

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II: Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III: Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV: Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V : Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO: Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR: Ing. Jaime Domingo Carranza González
EXAMINADOR: Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
EXAMINADOR: Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
SECRETARIO : Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

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

**Comparación de la calidad del aceite esencial crudo de
citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*) en función de la
concentración de geraniol obtenido por medio de
extracción por arrastre con vapor y maceración**

Vilma Lisseth Tol Hernández

Asesorado por Ingeniera Thelma Maricela Cano Morales

Guatemala, abril de 2005

Universidad de San Carlos de Guatemala



FACULTAD DE INGENIERÍA

COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DEL ACEITE ESENCIAL CRUDO DE
CITRONELA (*CYMBOPOGON WINTERIANA JOWITT*) EN FUNCIÓN DE LA
CONCENTRACIÓN DEL GERANIOL OBTENIDO POR MEDIO DE
EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR Y MACERACIÓN

Presentado a Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería por

VILMA LISSETH TOL HERNÁNDEZ

Asesorada por Ingeniera Thelma Maricela Cano Morales

Al conferírsele el título de Ingeniera Químico

Guatemala, abril de 2005

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

Comparación de la calidad del aceite esencial crudo de Citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*) en función de la concentración de geraniol obtenido por medio de Extracción por arrastre con vapor y maceración

Tema que fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha de Guatemala 5 de agosto de 2004.

Vilma Lisseth Tol Hernández

AGRADECIMIENTOS

A Dios	Por brindarme la oportunidad de estudiar y así superarme en la vida.
A la Santísima Virgen María	Por brindarme la oportunidad de seguir adelante sobre todo, por guíarme en todos los senderos de la vida.
A la memoria de mi padre	Que desde niña me dejó inculcado el amor al estudio y el entusiasmo por aprender.
A mi madre	Modelo de trabajo, esfuerzo y, particularmente, de amor en todo lo que realiza cotidianamente.
A mis hermanos	Por su apoyo incondicional y desinteresado para lograr una vida mejor.
A mi asesora	Ing. Thelma Cano, por su paciencia y participación en el desarrollo del presente trabajo.
A mis amigos	Todos aquellos que en su oportunidad y sin dudar, me brindaron su ayuda.
A catedráticos	Por compartir sus experiencias profesionales en el desarrollo de cada curso.
En general	Gracias a todas las personas que colaboran en la enseñanza superior de los estudiantes universitarios.

DEDICATORIA

A todas las personas que se encuentran involucradas en el desarrollo del estudiante guatemalteco.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VI
GLOSARIO	VIII
RESUMEN	X
OBJETIVOS	XI
HIPÓTESIS	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Historia de los aceites esenciales	1
1.2. Qué son los aceites esenciales	2
1.3. Composición de los aceites esenciales	2
1.3.1. Compuestos terpénicos	2
1.4. Utilidad de los aceites esenciales	4
1.5. Toxicidad de los aceites esenciales	5
1.6. Aspectos económicos de los aceites esenciales	5

2. METODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES	7
2.1. Extracción por arrastre con vapor	7
2.1.1. Extracción con agua	7
2.1.2. Extracción con agua y vapor	8
2.1.3. Extracción directa con vapor	8
2.2. Maceración	9
2.3. Enfloración	10
2.4. Extracción con solventes	10
2.5. Expresión	11
3. TRATAMIENTO PARA LA MATERIA PRIMA DE ACEITES ESENCIALES	13
3.1. Importancia del secado de la materia prima	13
4. ACEITE ESENCIAL DE <i>CYMBOPOGON WINTERIANA JOWITT</i>	15
4.1. Datos científicos	15
4.2. Variedades	15
4.3. Descripción	15
4.4. Materia prima	16
4.5. Suelo y clima	16

5. USOS Y PROPIEDADES DE LA CITRONELA (<i>CYMBOPOGON WINTERIANA JOWITT</i>)	17
5.1. Esencia	17
5.2. Geraniol	17
5.3. Hojas	17
5.4. Material agotado	18
6. IMPORTANCIA ECONÓMICA	19
7. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	21
7.1. Localización	21
7.2. Recursos humanos	21
7.3. Metodología experimental	22
7.3.1. Diseño experimental	22
7.3.2. Manejo del experimento	22
7.3.3. Métodos de extracción utilizados	23
7.3.3.1. Arrastre con vapor directo	23
7.3.3.2. Arrastre con vapor directo aplicando maceración	24

7.3.4. Propiedades físicas del aceite esencial obtenido	24
7.3.4.1. Determinación de la densidad	24
7.3.4.2. Determinación del índice de refracción	24
7.3.5. Análisis cromatográfico	25
7.4. Diseño experimental	25
7.5. Análisis estadístico	25
8. RESULTADOS	27
9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	29
CONCLUSIONES	33
RECOMENDACIONES	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
BIBLIOGRAFÍA	39
APÉNDICE	41

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Gráfica del porcentaje de rendimiento frente al tamaño de lote 28

TABLAS

- I Rendimiento del aceite esencial obtenido según método de extracción y cantidad de materia prima 27
- II Concentración de componentes mayoritarios 27
- III Propiedades físicas del aceite esencial obtenido 28
- IV Datos de masa de aceite recuperado por método, tamaño y repetición 41
- V Densidad e índice de refracción del aceite esencial a 23°C 42
- VI Rendimiento del aceite esencial de ctironela con los respectivos promedios para cada método de extracción 42
- VII Propiedades físicas 43

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
τ_{ijk}	Cuadrado latino
μ_{ijk}	Efecto de la media central
τ_{ijk}	Efecto del i-ésimo tratamiento-tamaño del grupo
d_{ijk}	Efecto del i-ésimo método de extracción
e_{ijk}	Efecto del error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental
r^2-1	Grados de libertad
CMP	Cantidad de materia prima
MH	Método de arrastre con vapor directo
MHM	Método de arrastre con vapor directo y maceración

GLOSARIO

Análisis de varianza	Método estadístico para comparar dos condiciones o tratamientos de un experimento.
Caldera	Contenedor grande de metal que se utiliza para elevar la temperatura del agua en la misma.
Condensado	Líquido obtenido por el cambio de fase del vapor que se introduce al condensador.
Condensador	Intercambiador de calor, donde ocurre un cambio de fase en uno de los fluidos.
Criba	Instrumento para cribar formado por un aro de madera cubierto por una parte con un cuero lleno de agujeros.

Cromatográfico	Es la descripción de un conjunto de valores de concentración promedio para fracciones de flujo sucesivas.
Densidad relativa	Razón entre la densidad de un líquido a una temperatura, y la densidad del agua a una temperatura, dichas temperaturas pueden ser iguales o no.
Destilación	Separar por medio de calor u otro aparato una sustancia volátil de otra u otras más fija enfriando luego su vapor.
Disolver	Separar las moléculas de un cuerpo sólido o espeso, por medio de un líquido.
Gramíneas	Se aplica a plantas de tallos cilíndricos, comúnmente huecos, hojas alternas, largas y estrechas, flores en espigas y grano seco; como los cereales y cañas.
Macollos	Conjunto de flores, espigas o vástagos que nacen de un mismo pie.

