	T	3.340	1.0000	2.9146	CUMYNALDEHIDO	0
36.55	14.6680	T	3.655	1.0000	7.5531	ANETOL	0
			3.934	1.0000		NEROLIDOL-TRAN	0
			4.760	1.0000		CARBACROL	0

10 MATCHED COMPONENTS 100.00% OF TOTAL AREA
 0 UNKNOWN >= UNRETD PEAK TIME 0.00% OF TOTAL AREA
 37 PEAKS > AREA/HT REJECT

GRÁFICA No. 5

Cromatograma de aceite esencial de cordoncillo para dos horas de destilación.

Fuente: cromatógrafo de gases de la Unidad de Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de La Universidad de San Carlos de Guatemala.

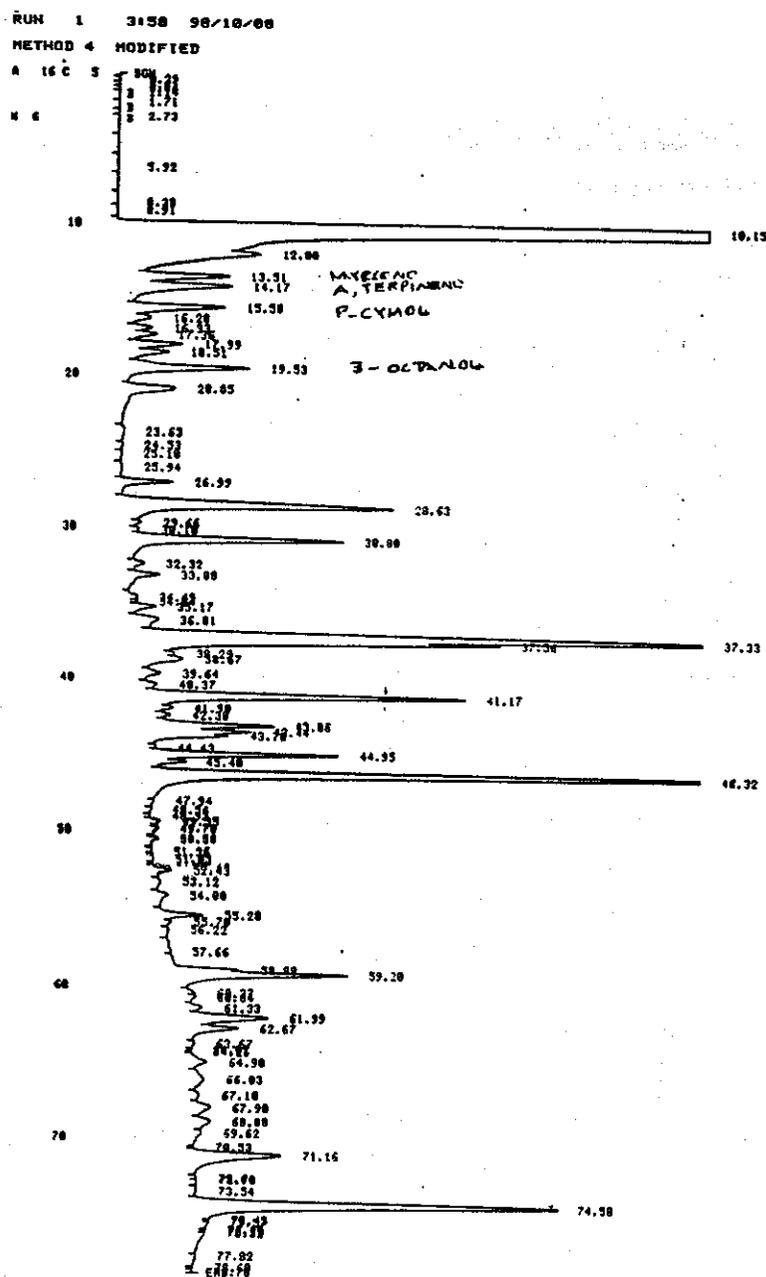


Tabla X.

Tiempos de retención y áreas del cromatograma para dos hora de destilación del aceite esencial de la hoja seca de cordoncillo.