Ornamentación	Adornar.
Proliferación	Multipliación o reproducción de forma similar.
Refracción	Es el cambio de dirección del rayo luminoso.
Saturado	Mayor cantidad de soluto en comparación con el solvente.
Serpentines	Son tuberías que se utilizan para intercambio de calor.
Sintéticos	Producto artificial que reproduce la composición y propiedades de otro natural.
Solvente	Componente que en una solución se encuentra en mayor proporción.
Terpeno	Producto natural propio de las plantas.
Viales	Contenedores de diferente material y volumen.

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la extracción de aceite esencial de citronela crudo (*Cymbopogon winteriana jowitt*) de materia prima fresca, la cual se obtuvo de la finca de Las Vacas, Patulul, Escuintla, región sur de Guatemala, a nivel laboratorio.

Se utilizaron para la extracción los métodos de arrastre con vapor directo y arrastre con vapor directo aplicando maceración. Con el primer método se extrajo el 0.3382%, y con el método de arrastre con vapor directo aplicando maceración, el 0.4220%. Al realizarse la cromatografía gaseosa se determinó que el aceite posee geraniol, citronelal, y citronelol.

Al variarse el método y la cantidad de materia prima se observó que 15 gramos de ésta es una cantidad óptima para aumentar el rendimiento de la obtención de aceite esencial, a nivel laboratorio, específicamente.

OBJETIVOS

- **General**

Extraer el aceite esencial crudo de citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*) por medio de los métodos de extracción, por arrastre con vapor y el método de maceración.

- **Específicos**

1. Extraer el aceite esencial crudo de la citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*) por medio de los métodos de extracción, por arrastre con vapor y el método de maceración.
2. Analizar la composición química del aceite esencial crudo de citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*) por medio de cromatografía.
3. Determinar las propiedades físicas del aceite esencial crudo de citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*) como
Índice de refracción
Densidad

4. Analizar la concentración de geraniol en los aceites esenciales como marcador que indique la calidad del aceite obtenido.

HIPÓTESIS

El rendimiento del aceite esencial de citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*) depende del método de extracción y la cantidad de materia prima que se va a utilizar.

H_0 = El rendimiento del aceite esencial de citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*) depende del método de extracción y la cantidad de materia que va a utilizarse.

H_i = El rendimiento del aceite esencial de citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*) no depende del método de extracción y la cantidad de materia prima que vaya a utilizarse.

INTRODUCCIÓN

En las extracciones de plantas aromáticas se obtienen diferentes productos los cuales se utilizan en medicina, alimentos o en diferentes áreas industriales como insecticidas, velas, perfumes, etc. Esto ha despertado el interés a nivel mundial respecto de las diferentes propiedades medicinales, alimenticias, etc., de las plantas como: el eucalipto, la bugambilia, el té de limón, entre otras. Por ello en el presente trabajo se ha realizado el estudio sobre la extracción del aceite esencial crudo de citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*) utilizándose dos métodos de extracción: extracción por medio de arrastre con vapor directo y extracción con arrastre de vapor aplicándose maceración.

Se ha realizado el estudio para analizar el rendimiento que se obtiene por medio de ambos métodos , los cuales se explican más adelante; la calidad que se determinó en función de la concentración de geraniol presente en el aceite esencial. En realidad el aceite esencial crudo de citronela es utilizado en todo el mundo para diferentes productos que el ser humano emplea, uno de ellos son las velas aromáticas, que han venido a ser parte de la ornamentación en una oficina, hogar, etc.

El estudio realizado es a nivel laboratorio, se ha combinado la variación del tamaño de la materia prima con cada método de extracción y se ha observado las facultades que cada método presenta. Es de importancia cultural conocer las plantas que crecen en Guatemala, puesto que de ellas se pueden obtener grandes beneficios a nivel nacional. Guatemala tiene una flora diversa y la citronela es una parte importante, puesto que de ella se obtiene el aceite esencial de citronela el cual tiene las características que en el presente estudio se indican.

1. ACEITES ESENCIALES

1.1. Historia de los aceites esenciales

Los antepasados no le daban el nombre de aceites esenciales a las plantas que utilizaban para medicina, ornamentación, etc., ellos solamente los conocían por sus propiedades curativas.

Se ha encontrado vasijas con ungüento, cremas y perfumes en las tumbas de los antiguos egipcios, en especial, en los pertenecientes a las familias reales.

A los romanos se les atribuye este descubrimiento. Los griegos también utilizaron las plantas aromáticas. Con el transcurso del tiempo, los aceites esenciales se perfeccionaron en su proceso de extracción y combinación, particularmente durante la Edad Media.

El químico René-gattefossé y el Dr. Jean Valnet ambos franceses, denominan aromaterapia a la terapéutica a base de aceites esenciales.

1.2. Qué son los aceites esenciales

Son compuestos naturales, líquidos , volátiles y de agradable aroma, situados en cualquier parte del vegetal, extraídos de las plantas mediante procesos de arrastre con vapor o extracción por solvente.

Su estructura está formada por moléculas aromáticas y partículas energéticas. Son extremadamente volátiles, sensibles a los rayos del sol y a los cambios extremos de temperatura. Son livianos y no grasos, insolubles en agua y levemente solubles en vinagre. Se disuelven bien en alcohol y mezclan en forma excelente con ceras, grasas y aceites vegetales.

1.3. Composición de los aceites esenciales

Según el tipo de aceite esencial se encuentran los siguientes componentes:

1.3.1. Compuestos terpénicos

- Monoterpenos: canfeno, limoneno, mirceno, etc.
- Monoterpenoles: borneol, citronelol, geraniol, etc.

- Sesquiterpenoles: espatulenol, fenchol, nerolidol, etc.
- Esteres terpénicos: acetatos de berilo, geranilo y bornilo, etc.
- Óxidos terpénicos: óxido de cariofileno.
- Cetonas terpénicas: pulegona, luyon, etc.
- Aldehídos: citrales, fotocitrales, etc.
- Lactonas sesquiterpénicas: crispolida, etc.
- Monoterpenonas: alcanfor, etc.
- Hidrocarburos sesquiterpénicos: santanecos, curcumenos, etc.
- Hidrocarburos: tolueno.
- Fenoles y derivados: acetol, apiol, eugenol, timol, etc.
- Alcoholes: bencílico, salícilico, etc.

- Aldehídos: benzoicos, cinámico, etc.
- Ácidos: ésteres de ácido benzoico y cinámico, etc.
- Compuestos alifáticos de cadena recta: ácido isobutilico, ácido fórmico, etc.
- Compuestos sulfurados y nitrogenados heterocíclicos:
- Isotiocianato de alilo (aceite de mostaza) y el sulfuro de dialilo (ajo). Entre los nitrogenados: indol, fufural, escatol, etc.

1.4. Utilidad de los aceites esenciales

Se utilizan para realizar masajes corporales, mejorar la concentración, aumentar la energía corporal y, principalmente, su uso radica en la aromaterapia, la cual utiliza los diferentes aromas para aumentar determinadas actividades emocionales, espirituales y físicas en el ser humano.

También se utiliza en diferentes productos como jabones, perfumes, cremas, insecticidas, etc.