Fuente: cromatógrafo de gases de la Unidad de Análisis Instrumental de Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala

RUN 1 3:58 98/10/08

METHOD 4 MODIFIED CALCULATION: NORM

RT	AREA	BC	RRT	RF	AREA %	NAME	GRP
			1.289	1.0000		B-PINENO	0
13.51	14.7342	T	1.350	1.0000	21.7760	MYRCENO	0
14.17	19.9078	T	1.417	1.0000	29.4220	A, TERPINENO	0
			1.501	1.0000		LIMONENO	0
15.58	13.9772	T	1.557	1.0000	20.6571	P-CYNOL	0
			1.607	1.0000		TERPINOLENO	0
			1.735	1.0000		1,8-CINEOLE	0
19.53	19.0435	T	1.952	1.0000	28.1447	3-OCTANOL	0
			2.408	1.0000		LINALOL	0
			2.483	1.0000		AC. LINALILO	0
			2.647	1.0000		AC. BORNYL	0
			2.710	1.0000		AL. FURFURAL	0
			2.934	1.0000		AC. MIRDENOL	0
			3.133	1.0000		CARBONA	0
			3.209	1.0000		MYRDENOL	0
			3.272	1.0000		ISO-VAL-BORNYL	0
			3.346	1.0000		CUMYNALDEHIDO	0
			3.649	1.0000		ANETOL	0
			3.934	1.0000		NEROLIDOL-TRAN	0
			4.760	1.0000		CARBACROL	0

4 MATCHED COMPONENTS 100.00% OF TOTAL AREA
 0 UNKNOWN >= UNRETD PEAK TIME 0.00% OF TOTAL AREA
 33 PEAKS > AREA/HT REJECT

GRÁFICA No. 6

Cromatograma de aceite esencial de cordoncillo para tres horas de destilación.

Fuente: cromatógrafo de gases de la Unidad de Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de La Universidad de San Carlos de Guatemala