1.5. Toxicidad de los aceites esenciales

Existen aceites que en usos inadecuados resultan tóxicos para el organismo. Los problemas que ha presentado son:

- Convulsiones
- Intoxicación
- Efectos narcóticos y estupefacientes
- Distorsión de la vista
- Despersonalización
- Depresión
- Espasmos y asfixia
- Abortos
- Lesiones cancerosas

1.6. Aspectos económicos de los aceites esenciales

En muchos aspectos los aceites esenciales naturales están sometidos a una presión constante. Los productores en países en desarrollo tratan de mantener, mediante aumentos de precios, el valor real de sus productos frente a la inflación general. Por otra parte, los que controlan financieramente las principales empresas de elaboración y composición de mezclas, obligan a sus técnicos en perfumes a mantener o incluso a reducir el costo de las fórmulas que utilizan, esto les obliga a emplear ingredientes de origen sintético, más barato y abundantes.

En Guatemala, la industria de aceites esenciales principió a desarrollarse durante la Segunda Guerra Mundial, época durante la cual el mercado estadounidense tenía que abastecerse preferentemente en América. Después del ataque a Pearl-Harbor, que trajo consigo la extensión de la guerra sobre el océano Pacífico y el continente asiático, resultaba prácticamente imposible el comercio con los países del lejano oriente, lo que ocasionó una mayor demanda de los aceites esenciales producidos en América tropical. Fue entonces cuando la producción de aceite de citronela y de té de limón adquirió en Guatemala un auge extraordinario. El aceite de citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*), ha sido el único que se ha producido a gran escala, sin embargo, se perdió la cultura del uso de este aceite por lo que ahora solo se produce en un 3% de productos no tradicionales.

2. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

2.1. Extracción por arrastre con vapor

Consiste en evaporar una sustancia por medio del calor, así se separa del resto de compuestos que contiene el material. En tratamiento, el material se enfría para condensar el vapor. La evaporación puede ser seca y en presencia de agua, en la extracción solo se utiliza la destilación en presencia de agua.

2.1.1. Extracción con agua

En este proceso, las hierbas entran en contacto directo con el agua hirviente, es una especie de cocimiento donde el material cargado flota o se sumerge según la densidad. El sistema de calentamiento del agua puede ser a fuego directo, por camisa de vapor, serpentinas cerradas con circulación de vapor o serpentinas abiertas o perforadas, también con vapor.

2.1.2. Extracción con agua y vapor

En este otro proceso, las hierbas se colocan sobre un fondo perforado o criba ubicada a cierta distancia del fondo de un tanque llamado retorta. La parte más baja de ésta contiene agua hasta una altura algo menor que el nivel de la criba. El calentamiento se produce con vapor saturado que se provee de una fuente de calor que compone el equipo, fluye mojado y a presión baja, penetra a través del material vegetal.

2.1.3. Extracción directa con vapor

El método de extracción directa con vapor es similar al anterior, pero en el fondo de la retorta no hay agua. El vapor saturado o sobre calentado es provisto por una caldera y a presiones más elevadas que la atmosférica, se inyecta por medio de serpentines cribadas que están debajo de la carga y se dirige hacia arriba, atravesando la masa vegetal colocada sobre una parrilla inferior.

Conviene realizar la extracción después de cosechado el vegetal, luego de un oreado o un desecado al aire que le quite algo de la humedad.

En el vegetal, los aceites esenciales se almacenan o sitúan en glándulas, conductos, sacos o pelos glandulares o simplemente reservorios dentro del vegetal, por lo que conviene hacer un desmenuzamiento del material que se va a extraer para exponer esos reservorios a la acción del vapor de extracción.

El espesor del material reducido permite también una mejor vaporización y extracción, así como una aceleración del proceso.

En lo que respecta a las partes de la planta que se va a destilar, las flores, hojas y partes blandas o delgadas pueden tratarse sin ningún tratamiento previo.

Las semillas o frutos deben ser triturados con rodillos lisos, cuya separación en la máquina depende del grosor de aquellos y también del grado de desmenuzamiento que se necesite.

Las raíces, tallos y otros materiales leñosos, se contarán en trozos pequeños o en astillas.

2.2. Maceración

En ésta el material permanece por varios días sumergido en un sistema compuesto por aceite, grasa fundida y alcohol etílico. Se utiliza para cantidades pequeñas.

Cuando se realiza con agua, ésta debe ser fría y se debe dejar en contacto durante 24 horas.

Cuando la maceración es en alcohol, el contacto se realiza en frío por espacio de 24-48 horas en alcohol de 70°C en general, cuando se quiere usar en forma externa (loción). En forma interna se deja macerar de una semana a 10 días, removiendo frecuentemente, para luego exprimir y filtrar el producto.

En caso de que la maceración efectuada no haya sido suficiente para extraer todos los principios activos, se recurre a la ayuda de una calefacción a 60°C.

2.3. Enfloración

Para realizarla se colocan las flores en contacto con grasa dentro de pequeñas cámaras, al desprenderse el perfume de las flores se fija en la grasa y después de cambiar varias veces las flores se obtiene por lavajes de la pomada en alcohol etílico, separándose por medio de destilación al vacío.

2.4. Extracción con solventes

El material se pone en contacto con una corriente de solvente hasta que éste se apodera de toda la esencia y, seguidamente, se separa por destilación. Se utiliza para conservar mejor los perfumes de flores delicadas.

2.5. Expresión

Consiste en exprimir aplicando presión al material que contiene la esencia, se utiliza especialmente para esencias cítricas.

3. TRATAMIENTO DE MATERIA PRIMA

El material puede tratarse tal cual se recibe, es decir, hojas enteras o bien se puede picar con una picadora de forraje, en trozos pequeños.

3.1. La importancia del secado en la materia prima

La razón más importante desde el punto de vista técnico, por la que se secan las hierbas es su conservación; por este método se promueve el mantenimiento de los componentes del vegetal fresco y se evita la proliferación de microorganismos.

4. ACEITE ESENCIAL DE *CYMBOPOGON WINTERIANA JOWITT*

4.1. Datos científicos:

Nombre científico: *Cymbopogon winteriana jowitt*
Actualmente: *Cymbopogon winteriana jowitt*
Familia: Gramineas
Lugar de origen: Asia

4.2. Variedades

Se deduce que la más utilizada es *Cymbopogon winteriana jowitt*.

4.3. Descripción

Especie herbácea, vivaz, rozomatosa, con numerosos macollos. Se presenta de dos metros de altura con hojas largas, anchas y lisas.

4.4. Materia prima

Las hojas se utilizan como materia prima, de ellas se obtiene un aceite esencial, líquido amarillo o amarillo parduzco que en contacto con el aire toma una coloración verdosa. El olor recuerda al limón.

4.5. Suelo y clima

Se necesita un clima tropical o sub tropical, con lluvias superiores a los 1500 mm anuales. Se deben de evitar los climas helados, por lo que se ha de buscar lugares y exposiciones abrigadas, en donde la temperatura no sea inferior a 2 ° C durante todo el año.

La temperatura debe ser de 23 – 27 ° C y humedad relativamente alta, aun en la época seca; los suelos volcánicos y las pendientes arenosas son muy favorables para su crecimiento.

Se propaga por semillas o cortes de raíz, las semillas germinan en 5 – 9 días, se transplanta a los 60 días a distancias de 45 – 60 cm entre planta y 60 – 70 cm entre surcos.

5. USOS Y PROPIEDADES

5.1. Esencia

- a. En la preparación del geraniol
- b. En la perfumería y la jabonería
- c. Como repelente de mosquitos
- d. Preparación de insecticidas o aromatizante de los mismos.
- e. Preparación de cremas para calzado y muebles.

5.2. Geraniol

- a. En perfumería, en preparación de bouquets aromáticos, naturales y sintéticos.
- b. Como aromatizante de jabones.

5.3. Hojas

- a. Para la extracción de las hojas.

5.3. Material agotado

- a. Luego de ser secado como combustible
- b. Como forraje
- c. En el campo como abono

6. IMPORTANCIA ECONÓMICA

El aceite esencial de citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*) es uno de los aceites esenciales naturales de más amplia utilización, el consumo mundial alcanzó varios miles de toneladas anuales hasta que hace unos años comenzó un fuerte descenso. Existen dos tipos, el más importante en el comercio mundial es el “Ceilán”, obtenido de la especie *Cymbopogon nardus* Rendle.

El tipo “Java” es el más utilizado y comercializado en el mundo; China, Taiwán, la India y Guatemala. Es producida por Vietnam y Brasil en cantidades menores.

7. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

7.1. Localización

El desarrollo del área experimental se realizó en las instalaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Planta piloto de extracción-destilación de aceites esenciales de la sección de química industrial, del Centro de Investigaciones de Ingeniería.
- Laboratorio de análisis fisicoquímico de la sección química industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

7.2. Recursos humanos

Investigadora: Vilma Lisseth Tol Hernández

Asesora: Inga. Química Thelma Cano Morales

7.3. Metodología experimental

7.3.1. Diseño de tratamientos

Se decidió utilizar los métodos de extracción de arrastre con vapor y extracción de arrastre con vapor aplicandose maceración acuosa, puesto que presentan las condiciones adecuados para el material que se va a tratar, es decir, hojas de citronela, las cuales se dividieron en 5 grupos de diferente tamaño.

En el análisis estadístico se seleccionó el diseño de cuadros latinos en el cual se realizaron dos tratamientos y cinco repeticiones para cada tratamiento. El análisis estadístico se realizó por medio de la distribución binomial y la t de **Student**.

7.3.2. Manejo del experimento

La materia prima se obtuvo en la finca Las Vacas, Patulul, Escuintla, en la región sur de Guatemala.

La materia prima se cortó adecuadamente, donde se escogió únicamente las hojas, éstas a su vez se cortaron en trozos pequeños y seguidamente se pesó previamente para cada corrida.

Se colocó en el equipo y se le aplicó calor durante dos horas aproximadamente, en donde se obtenía la evaporación del aceite esencial y una mezcla de vapor – aceite esencial, que al condensarse se separaban el agua y el aceite esencial, puesto que ambos presentan diferentes densidades.

Para la separación total del aceite esencial y el agua se utilizó un rotavapor en donde se colocó la mezcla agua – aceite esencial y se recuperó el aceite esencial.

Cada muestra fue colocada en viales de vidrio color ámbar, y éstos, a su vez, se guardaron en refrigeración, evitándose la volatilización del aceite esencial.

7.3.3. Métodos de extracción utilizados

7.3.3.1. Arrastre con vapor directo

Este método se realizó aplicándose vapor de forma directa a la materia prima con la cual se forma un equilibrio, de esta forma se obtuvo la mezcla vapor-aceite esencial, en donde el aceite esencial es arrastrado por el vapor.

7.3.3.2. Arrastre con vapor directo aplicando maceración

La aplicación de la maceración antes del arrastre con vapor directo facilita la extracción del aceite esencial puesto que las moléculas del aceite esencial se liberan durante el tiempo que se deja en reposo en medio de un baño de agua fría, así se logró el aumento de partículas de aceite esencial que consiguen ser arrastradas por el vapor que se aplica después de la maceración; este tiempo de reposo fue de 24 horas.

7.3.4. Propiedades físicas del aceite esencial obtenido

7.3.4.1. Determinación de la densidad

La densidad del aceite esencial se obtuvo por medio del método de variación de peso y volumen.

7.3.4.2. Determinación del índice de refracción

El índice de refracción se determinó en la Unidad de Análisis Instrumental (UAI) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

7.3.5. Análisis cromatográfico

El análisis cromatográfico se realizó en la Unidad de Análisis Instrumental (UAI) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. (Adjuntándose copias de los cromatogramas).

7.4. Diseño experimental

Los porcentajes de rendimiento de extracción de aceite esencial de citronela se determinaron por los métodos de arrastre con vapor directo y arrastre con vapor directo aplicándose maceración.

7.5. Análisis estadístico

En el análisis estadístico se aplicó cuadros latinos, para ello se utilizó la distribución binomial y la **t de Student**. El número de repeticiones es cinco para cada tratamiento, por lo que se tendrá diez repeticiones y dos tratamientos, a los cuales se les aplicó el análisis de varianza con el siguiente modelo matemático:

$$y_{ijk} = \mu_{ijk} + d_{ijk} - d_{ijk} e_{ijk}$$

τ_{ijk} = cuadrado latino

μ_{ijk} = efecto de la media central

τ_{ijk} = efecto del i-ésimo tratamiento-tamaño del grupo

d_{ijk} = efecto del i-ésimo método de extracción

ϵ_{ijk} = efecto del error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental

Al analizarse la hipótesis nula y alternativa se utilizó la distribución binomial y la **t de Student**. Donde los grados de libertad se determinaron por medio de $r^2 - 1$.

Por lo tanto, se tiene:

$H_0 = \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5$

$H_i = \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \neq \tau_4 \neq \tau_5$

Se utilizó el 5% de nivel de significancia.

8. RESULTADOS

Tabla I El rendimiento del aceite esencial crudo de citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*) depende del método de extracción y la cantidad de materia prima a nivel laboratorio.

Método de extracción	Porcentaje del rendimiento en masa
Arrastre con vapor	0.3380
Arrastre con vapor directo aplicando maceración	0.4220

Por lo tanto se acepta:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

Tabla II El aceite esencial presenta como componentes mayoritarios los siguientes:

No	[Compuesto]	Porcentaje de componente
1	Citronelol	19.7252
2	Geraniol	21.8785
3	Citronelal	16.2313

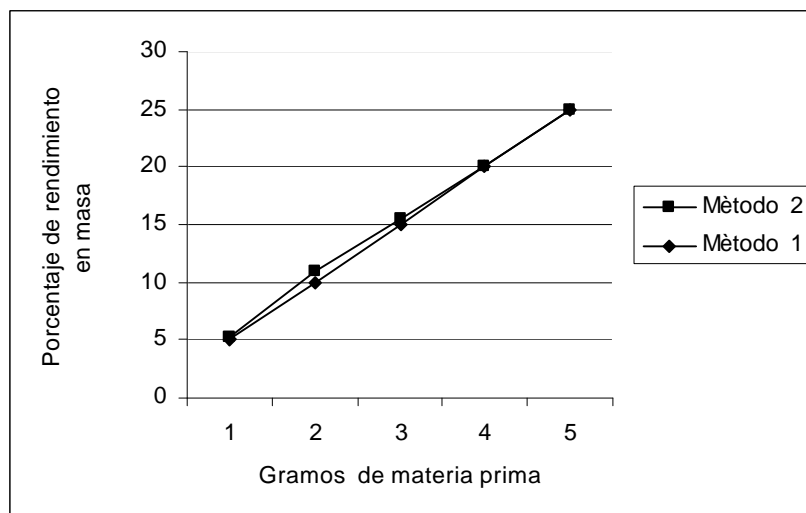
Tabla III El aceite esencial de citronela (*Cymbopogon winteriana jowitt*)

Presenta las siguientes propiedades físicas:

Propiedad física	Resultado
Densidad (23 ° C)	0.9023 g/ mL
Índice de refracción (20 ° C)	1.3325

Figura 1. Gráfica descriptiva del porcentaje en peso y gramos de materia prima.