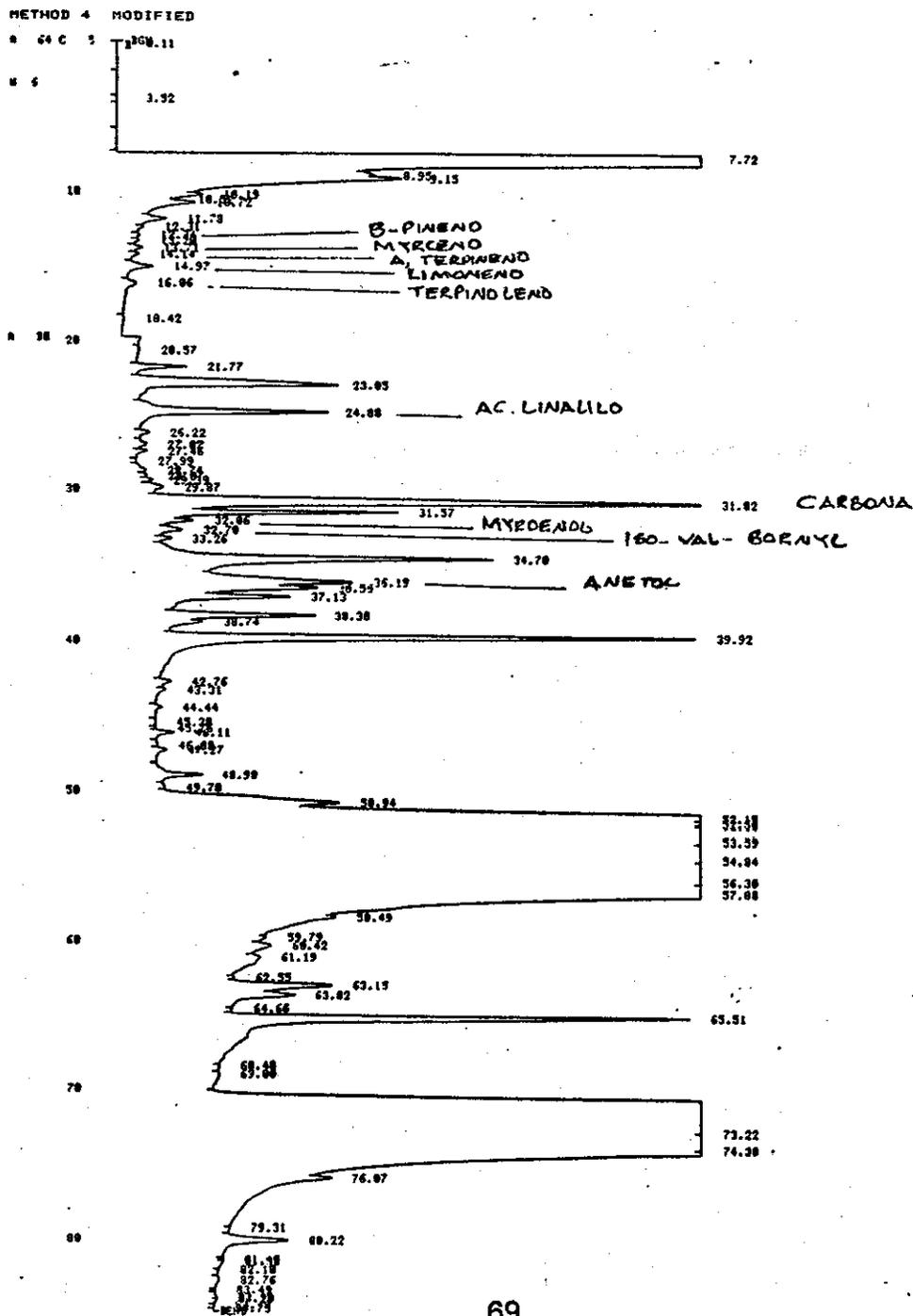


Tabla XI.

Tiempos de retención y áreas del cromatograma para tres hora de destilación del aceite esencial de la hoja seca de cordoncillo.

Fuente: comátografo de gases de la unidad de análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia se la Universidad de San Carlos de Guatemala

RUN 2 11:48 98/10/07

METHOD 4 MODIFIED

CALCULATION: NORM

RT	AREA	BC	RRT	RF	AREA %	NAME	GRP
12.84	9.3916	T	1.284	1.0000	3.4172	B-PINENO	0
13.71	13.5880	T	1.371	1.0000	4.9442	MYRCENO	0
14.14	11.0259	T	1.414	1.0000	4.0119	A, TERPINENO	0
14.97	26.5651	T	1.497	1.0000	9.6661	LIMONENO	0
			1.548	1.0000		P-CYMOL	0
16.06	25.7783	T	1.605	1.0000	9.3798	TERPINOLENO	0
			1.735	1.0000		1,8-CINEOLE	0
			1.961	1.0000		3-OCTANOL	0
			2.408	1.0000		LINALOL	0
24.88	25.4122	T	2.488	1.0000	9.2466	AC. LINALILO	0
			2.647	1.0000		AC. BORNYL	0
			2.710	1.0000		AL. FURFURAL	0
			2.934	1.0000		AC. MIRDENOL	0
31.02	71.8301	T	3.102	1.0000	26.1365	CARBONA	0
31.57	22.0834	T	3.156	1.0000	8.0353	CARBONA	0
32.06	5.5805	T	3.205	1.0000	2.0305	MYRDENOL	0
32.70	6.5385	T	3.269	1.0000	2.3791	ISO-VAL-BORNYL	0
			3.346	1.0000		CUMYNALDEHIDO	0
36.19	36.3511	T	3.618	1.0000	13.2269	ANETOL	0
36.56	20.6815	T	3.655	1.0000	7.5252	ANETOL	0
			3.934	1.0000		NEROLIDOL-TRAN	0
			4.760	1.0000		CARBACROL	0

12 MATCHED COMPONENTS 100.00% OF TOTAL AREA
 0 UNKNOWN => UNRETD PEAK TIME 0.00% OF TOTAL AREA
 49 PEAKS > AREA/HT REJECT