Porcentaje del rendimiento en peso y gramos de materia prima.



9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se utilizaron las hojas de citronela fresca, las cuales fueron recolectadas en la región Sur de Guatemala, Escuintla, Patulul, finca Las Vacas. Se utilizaron las hojas con superficie amplia y de color verde, en las cuales se concentra la mayor parte del aceite esencial. Se cortaron en trozos pequeños antes de iniciar la extracción del aceite esencial.

En la aplicación del vapor a la materia prima por dos horas se observó que no se produce constantemente el mismo flujo de mezcla vapor-aceite esencial, a nivel laboratorio. Se observó que existen diferentes variables en el proceso: temperatura, tiempo, masa, flujo de vapor, presión, las cuales, a nivel laboratorio, se consideran constantes, a excepción de la masa de la materia prima, la cual es una de las variables que se analizaron.

Se observó que la forma más adecuada de colocar la materia prima, es ordenadamente para que se presente el equilibrio directamente sobre ésta y así obtenerse el aceite esencial crudo, de una forma más precisa.

El rendimiento que se obtuvo se encuentra bajo el límite inferior, según la bibliografía (0.5 – 0.7% mol/mL geraniol, citronelal), con esto se observó que a nivel industrial se debe recolectar una cantidad significativa para obtenerse el rendimiento requerido. El tamaño de lote de materia prima afectó el rendimiento en la obtención del aceite esencial, puesto que la relación entre el aumento de masa y la cantidad del aceite esencial fue irregular (Ver figura No 1, pag. 21).

Ahora en el análisis del rendimiento en función del método de extracción se observó que al aplicarse la maceración al método de arrastre con vapor directo el desprendimiento del aceite esencial aumenta de manera eficaz, esto se observa por el rendimiento en peso obtenido que es 0.4220% y al no aplicarse maceración es 0.3380%.

La producción de aceite esencial de citronela a nivel nacional ha disminuido, esto se debe a que el precio no es competitivo y se deben hacer mejoras para aumentar el rendimiento del mismo. Se debe acomodar de forma correcta la materia prima en el momento en que se aplica vapor, puesto que al aplicarse directamente y en forma perpendicular la extracción se agiliza, ya que al saturar el contenedor de materia prima, ésta se pierde pues el vapor no se aplica directamente, así se obtiene una extracción complicada y disminución del producto.

Los componentes mayoritarios en el aceite esencial obtenido son: citronelol, geraniol y citronelal. Éstos se identificaron por medio del análisis cromatográfico, en la Unidad de Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Se observó que la concentración de Geraniol es significativa, según la bibliografía la concentración de geraniol presente en la planta de citronela es aproximadamente del 40%.

Los componentes como el geraniol y citronelal se utilizan como base para perfumes, después de agregarles alcohol.

Se observó físicamente que la densidad del aceite esencial es menor en comparación con la densidad del agua, por lo que al extraerse se observó la división entre ambos líquidos. La diferencia de densidades hace que la separación de aceite esencial-agua sea más fácil y, por lo tanto, disminuye la contaminación del solvente.

El índice de refracción de los aceites esenciales son considerablemente altos, puesto que éstos ayudan a determinar la pureza de los mismo. Se consideró que el índice de refracción dado se puede utilizar como referencia en el comportamiento de los componentes químicos del aceite esencial, ya que su índice de refracción es afectado respecto a los cambios químicos que suceden. Esto hace disminuir la calidad del aceite esencial respecto de la concentración de Geraniol, que según la bibliografía de la farmacopea es el componente que se presenta en porcentajes mayores lo que se comprueba con los resultados que se describen anteriormene.

CONCLUSIONES

1. El rendimiento del aceite esencial de citronela depende del método de extracción y la cantidad de la materia prima que se utiliza.
2. La calidad del aceite esencial está en función de los puntos críticos del proceso de extracción, los cuales se deben identificar para aumentar la calidad del producto final.
3. El geraniol, citronelol y citronelal que se presentan como componentes mayoritarios en el aceite esencial crudo, son utilizados para los diferentes productos industriales.
4. Las propiedades físicas del aceite esencial crudo de citronela determinan la ausencia de impurezas en el proceso de extracción con el método por arrastre con vapor directo y el método por arrastre con vapor directo aplicando maceración.

RECOMENDACIONES

1. Se debe recolectar información sobre los beneficios que se obtienen de las plantas aromáticas y cómo se puede detectar el peso óptimo de obtención de aceite esencial crudo, y cuáles son sus variables (temperatura, tiempo, presión, etc.).
2. Se debe estudiar la forma más adecuada de colocar la materia prima en el equipo de extracción y la forma de aplicar el calor a la misma.
3. Se debe analizar el tratamiento, la forma y corte de la materia prima para identificar el método que optimice la calidad del aceite esencial.
4. Se debe estudiar la forma de aprovechar los residuos vegetales en forma industrial, alimenticia, etc., que se obtienen de la extracción con arrastre de vapor y maceración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aceites esenciales. Manual de Plantas de Costa Rica.
2. Asociación Gremial de Exportadores de productos no tradicionales.
3. CÁCERES, Armando. Plantas de uso medicinal en Guatemala. (Guatemala: Editorial Universitaria, 1996) Pag. 45 – 56.
4. CHANQUÍN Jocol, Nelson Emilio. Comparación del rendimiento de aceite esencial de *Lippia alba* extraído en el laboratorio con el extraído en la planta piloto y propuesta de escalonamiento a nivel industrial. Tesis Ing. Quim. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1999. Pag. 6 – 10.
5. CORADO, Juan José. Determinación de una combinación de variables apropiadas en la extracción del aceite de la hoja de eucalipto a partir de la evaluación de métodos de extracción convencionales. Tesis de Ing. Quim. Guatemala, Universidad de San Carlos, 1993. Pag. 60 – 63.
6. DE LEÓN, María de los Angeles. Extracción y determinación del rendimiento de aceite esencial de albahaca (*Ocimum Basilicum*) en función de la estación de recolección y del tamaño de lote.
7. HERNÁNDEZ, Michael. Comparación de los rendimientos de los métodos de arrastre con vapor directo y arrastre con vapor indirecto aplicando maceración a nivel de planta piloto en la extracción de aceite esencial de albahaca. Tesis de Ing. Quim. Guatemala, Universidad de San Carlos, 2002. Pag. 10 – 19.

8. LOPEZ O. Mildred Carmina. Extracción y caracterización preliminar y del aceite esencial del Protium copal, a nivel laboratorio. Tesis de Ing. Quim, Guatemala. Universidad de San Carlos, 1999. Pag. 1 – 32.
9. ORTIZ, Sergio. La producción de aceites esenciales en Guatemala y sus posibilidades de ensanchamiento. Tesis de Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, 1959. Pag. 17 – 37.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hampel, C Y: Hawley G. **The enciclopedia of Chemistry**. Tird edition. New York: Van Nostrand, Reinhold Co. 1973.
2. Kirk Raymond E. y Donnald F. Othmer. **Enciclopedia de tecnología Química**. Tomo I. México: Unión tipográfica, Editorial Hispanoamericana, 1961.
3. Montgomery, Douglas C. **Diseño y análisis de experimentos**. Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V. Tercera edición. México, 1991.
4. Perry/ Chilton. **Manual del Ingeniero Químico**. Sexta edición. Tomo IV. México: Editorial McGraw-Hill, 1997.
5. Valverde Macedo Do Santos Elizabeth. **Extracción de materias primas vegetales**. Aspectos tecnológicos. Brasil: s.e., 1996.

APÉNDICE

Datos originales:

Tabla IV. Masa de aceite recuperado por métodos y tamaños.

CMP (g)	Volumen (mL)	Masa (g)	Identificación
5	0.0107	0.0096	MH
10	0.0939	0.0838	MH
15	0.0796	0.0711	MH
20	0.0119	0.0107	MH
25	0.0050	0.0045	MH
10	0.1068	0.0953	MH
15	0.1000	0.08922	MH
5	0.0301	0.0275	MHM
10	0.1014	0.0926	MHM
15	0.0886	0.0809	MHM
20	0.0143	0.0131	MHM
25	0.0106	0.0097	MHM
10	0.0941	0.0859	MHM
15	0.0975	0.890	MHM

CMP = cantidad de materia prima

Tabla V Densidad e índice de refracción

PF	MH	MHM
Densidad (g / mL)	0.8921	0.9125
Índice de refracción	1.3325	

PF = propiedades físicas

Datos calculados

Tabla VI. Rendimiento del aceite esencial

Identificación	Porcentaje del rendimiento en masa	Porcentaje del rendimiento promedio por método
MHA	0.1920	0.3380
MHB	0.8925	
MHC	0.5344	
MHD	0.0535	
MHE	0.0180	
MHMA	0.5500	0.4220
MHMB	0.8896	
MHMC	0.5661	
MHMD	0.0655	
MHME	0.0388	

Tabla VII. Propiedades físicas.

PF	MH	MHM
Densidad (g / mL)	0.8921	0.9125

PF = Propiedades físicas

Cálculo de muestra:

1. Rendimiento:

$$\text{El rendimiento} = \frac{\text{masa de aceite esencial obtenido (g)}}{\text{masa de materia prima procesada (g)}} \times 100$$

En la corrida No 1 (MH5) se utilizó 5 g de materia prima y se obtuvo: 0.0096 g de aceite esencial, sustituyendo valores, se tiene:

$$\%R = \frac{0.0096}{5.0000} \times 100 = 0.1920 \%$$

De igual forma, se realizaron las demás corridas.

3. Promedio de rendimiento:

$$X = (n1 + n2 + n3 + n4 + n5) / 5 =$$

$$(0.1920 + 0.8925 + 0.5344 + 0.0535 + 0.0180) / 5 = 0.3380\%$$

Se realizaron los mismos cálculos para las demás corridas.

4. Densidad del aceite esencial:

Para el método MH se obtuvo el siguiente peso 0.3642 g y el volumen dado: 0.4082 ml por lo que se sabe que la densidad es masa dividido volumen, $\rho = m / V = 0.3642 / 0.4082 = 0.8921 \text{ g/mL}$. De la misma forma se calculó para el método MHM.

Donde:

MH = Método de arrastre con vapor directo

MHM = Método de arrastre con vapor directo y maceración

PF = Propiedad física

A = 5 g de materia prima

B = 10 g de materia prima

C = 15 g de materia prima

D = 20 g de materia prima

E = 25 g de materia prima

? = Densidad (g / mL)

4. Análisis cromatográfico e índice de refracción


4.1. Se presenta el informe del análisis cromatográfico para el método de extracción con arrastre de vapor directo.

4.2. Informe del análisis cromatográfico gaseoso para el método de extracción con arrastre de vapor directo y maceración-

4.3. Informe del índice de refracción para ambos métodos, extracción con arrastre de vapor directo y arrastre con vapor directo aplicándose maceración.

4.1 Método por arrastre con vapor directo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

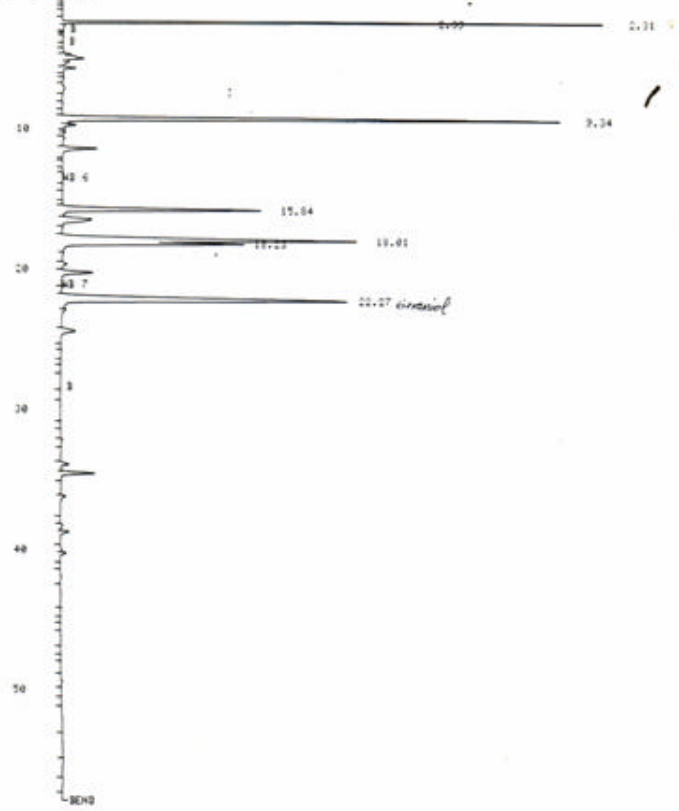


FACULTAD DE CC. QQ. Y FARMACIA
Edificio "T-12"
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

ESCUELA DE QUÍMICA UNIDAD DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL Edificio T-13, Ciudad Universitaria, Zona 12 Tel: 4769844 y 4760790 al 94 ext. 274		INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO QUÍMICO	
NOMBRE COMÚN O COMERCIAL DE LA MUESTRA Aceite Esencial de Citronela		No. De Código / Marca del Remitente	
No. registro: 0405351		Empresa/Institución: Facultad de Ingeniería, USAC	
Remitente/Solicitante: Vilma Tol			
Fecha recepción 31/05/2004	Muestras recibidas por SE	Tipo de recipiente Vial de vidrio ámbar	Peso neto
DETERMINACIONES SOLICITADAS: Determinación de Geraniol			
RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Tiempo de retención	Compuesto	%	
2.31	solvente	19.88	
2.39	solvente	4.99	
22.27	Geraniol	20.15	
Costo por muestra: Q 200.00			
Fecha: 31/05/2004	Analista(s) SE	Ref. Registro Análisis: Crom /UAI	Costo total facturado: Q 200.00
Firma: <i>Pedro J. J. J.</i>	Recibido:		Fecha:



RUN 1 20110 1/10/24 *Acide Essentiel de CIMONELLA, 0.2ul, SB, 9.05.2009*
 METHOD 3 MODIFIED *0405351*
 * R C 1 10H



RUN 1 20110 1/10/24
 METHOD 3 MODIFIED CALCULATION: %

RT	AREA	BC	AREA %
2.21	26.4489	T	19.0033
2.39	6.6373	T	4.8812
9.34	27.1161	T	20.3911
15.04	12.6232	T	9.4925
18.01	22.4438	T	16.8762
18.23	10.9228	T	8.2132
22.27	26.7985	T	20.1522 <i>Gentamicin</i>

7 PEAKS > AREA-NOT REJECT

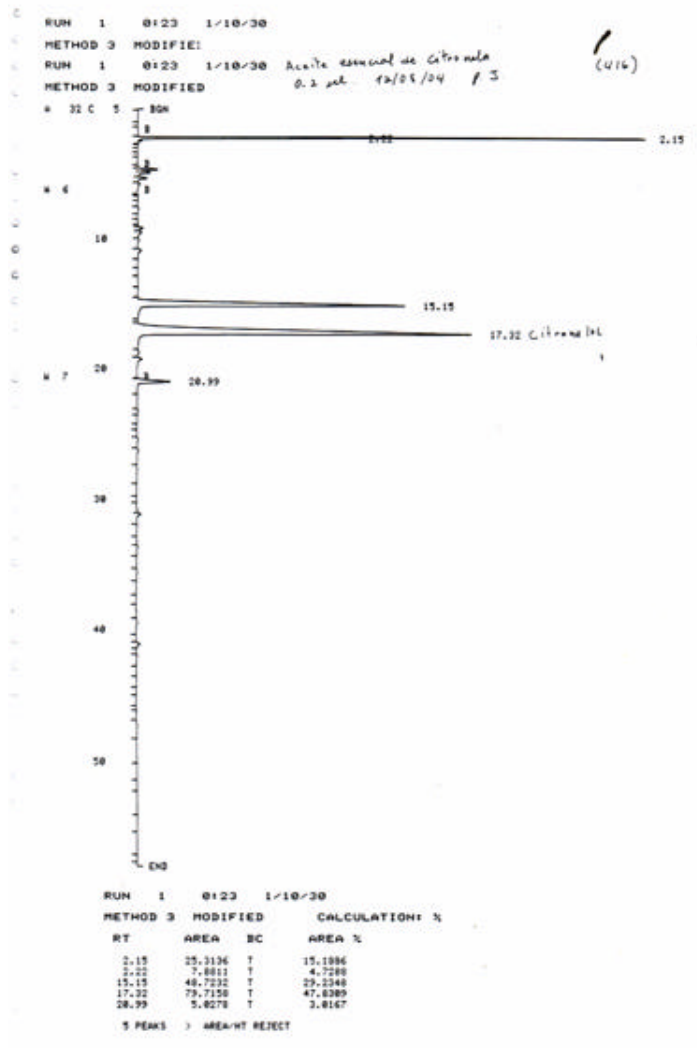
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE CC. QQ. Y FARMACIA
Edificio "T-12"
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Guatemala

ESCUELA DE QUÍMICA UNIDAD DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL Edificio T-13, Ciudad Universitaria, Zona 12 Tel: 4769844 y 4760790 al 94 ext. 274		INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO QUÍMICO	
NOMBRE COMÚN O COMERCIAL DE LA MUESTRA Muestra de aceite esencial de Citronela		No. De Código / Marca del Remitente Vial transparente	
No. registro: 0408416		Empresa/Institución: Facultad de Ingeniería. Remitente/Solicitante: Yilma Tol.	
Fecha recepción 09/08/2004	Muestras recibidas por SE	Tipo de recipiente Vial de vidrio	Peso neto
DETERMINACIONES SOLICITADAS: Perfil cromatográfico de aceites esenciales			
RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Tiempo de retención (en minutos)	Compuesto	%	
2.15	Solvente	15.1886	
2.22	Solvente	4.7288	
15.15	Desconocido	29.2348	
17.32	Citrondol	47.8309	
20.99	Desconocido	3.0167	
Costo por muestra:			
Fecha: 12/08/2004	Analista(s) PJ	Ref. Registro Análisis: CUA-UAI-PJ	Costo total facturado: Q 200.00
Firma: <i>Yilma Tol</i>	Recibido:		Fecha:





4.2 Método por arrastre con vapor directo aplicando maceración

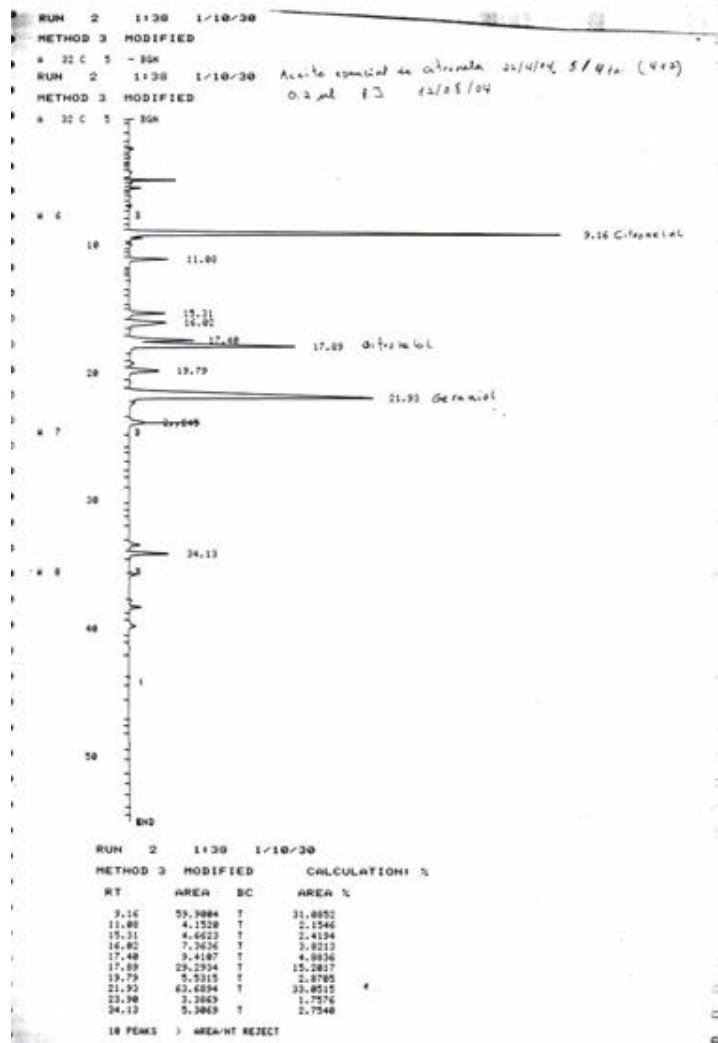
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE OC. QQ. Y FARMACIA
Edificio "T-12"
Ciudad Universitaria, zona 18
Guatemala, Centroamérica

ESCUELA DE QUÍMICA UNIDAD DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL Edificio T-13, Ciudad Universitaria, Zona 12 Tel: 4769844 y 4760790 al 94 ext. 274		INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO QUÍMICO	
NOMBRE COMÚN O COMERCIAL DE LA MUESTRA Muestra de aceite esencial de Citronela		No. De Código / Marca del Remitente Vial oscuro (22/4/04 5/ 4ta)	
No. registro: 0408417		Empresa/Institución: Facultad de Ingeniería. Remitente/Solicitante: Vilma Tol.	
Fecha recepción 09/08/2004	Muestras recibidas por SE	Tipo de recipiente Vial de vidrio	Peso neto
DETERMINACIONES SOLICITADAS: Perfil cromatográfico de aceites esenciales			
RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Tiempo de retención (en minutos)	Compuesto	%	
9.16	Citronelal	31.0852	
11.08	Desconocido	2.1546	
15.31	Desconocido	2.4194	
16.02	Desconocido	3.8213	
17.40	Desconocido	4.8836	
17.89	Citronelol	15.2017	
19.79	Desconocido	2.8705	
21.93	Geraniol	33.0515	
23.90	Desconocido	1.7576	
34.13	Desconocido	2.7540	
Costo por muestra:			
Fecha: 12/08/2004	Analista(s) PJ	Ref. Registro Análisis: CUA-UAI-PJ	Costo total facturado: Q 200.00
Firma: <i>Alf Sinalés</i>		Recibido:	Fecha:





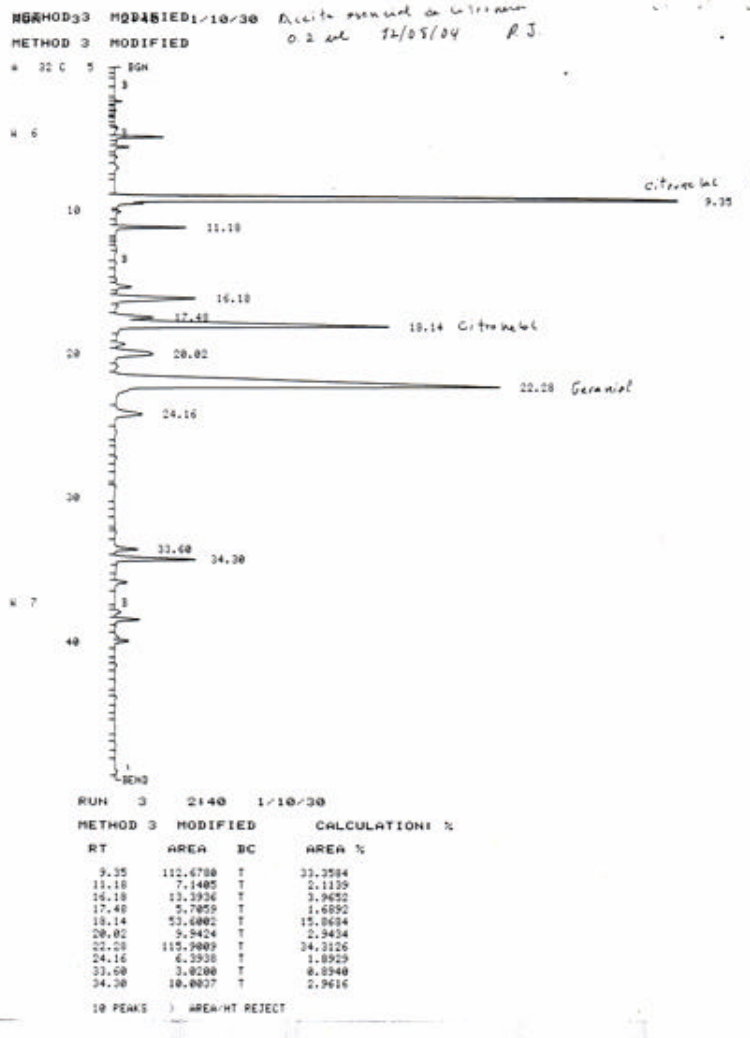
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE CC. QQ. Y FARMACIA
Edificio "T-13"
Ciudad Universitaria, zona 13
Guatemala, Centroamérica

ESCUELA DE QUIMICA UNIDAD DE ANALISIS INSTRUMENTAL Edificio T-13, Ciudad Universitaria, Zona 12 Tel: 4769844 y 4760790 al 94 ext. 274		INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO QUÍMICO	
NOMBRE COMUN O COMERCIAL DE LA MUESTRA Muestra de aceite esencial de Citronela		No. De Código / Marca del Remitente Vial oscuro	
No. registro: 0408418		Empresa/Institución: Facultad de Ingeniería. Remitente/Solicitante: Ylma Tol.	
Fecha recepción 09/08/2004	Muestras recibidas por SE	Tipo de recipiente Vial de vidrio	Peso neto
DETERMINACIONES SOLICITADAS: Perfil cromatográfico de aceites esenciales			
RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Tiempo de retención (en minutos)	Compuesto	%	
9.35	Citronelal	33.3584	
11.18	Desconocido	2.1139	
16.18	Desconocido	3.9652	
17.48	Desconocido	1.6892	
18.14	Citronelol	15.8684	
20.02	Desconocido	2.9434	
22.28	Geraniol	34.3126	
24.16	Desconocido	1.8929	
33.60	Desconocido	0.8940	
34.30	Desconocido	2.9616	
Costo por muestra:			
Fecha: 12/08/2004	Analista(s) PJ	Ref. Registro Análisis: CUA-UAI-PJ	Costo total facturado: Q 200.00
Firma: <i>Alf Simbalá</i>	Recibido:		Fecha:







4.3 Índice de refracción

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE CC. QQ. Y FARMACIA
Edificio "T-12"
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

ESCUELA DE QUÍMICA UNIDAD DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL Edificio T-13, Ciudad Universitaria, Zona 12 Tel: 4769844 y 4760790 al 94 ext. 274		INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO QUÍMICO	
NOMBRE COMÚN O COMERCIAL DE LA MUESTRA Aceite esencial de Citronela		No. De Código Marca del Remitente Vial oscuro	
No. registro: 0408418		Empresa Institución: Facultad de Ingeniería Remitente Solicitante: Vilma Tol.	
Fecha recepción 09/08/2004	Muestras recibidas por PJ	Tipo de recipiente Vial de vidrio	Peso neto
DETERMINACIONES SOLICITADAS: Índice refractivo a 20°C.			
RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Parámetro		Resultado	
Índice de refracción a 20°C		$\eta_D^{20} = 1.3325$	
Costo por muestra:		Q 75.00 x 1	
Fecha: 03/09/2004	Analista(s) PJ	Ref. Registro Análisis: CUAD SE PJ	Costo total facturado: Q. 75.00
Firma: 		Recibido:	Fecha: